



**République Algérienne Démocratique et Populaire**

**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**

**Université ABBES LAGHEROUR – Khenchela-**

**Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie**

**Département d'écologie et environnement**

# **MEMOIRE**

Pour l'obtention du :

**DIPLOME DE MASTER EN ECOLOGIE ET ENVIRONNEMENT**

**OPTION : PROTECTION ET DECONTAMINATION DES EAUX ET DES SOLS  
POLLUEES**

## **Thème**

**Contribution à la prévision des débits de crues dans un bassin  
versant non jaugé , cas du bassin versant d'el Mahmel ,  
(KHENCHELA)**

**Présenté par :**

**SLIMANI Fatma**

**AYADI Sara**

**Devant le jury :**

- |  |                                      |
|--|--------------------------------------|
| - <b>Encadreur</b> M. .DAIFALLAH Tarek     | <b>MAA</b> (Université de Khenchela) |
| - <b>Présidente</b> M. ZIOUCH Omar Ramzi   | <b>MCB</b> (Université de Khenchela) |
| - <b>Examinatrice</b> : Mlle. HALIMI Samia | <b>MCB</b> (Université de Khenchela) |

2016/201

# Remerciement

*Nous remercions Dieu,*

*le Tout Puissant, le Miséricordieux, qui Nous a donné l'opportunité de mener à bien ce travail.*

*Nous sommes ravis d'étendre nos sincères remerciements A l'égard de notre encadreur, Monsieur Daifallah Tarek, pour sa confiance, ses remarques et ses conseils, sa disponibilité et sa bienveillance, qui n'a ménagé aucun effort pour la bonne réussite de ces Recherches.*

*Nous exprimons, aussi, toute nos gratitude et nos sincères Remerciements aux membres du jury de la commission de suivie de ce Travail notamment, Monsieur ZIOUCH Omar Ramzi et Halimi Samia A tous nos enseignants qui nous ont initiés aux valeurs authentiques, en Signe de notre profond respect.*

# *Dédicace*

*Je dédie ce travail à:*

*A mes perles du cœur, à mes très chers parents en guise de ma profonde reconnaissance pour leur amour, leur affection, leur soutien et l'aide qui ils m'ont donnée le long de ma vie et mes études, que Dieu leur ouvre les portes du paradis.*

*A mes très chères frères Salah, Yassin ,  
Ibrahim, Idrisse, Youssef ; je leur souhaite le bonheur, et toute La  
réussite dans la vie.*

*A mon cher mari Nafaa*

*Ames chères sœurs :*

*Sabah ma bell seours, et je souhaite a long vie plains des joins je  
t'aime beaucoup*

*Ma grande-maire Fatma.*

*Mes tantes: Issemaail, LAKHDAR, Nsser*

*Ma oncle : Lazehar*

*A mes chères amies : Nawale, Fatema, Chahira, Ahlam,  
ISMAHAN, Khadija, Amina , Wissam, Nassema ; ainsi qu'à tous  
les étudiants de ma promotion.*

*SARA*

## *Dédicace*

*Avant tout ,je remercie mon dieu,qu 'il ma donnée la force et le courage pour terminé se modeste travail  
A ceux qui ont dessiné les plus belles image de ma vie ,qiu poussent aujourd'hui vers l'avant et rassures mes pas ,qui 'ont tant appris et ont fait de moi ce que je suis, que dieu les ,joie ma vie , mes chers :mon père et ma mère*

*Ames chers frères :*

*Hamza et , Antar ,Khalile*

*Ames chères sœurs :*

*Walida, Meriame,Salma*

*Atoute la famille slimani*

*Ames fidèle amies:Ibtissam, AMEL ,Chahira ,  
SARA,AHLAM ,Afaf, Oussama,Meriam*

*Atous les professeurs qui ont fait de leurs mieux afin de nous offre de bonnes étude et qui se montés très compréhensifs anotre égarde et spécialement a notre encadreur : monsieur Daifallah*

*Atous les étudiants de ma promotion ,a qui je souhaite beaucoup de succès .*

*Fatma*

**Table de matière**

<b>Résumé .....</b>	<b>I</b>
<b>Liste de tableaux.....</b>	<b>II</b>
<b>Liste de figures.....</b>	<b>III</b>
<b>INTRODUCTION GENERALE .....</b>	<b>1</b>
<b>CHAPITRE I. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE .....</b>	<b>3</b>
1.1. Situation géographique .....	3
I.2. Approche géologique générale.....	4
I.3 cadre géologie .....	4
I.4. Aperçu géomorphologique et structurel .....	6
I.5. Hydrogéologie de la wilaya de Khenchela.....	7
<b>CHAPITRE II : CADRE MORPHOMÉTRIQUE ET HYDROGRAPHIQUE DU BASSIN VERSANT .....</b>	<b>9</b>
II.1. Introduction.....	9
II.2. Les caractéristique morpho métrique de bassin versant d'El Mahmel .....	9
II.2.1. Superficie et le Périmètre : .....	9
II.2.2. La forme du bassin (Coefficient de compacité) : .....	10
II.2.3. Dimensions du rectangle équivalent (Longueur (L) ).....	10
II.2.4. Les altitudes caractéristiques .....	11
II.2.5. Les pentes : .....	13
II.2.6. Dénivelée spécifique $D_s$ .....	14
II.3. Caractéristiques du réseau hydrographique : .....	15
II.3.1. Constitution du réseau hydrographique.....	15
II.3.2. Densité de drainage ( $D_d$ ) .....	16
II.3.3. La fréquence des thalwegs d'ordre 1 ( $F_1$ ).....	16
II.3.4. Le temps de concentration ( $T_c$ ) : .....	16
CONCLUSION: .....	18
<b>CHAPITRE III : CADRE HYDRO CLIMATOLOGIQUE DU BASSIN VERSANT..</b>	<b>19</b>
III.1. Introduction .....	19
III.2. données et méthodes.....	19
III.3. Études des paramètres climatologiques .....	20

III.3.1. Les précipitations .....	20
III.3.2. La température .....	21
III.3.3. L'Evaporation .....	25
III.3.4.L'Evapotranspiration .....	26
III.3.5.Le vent .....	31
Conclusion .....	32
<b>CHAPITRE IV ETUDE DE CRUES DANS LE BASSIN VERSANT.....</b>	<b>33</b>
IV.1.Introduction .....	33
IV.1. Etude fréquentielle de la pluie journalière maximale (Pjmax).....	33
IV.3.Ajustement des pluies journalières maximales (Pjmax).....	33
IV.4 Estimation de pluie de courte durée pour les différentes périodes de récurrences.....	34
IV.5.Calcul de l'intensité pour les différentes fréquences.....	34
IV.6. Etude de crues de fréquences rares .....	35
IV.7 Hydrogrammes unitaire .....	41
Conclusion .....	46
<b>CONCLUSION GENERALE .....</b>	<b>48</b>
<b>Référence bibliographique .....</b>	<b>49</b>
<b>Annexe</b>	

**Liste de figure**

Figure 1 : Situation géographique du bassin versant.....3

Figure 2 : Carte des principales zones aquifères (D.H.W.K) modifiée par Boubelli.S..... 8

Figure 3 : Carte hypsométrique de bassin versant du Sbikhat el mahmel.....11

Figure 4 : Courbe hypsométrique du bassin versant de Sbikhat el Mahmel.....12

Figure 5 : Carte du réseau hydrographique dans le bassin versant de El Mahmel.....15

Figure 6 : Les précipitations moyennes mensuelles de la wilaya de Khenchela (2005-2015).21

Figure 7 :Variation des températures moyennes mensuelles à la station de Khenchela (2005/2015).....22

Figure 8 : Diagramme Embrothermique.....23

Figure 9 : Représentation de l'étage climatique de Khenchela selon le climagraphe D'Emberger.....24

Figure 10 : Variation de l'évaporation moyenne mensuelle de khenchela (2005-2015).....26

Figure 11 : Représentation graphique du bilan hydrologique de khenchela.....30

Figure 12 : Vitesse moyenne des vents durant la période 2004-2014.....31

Figure 13 :Ajustement des pluies journalières maximales (Pjmax) à la loi Log normal.....33

Figure 14 : Hydrogramme de crues d'un bassin versant d'El Mahmel par la formule de Turraza.....44

Figure 15 : Hydrogramme de crues d'un bassin versant d'El Mahmel par la formule de Giandotti.....45

Figure 16 : Hydrogramme de crues d'un bassin versant d' El Mahmel par la formule Rationnelle.....46

Figure 17 : Comparaison des débits de crue calculés par les trois méthodes.....47

**Liste de tableaux**

Tableau 1 : Répartition des superficies en fonction des tranches d'altitude dans le bassin versant du Sebka de El Mahmel .....	12
Tableau 2 : Indice de pente de ROCHE .....	14
Tableau 3 : La station climatique de ElHamma –Khenchela .....	19
Tableau 4 : Les précipitations saisonnières de la wilaya de Khenchela 2005-2015.....	20
Tableau 5 : Les précipitations moyennes mensuelles de la wilaya de Khenchela.....	21
Tableau 6 : Les températures moyennes mensuelles (2005-2015).....	22
Tableau 7 Relation entre précipitations-températures khenchela (2005-2015 ) .....	23
Tableau 8 : Valeurs de l'indice d'aridité de la wilaya de khenchela.....	25
Tableau 9 : Valeurs de l'Evaporation mensuelle.....	26
Tableau 10 : Bilan hydrologique calculé à partir de la formule de Thornthwaite (2005-2015).....	29
Tableau 11 Vitesse moyenne des vents durant la période 2004-2014 .....	33
Tableau 12: Pluie de courte durée en mm .....	34
Tableau 13 : l'intensité de pluies fréquentielles.....	35
Tableau 14 : Le débit moyen journalier de différentes fréquences .....	36
Tableau 15 : Le débit maximal $Q_{jmax}$ de différentes fréquences.....	36
Tableau 16 : Débit de crue fréquentiel obtenu par la méthode de Turraza .....	37
Tableau 17 : Débit de crue fréquentiel obtenu par la méthode de Giandotti.....	38
Tableau 18 : Valeurs des coefficients $A$ , $B$ et $n$ .....	40
Tableau 19 : Valeurs de $itT$ calculés .....	40
Tableau 20 : Valeurs du paramètre $Po$ .(Boutoutaou D. 2008).....	41
Tableau 21 : Valeurs de $\alpha_t$ en fonction de la période de retour.....	41
Tableau 22 : Débit de crue fréquentiel obtenu par la méthode Rationnelle .....	42
Tableau 23 : Comparaison des débits de crues pour les trois méthodes .....	47



### Liste des abréviations

<b>ANRH.</b>	Agence Nationale des Ressources Hydrauliques
<b>C°.</b>	Degré Celsius.
<b>ETP.</b>	Evapotranspiration potentiel (mm).
<b>ETR.</b>	Evapotranspiration réelle (mm).
<b>E.</b>	Est.
<b>Q.</b>	Débit.
<b>N.</b>	Nord.
<b>SMK.</b>	Station Météorique de Khenchela.
<b>Pr.</b>	Précipitation annuelle (mm).
<b>T.</b>	Température.
<b>%.</b>	Pourcentages.
<b>Km<sup>2</sup>.</b>	Kilomètre carré.
<b>m .</b>	Mètre.
<b>m<sup>3</sup>.</b>	Mètre cube.

# Introduction

### INTRODUCTION GENERALE

L'objectif principal de ce travail est de développer un modèle capable de rendre compte du régime des crues des sous bassins du bassin versant de l' El mahmel, ce type d'information est utile dans le cadre de la prévention des risques liés aux inondations (connaissance de l'aléa).

L'eau est l'un des éléments essentiels du développement durable à cause de son importance dans la vie et sans cet élément la vie serait impossible car est un facteur prépondérant pour toute activité socio-économique, les principales sources de cette eau sont les précipitations météorologiques, cependant, ces phénomènes par fois sous ces formes extrêmes forment des risques majeurs sur la population, les inondations qui résultent des pluies torrentielles causent chaque année des dégâts matériels et humains. ( Gaagai,A2008) .

Les plus fortes crues des cours d'eau (des Oueds) de l'Algérie se manifestent en automne et en hiver à cause des orages et des averses intenses, dont la durée est très courte (de quelques minutes à quelques heures). Ces fortes crues engendrent des inondations catastrophiques dont les dégâts humains et matériels ont été toujours très élevés. Nous citons pour exemple l'inondation catastrophique survenue à Bab el Oued (Alger) à cause des pluies diluviennes (260 mm en moins de 24 heures) abattues sur les hauteurs de Bouzaréah la nuit du 09 au 10 novembre 2001. Cette inondation a fait presque 1000 morts et les dégâts matériels ont dépassé les 4 milliards de dinars (Boutoutaou D. 2007)

La mise sur pied de divers projets de protection contre les inondations nécessite la prédétermination de la crue et la courbe des débits de cette crue en fonction du temps – l'hydrogramme de crue.

L'hydrogramme synthétique type Galton proposé permettra de dériver un hydrogramme de crue pour un bassin non jaugeé à partir de la connaissance de ses caractéristiques physiographiques

En absence de données de mesure, de nombreux auteurs choisissent d'attribuer une formulation analytique de l'hydrogramme du projet qui le plus souvent fait apparaître un ensemble de variables-clefs dont le débit maximal instantané ou débit de pointe, le débit de base (égale à zéro pour les cours d'eau périodiques et temporaires), le temps de montée et le coefficient de forme qui conditionne l'allure de la courbe de décrue de l'hydrogramme de crue.

Concernant les débits de pointe fréquents, ils sont souvent déterminés par des formules simples incluant dans la majorité des cas quelques caractéristiques physiques et hydrométéorologiques du bassin versant (surface, longueur, pente, altitude du bassin, pluies max, pluie annuelle etc.) (Boutoutaou, 2014)

# CHAPITRE I :

## PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

## CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

## 1.1. Situation géographique

Sebkha ou S'bikha se localise dans la partie nord de la commune, au nord de la RN 32 reliant TAZOUGUERT à ZOUI, apparait sur tous les documents graphiques « cartes topographiques et autres » et photographiques « images satellites, photos aériennes, etc..... » comme élément naturel imposant dans le territoire de la commune. Les Sebkhas constituent un milieu naturel extrêmement fragile où l'écosystème peut être déséquilibré pour peu qu'un seul élément le composant soit affecté. Elle constitue, aussi un patrimoine naturel et biologique assez rare dans la région, une zone naturelle de passage des oiseaux migrateurs qui renferment une richesse floristique et faunistique plus au moins importante

Le sous bassin de Sbkhat el Mahmel est limité par Djebel Tafrennt au Nord, Djebel Chattaia au Nord-ouest, Djebel Tadelist au Sud et Djebel Tadinart à l'est (Fig 1).

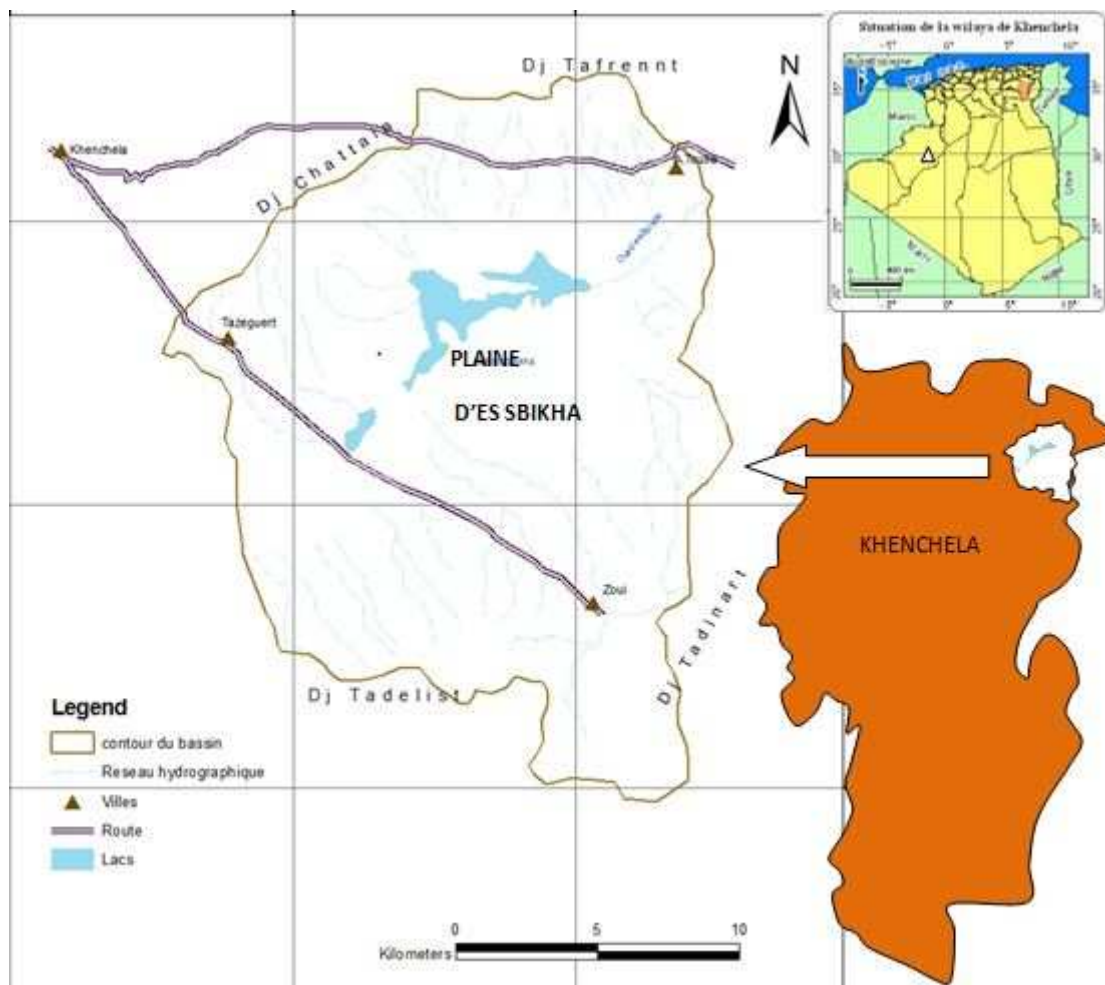


Figure 1 : Situation géographique du bassin versant de l' El mahmel

## **I.2. Approche géologique générale**

La région de Khenchela est caractérisée par trois (03) zones naturelles qui peuvent être distingué comme suit :

- Au Nord : c'est le bassin miocène de Timgad et de Douffana. C'est une zone plate, steppique qui correspond à la bordure méridionale de la grande dépression de Garat El Taref.

- les parties occidentales et centrales constituent la terminaison périclinale Nord/Est de la chaîne des Aurès, région caractérisée par les Diapirs triasiques.

- La zone méridionale au Sud constitue les monts des Nememchas ; et plus au Sud, c'est la zone plate qui correspond à la bordure septentrionale du pays des chotts.

Du point de vue tectonique, le territoire de la Wilaya de Khenchela est situé au Nord de la flexure sud atlasique. Les reliefs montagneux sont très accidentés par des failles. On rencontre deux principales familles :

-La première correspond aux plus grande failles de direction Est/Ouest à Nord-Est/Sud-Ouest.

- La seconde celle des plus petites et dont la direction est de Nord-Ouest/Sud –Est.

Ces deux types de failles sont verticaux.

Il est à noter que les Diapirs ou dômes triasiques, qui se rencontrent dans la partie orientale, empruntent généralement les zones de failles et de faible résistance pour remonter à la surface du sol et affleurer.

Du point de vue lithologie et pétrographie, on rencontre des calcaires, des marnes, des argiles, du gypse, des sables, des grès et des conglomérats.

## **I.3 .cadre géologie**

### **I.3.1.Litho stratigraphie**

La puissante série stratigraphique du bassin étudié est composée à sa base par un socle mésozoïque sur lequel repose, en discordance, une couverture sédimentaire allant du Trias supérieur jusqu'au Quaternaire.

#### **I.3.1.1. Trias**

Dans les régions qui entourent la dépression de Remila, les affleurements triasiques sont assez nombreux et très localisés à proximité de Khenchela (fig01), où il isole le Miocène du Crétacé, suivant une bande de 4 à 5 km de long et de 300 à 400 m de large et, sur Djebels El Kourma et Kniffe en contact anormal avec l'albien, le Cénomaniens et le Sénonien

La série triasique comportait probablement à l'origine, de la base vers le sommet : une formation évaporitique épaisse, en particulier sous la forme d'amalgames intensément

replissés, représentent les indices les plus sûrs de la présence du Trias (Figure 01) .Le gypse est le plus fréquent, en amas saccharoïdes blanc grisâtre, durs, ou sous forme de grands cristaux (Laffitte, 1939 et Vila, 1977).

Les argiles et marnes bariolées, de couleur verdâtre, rougeâtre à violacée, constituent les roches les plus abondantes à l'affleurement.

### **I.3.1.2. Crétacé inférieur**

Dans le vaste massif de l'Aurès, le Crétacé inférieur constitue l'essentiel des reliefs les plus élevés : Djebel Chelia et Djebel El-Aide.

On notera dans l'Aurès le développement important des dépôts gréseux aux dépens des dépôts carbonatés.

### **I.3.1.3. Albo- Aptien**

Dans le sud-ouest du massif de l'Aurès, l'Aptien est représenté par un faciès continental **net** grès à dragées, marnes rouges, montant jusque dans l'Aptien. Lorsque l'on se déplace vers le Nord-Ouest, les couches passent à des quartzites sans fossiles à la base (Barrémien) et à des marnes fossilifères (Aptien inférieur) au sommet. Dans le Nord, ces quartzites sans fossiles présentent, surtout à la base de l'étage, des intercalations de calcaires marins (Djebel Aidel et Bou Arif), l'épaisseur de l'étage varie de 400 m environ (Sud) à 250 m (Nord).

### **I.3.1.4. Albien**

L'Albien débute dans l'Aurès , selon la description de R. Laffitte, par des alternances de grès et de marnes atteignant le plus souvent 150 à 200 m d'épaisseur.

Puis les calcaires, assez rares jusque-là, tendent à se substituer aux grès, sur une cinquantaine de mètres environ. Au-dessus de ces assises viennent des alternances de calcaires et de marnes (40 m environ)

### **I.3 1.5. Le Miocène**

Le Néogène est assez bien conservé au Nord de l'Aurès dans un bassin qui s'étend approximativement de Batna à Khenchela

Reposant en discordance sur le Crétacé inférieur on observe généralement à la base de la série des conglomérats et calcaires à Algues, dont la puissance dépasse rarement une vingtaine de mètres. Au-dessus viennent des alternances de marnes gréseuses gris-brun et de grès



calcareux qui, d'après R. Laffitte (1939), peuvent se poursuivre aux environs 250 m entre Lambèse et Timgad et 300 m entre Khenchela et Kais sur la bordure Sud du bassin de Remila, où elles sont surmontées par 150 m de marnes gréseuses grises. La série comporte ensuite des marnes argileuses rouges gypseuses continentales qui sont discordante sur le Crétacé (300 à 400 m) admettant encore à leur base quelques récurrences grises ou vertes.

#### **I.3.1.6. Quaternaire**

.Le Quaternaire ne comporte que des formations continentales généralement épaisses par endroits, souvent en présence de croûtes calcaires. CGG (1970), Laffitte (1939), Lessard (1951), Gasmi (1989) et Durozoy (1948) ont eu le mérite de présenter successivement de courtes synthèses dans lesquelles les principaux problèmes étaient abordés.

Mais la seule analyse stratigraphique, Tectonique et morphologique assez poussée publiée est celle de R. Laffitte (1939) qui est, malheureusement, limitée au voisinage de l'Aurès et ses confins.

Les formations quaternaires sont particulièrement bien développées dans les régions comprises entre les reliefs crétacés des monts des Aurès au sud et la dépression centrale du bassin de Rémila, établie principalement sur le Néogène. Les piémonts sont ici généralement modelés en glacis à couverture détritique peu épaisse, dont les plus visibles sont situés au sud d'El Hamma et Kais, à matériel grossier. Ces glacis sont constitués au voisinage immédiat des reliefs par des alternances de couches de cailloutis et blocailles et de colluvions avec un enrichissement en calcaires dans les horizons superficiels.

Lorsqu'on s'éloigne du piémont l'épaisseur des couvertures de glacis diminue rapidement. Les formations anciennes sont constituées par des alternances de conglomérats et de sables surmontés par des sédiments fins argilo sableux, rouge au sommet desquels apparaît une croûte calcaire blanche.

### **I.4. Aperçu géomorphologique et structurel**

#### **I.4.1. Cadre géomorphologique**

Le territoire de la région de Khenchela est situé dans une zone de transition entre le domaine atlasique, assez plissé au Nord et la plate forme saharienne au Sud.

Le contact entre ces deux domaines est très brutal ; est marqué par un grand accident tectonique, appelé « flexure Sud-atlasique ».

Dans la wilaya, on rencontre deux grands ensembles sédimentaires :

- Un ensemble souple affecté par des plis ayant généralement une direction Sud-ouest/Nord-Est ;

- Un ensemble rigide affecté par des failles.

Le relief de la wilaya de Khenchela présente, d'une manière générale, trois compartiments distincts :

-Une zone de hautes plaines, au nord, qui se singularise par une altitude d'ensemble oscillant entre 825 et 900m et une pente généralement faible (inférieure à 3%). Ces hautes plaines, sorte de belvédère, constituent un prolongement Nord aux affleurements calcaires du site naturel du Hammam et occupée par le plaine de Rémila.

- Une zone de montagnes au centre de la wilaya, formée par le massif des Aurès ENémenchas, dont le point culminant atteint 2169m sur le Djebel Chélia, ce qui fait de lui l'un des sommets les plus élevés de l'Atlas Algérien. Cette zone, dont l'altitude oscille entre 1000 et 2169 m, est entrecoupée par des vallées étroites, de direction générale nord-est et dans l'une desquels se trouve engouffré Hammam El Salhine ceinturé par des reliefs de moyenne altitude

.- Une zone de plaines steppiques et présahariennes au sud, dont une partie se situe au dessous du niveau de la mer (Oglat El Djerabaa : moins 26m). De topographie relativement plane, elle appartient à la grande cuvette du bassin de chott Melghir où se situe le grand Erg oriental.

### **I.5.Hydrogéologie de la wilaya de Khenchela**

Les estimations en eau souterraine de la wilaya ont été établies par l'ANAT sur la base des caractéristiques de nombreux forages. Trois (03) nappes ont été différenciées et ce grâce à leurs profondeurs moyennes :

A.La nappe libre (en moyenne inférieure à 100 m de profondeur) est captée par plusieurs forages répartis à travers la wilaya (Nord, Est et Sud). Cette nappe alimente plusieurs sources d'intérêt local (Ain El Fedj, AinKrim, Ain Frengal), le point d'exurgence de ces sources est généralement une faille ou une fracture.

B.Une nappe moyenne (des grès miocènes): sa profondeur varie de 100 à 300 m est elle aussi, captée par de nombreux forages à travers la wilaya.

Une troisième nappe peut être différenciée par sa profondeur qui varie de 300 à 600 m (nappe profonde) ; Cette nappe concerne exclusivement le Sud de la wilaya .

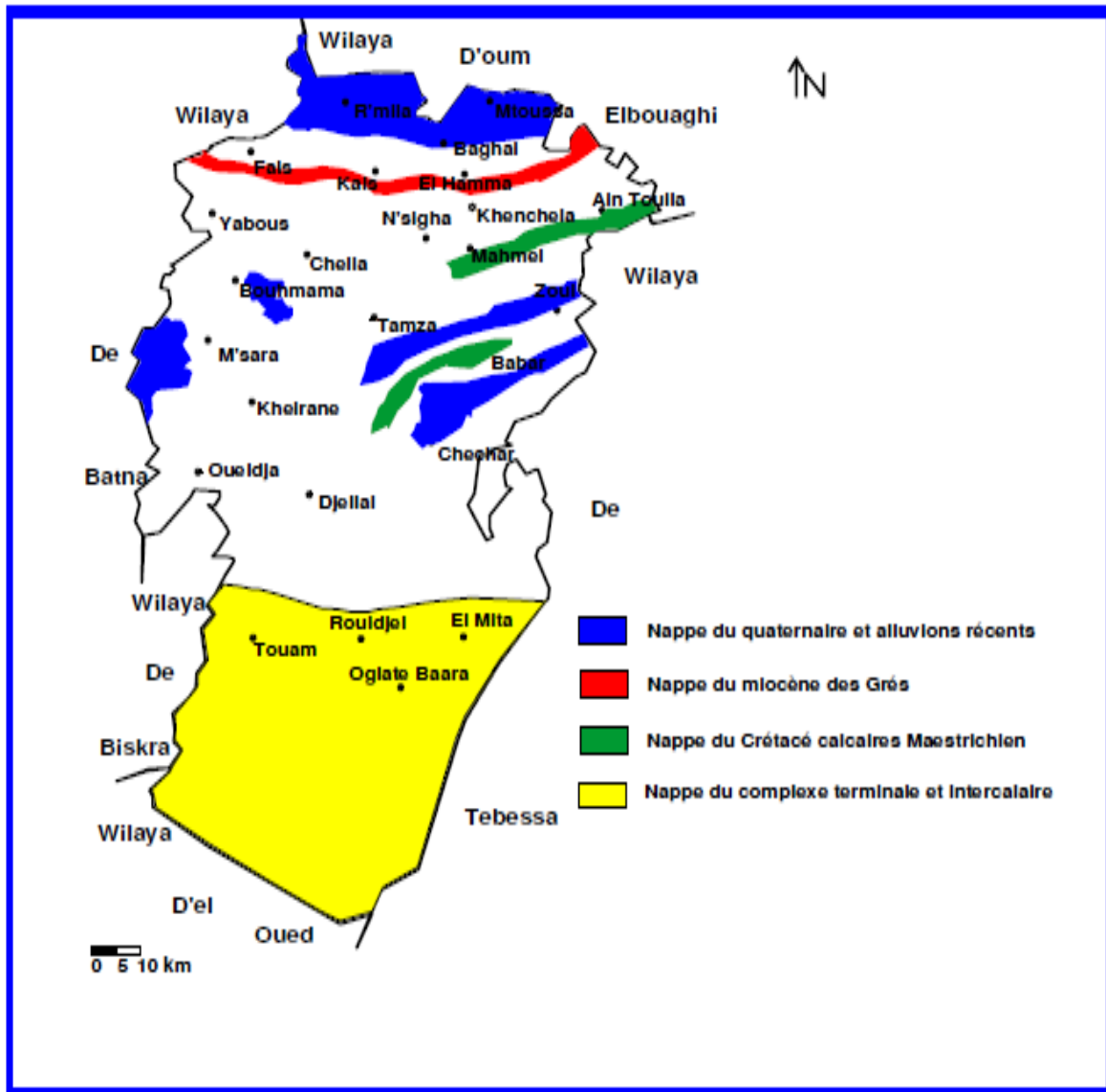


Figure 2 : Carte des principales zones aquifères (D.H.W.K) modifiée par Boubelli.S

# CHAPITRE II

## CADRE MORPHOMETRIQUE ET HYDROGROGRAPHIQUE BASSIN VERSANT

---

**CHAPITRE II : CADRE MORPHOMÉTRIQUE ET HYDROGRAPHIQUE DU BASSIN VERSANT****II.1.1.Introduction**

Dans l'étude du cycle de l'eau et des flux couplés (énergie, solutés, sédiments, biomasse, ...), le bassin versant s'impose surtout en montagne comme une unité fonctionnelle fondamentale, et donc comme une unité de base pour la gestion, l'aménagement et la protection des ressources en eau. Intéressant par les possibilités de bilan qu'il offre, le concept de bassin versant est une surface drainée par un cours d'eau, en amont d'un point définissant son exutoire - est également intégrateur, dans la mesure où il s'applique à une large gamme d'échelles spatiales (des bassins élémentaires jusqu'aux bassins des grands fleuves) ainsi qu'à la plupart des types de milieux (bassins urbains ou ruraux, agricoles ou forestiers, ... ; bassins particuliers de lac, de nappe, de karst,...). Aussi n'est-il pas étonnant qu'un important effort de recherche ait été entrepris depuis une trentaine d'années pour étudier en détail le cycle de l'eau à l'échelle du bassin versant. (Bruno Ambroise, 1999)

**II.1.2. Les caractéristique morpho métrique de bassin versant d'El Mahmel**

Les divers paramètres morpho métriques d'un bassin versant (forme, altitude, pente, relief ...etc.) Interviennent le plus souvent de façon combinée, Agissant sur les modalités de l'écoulement.

Ils nous offrent la possibilité de réaliser une analyse quantitative, et une comparaison des différentes unités hydrologiques.

Cependant, pour assurer la fiabilité de l'aspect morphométrie, il est nécessaire que cette quantification soit appliquée à de bassins versants de taille réduite et de géologie homogène. (Daifallah T.2008).

**II.1.3. Superficie et le Périmètre :**

La surface du bassin versant est la première et la plus importante des caractéristiques. Elle s'obtient par planimétrie sur une carte topographique après que l'on y ait tracé les limites topographiques et éventuellement hydrogéologiques.

Différentes caractéristiques de longueur ; la première est une des plus utilisées .

La superficie et périmètre obtenu à partir le logicielle GLOBALE MAPPER sont :

La superficie est de 354.72 km<sup>2</sup> et le Périmètre est de 136.23 km

**II.1.4. La forme du bassin (Coefficient de compacité) :**

La caractéristique de forme la plus utilisée est le "coefficient Kc de Gravelius".

Il se définit comme le rapport du périmètre du bassin versant au périmètre du cercle ayant même surface (appelée aussi coefficient de compacité) :

$$Kc = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}} = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

On a:

$$P = 136.23 \text{ Km}$$

$$A = 354.72 \text{ Km}^2$$

$$\text{Donc } Kc = 0.28 \times \frac{136.23}{\sqrt{354.72}} = 2.015$$

$$Kc = 2.015$$

A : surface

P : périmètre du bassin versant Cet élément peut être traduit par le paramètre

Kc : Indice de compacité de Gravelius ayant une influence certaine sur l'écoulement. Il se définit comme le rapport du périmètre du bassin versant au périmètre du cercle ayant même surface. La forme du bassin détermine l'allure de l'hydrogramme de crue, où un bassin allongé ne réagira pas de la même manière qu'un bassin de forme ramassée.

**II.1.5. Dimensions du rectangle équivalent (Longueur (L))**

Le périmètre P n'est généralement pas utilisé directement mais le plus souvent à travers des valeurs qui en dérivent, comme la "longueur L du rectangle équivalent"

On définit le rectangle équivalent comme le rectangle de longueur L et de largeur l qui a même surface et même périmètre que le bassin versant, soit à l'aide de :

$$\text{On a : } L = \sqrt{A} \frac{Kc}{1.128} \left[ 1 + \sqrt{1 - \frac{(1.12)^2}{Kc^2}} \right] \quad \text{et} \quad A = L \cdot l \rightarrow l = \frac{A}{L}$$

$$\text{Donc : } L = \sqrt{354.72} \times \frac{2.015}{1.128} \left[ 1 + \sqrt{1 - \frac{(1.12)^2}{(2.015)^2}} \right]$$

$$L = 61.23 \text{ Km}$$

$$l = \frac{354.72}{61.23} = 5.79 \text{ Km}$$

A : La superficie en Km<sup>2</sup>

L : Longueur en km

Kc : coefficient de compacité

### II.1.6. Les altitudes caractéristiques

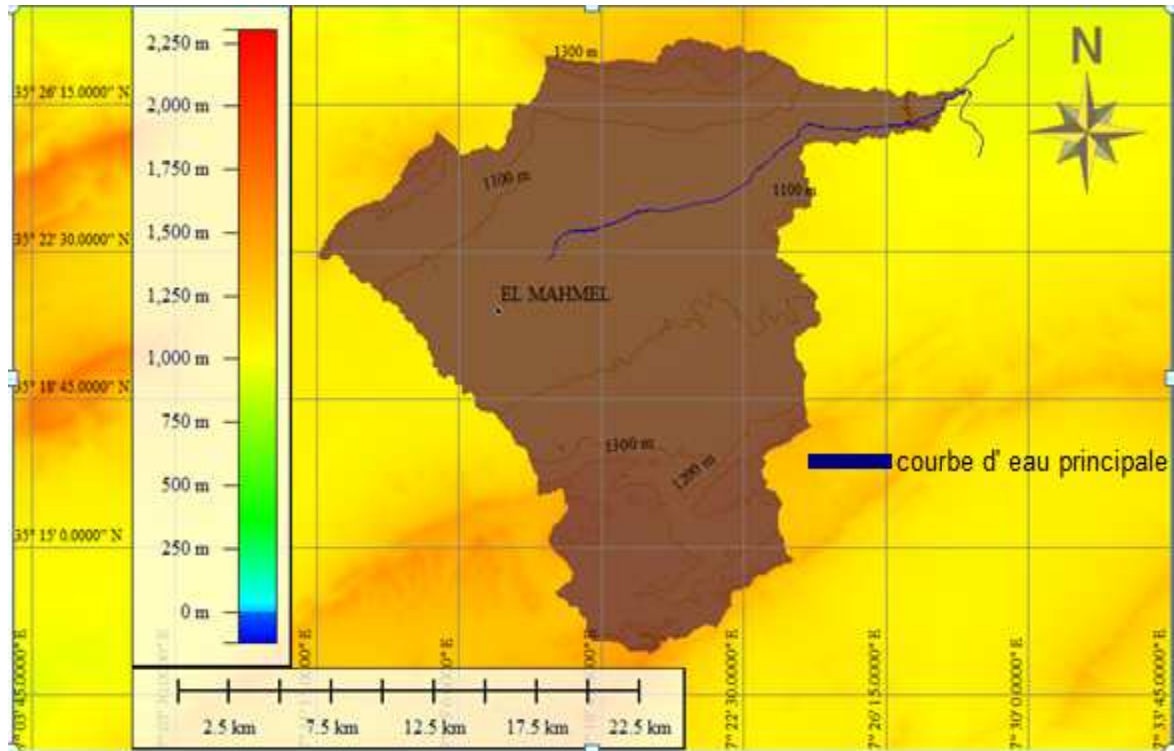


Figure 1 : Carte hypsométrique de bassin versant du Sbikhat el mahmel

#### II.1.6.1. Altitude maximum

Elles sont obtenues directement à partir de cartes topographiques. L'altitude maximale représente le point le plus élevé du bassin,

L'altitude maximum obtenu à partir la logicielle globale mapper (figure 3) est : 1570 m

#### II.1.6.2. Altitude minimum

Elles sont obtenues directement à partir de cartes topographiques. L'altitude minimale considère le point le plus bas, L'altitude minimum obtenu à partir la logicielle globale mapper est : 971 m

Ces deux données deviennent surtout importantes lors du développement de certaines relations faisant intervenir des variables climatologiques telles que la température, la

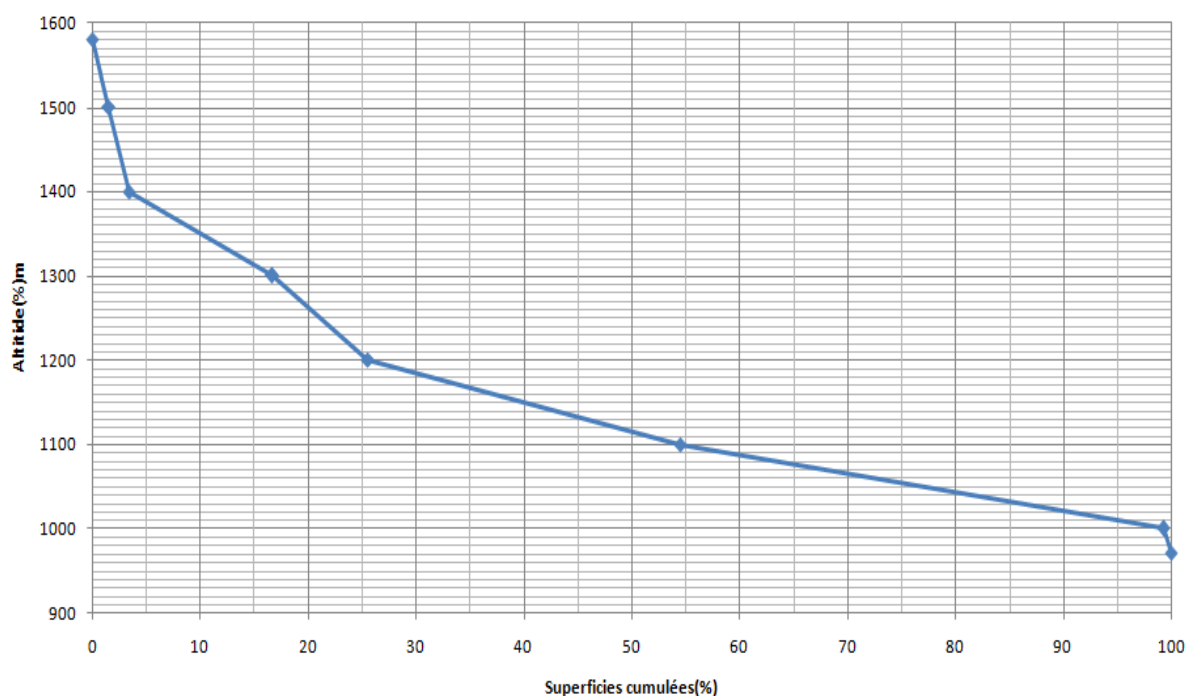
précipitation et le couvert neigeux. Elles déterminent l'amplitude altimétrique du bassin versant et interviennent aussi dans le calcul de la pente.

### II.1.6.3. Répartition altimétrique du bassin

À partir de la carte topographique de Sbikhat El MAHMEL, on a pu réaliser le tableau 1. Les cotes du bassin varient de 1570 m jusqu'à 971 m :

**Tableau 1 : Répartition des superficies en fonction des tranches d'altitude dans le bassin versant du Sebka de El Mahmel**

Tranches d'altitude (m)	Superficies partielles (km <sup>2</sup> )	Superficies partielles%	Superficies cumulés (km <sup>2</sup> )	Superficies cumulés %
1500- 1580	5,32	1,5	5,32	1,5
1400-1500	6,81	1,92	12,13	3,42
1300- 1400	47,01	13,26	59,14	16,69
1200- 1300	31,42	8,87	90,56	25,56
1100- 1200	102,13	28,8	192,69	54,47
1000- 1100	159,08	44,9	351,77	99,29
971- 1000	2,5	0,7	354,27	100



**Figure 2 : Courbe hypsométrique du bassin versant de Sbikhat el Mahmel**



**II.1.6.4. Altitude moyenne du bassin de l'El Mahmel :**

$$\bar{H} = \frac{\sum A_i X_i}{A}$$

$A_i$  : superficie partielle (km<sup>2</sup>) de la tranche d'altitude.

$X_i$ : centre de la classe d'altitude (m).

$A$ : superficie du bassin (km<sup>2</sup>).

$$\bar{H} = 1150,97 \text{ m}$$

**II.1.6.5. L'altitude médiane**

Elle est déduite à partir de la courbe hypsométrique (figure 4), l'altitude médiane correspond à 50% de la superficie cumulée, elle est de 1150m.

**II.1.7. Les pentes**

Le relief joue un rôle primordial dans la plus ou moins grande aptitude au ruissellement des terrains. Il peut être quantifié à l'aide de quelques indices : L'objet de ces indices est de caractériser les pentes d'un bassin et de permettre des comparaisons et des classifications.

**II.1.7.1. L'indice de pente global  $I_g$** 

Obtenu par la formule suivante :

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

$D$  : étant la dénivelée simple (m) :  $h_5\% - h_{95}\%$ , définie sur la courbe hypsométrique ;  $L$  étant la longueur du rectangle équivalent.

$$H_{5\%} = 1390 \text{ m.}$$

$$H_{95\%} = 1010 \text{ m.}$$

$$D = 380 \text{ m et donc } I_g = 6.20 \text{ m/ km.}$$

Cet indice, très facile à calculer est des plus utilisés. Il sert de base à une des classifications IRD pour des bassins versants dont la surface est de l'ordre de 25 km<sup>2</sup> :

L'indice de pente global ' $I_g$ ' est estimé à 6.20 m / km, cela implique que le relief du bassin du Sebkhah du el Mahmel Relief assez faible.

**II.1.7.2. Indice de pente de Roche Ip**

$$I_p = \frac{1}{\sqrt{L}} \sum \sqrt{b_i (a_i - a_{i-1})}$$

L : longueur du rectangle équivalent (m) ;

b<sub>i</sub>: fraction de surface comprise entre les côtes a<sub>i</sub> et a<sub>i-1</sub>(%) ;

a<sub>i</sub> et a<sub>i-1</sub> : différence entre les courbes de niveaux i et i-1 (Km).

**Tableau 2** : Indice de pente de ROCHE.

Tranches d'altitude (m)	Superficies partielles b <sub>i</sub> %	Différence de côtes a <sub>i</sub> -a <sub>i-1</sub>	b <sub>i</sub> (a <sub>i</sub> - a <sub>i-1</sub> )	$\sqrt{b_i(a_i - a_{i-1})}$
1500- 1580	1.5	80	120	10.95
1400-1500	1.92	100	192	13.85
1300- 1400	13.26	100	1326	36.41
1200- 1300	8.87	100	887	29.78
1100- 1200	28.8	100	2880	53.66
1000- 1100	44.9	100	4490	67.00
971- 1000	0.7	29	20.3	4.50

L= 61.23 km ;

D'où I<sub>p</sub> = 27.62%.

**II.1.8. Dénivelée spécifique D<sub>s</sub>:**

L'indice I<sub>g</sub> décroît pour un même bassin lorsque la surface augmente, il était donc difficile de comparer des bassins de tailles différentes.

La dénivelée spécifique D<sub>s</sub> ne présente pas cet inconvénient : elle dérive de la pente globale I<sub>g</sub> en la corrigeant de l'effet de surface admis étant inversement proportionnel à  $\sqrt{A}$ :

$$D_s = I_g \sqrt{A} = \frac{D}{L} \sqrt{Ll} = D \sqrt{\frac{l}{L}}$$

D<sub>s</sub> =105.21

La dénivelée spécifique ne dépend donc que de l'hypsométrie (D = H5% - H95 %) et de la forme du bassin (l/L).

La Ds estimée par 105.21 m traduit bien l'importance du volume montagneux, et de même les importantes dénivelées, et donne au relief du bassin du Sebkhha el Mahmel qualification de Relief Assez fort ( $100\text{m} < D_s < 250\text{m}$ ).

### II.1.9. Caractéristiques du réseau hydrographique

L'étude du chevelu hydrographique servant surtout à comparer des bassins entre eux, il suffit, dans la plupart des cas, de se fixer une définition du thalweg élémentaire et de l'appliquer pour l'étude de tous les bassins.

Le réseau hydrographique peut se caractériser par trois éléments : sa hiérarchisation, son développement (nombres et longueurs des cours d'eau) et son profil en long.

### II.1.10. Constitution du réseau hydrographique

La carte suivante présente le réseau hydrographique du bassin versant d'el Mahmel.

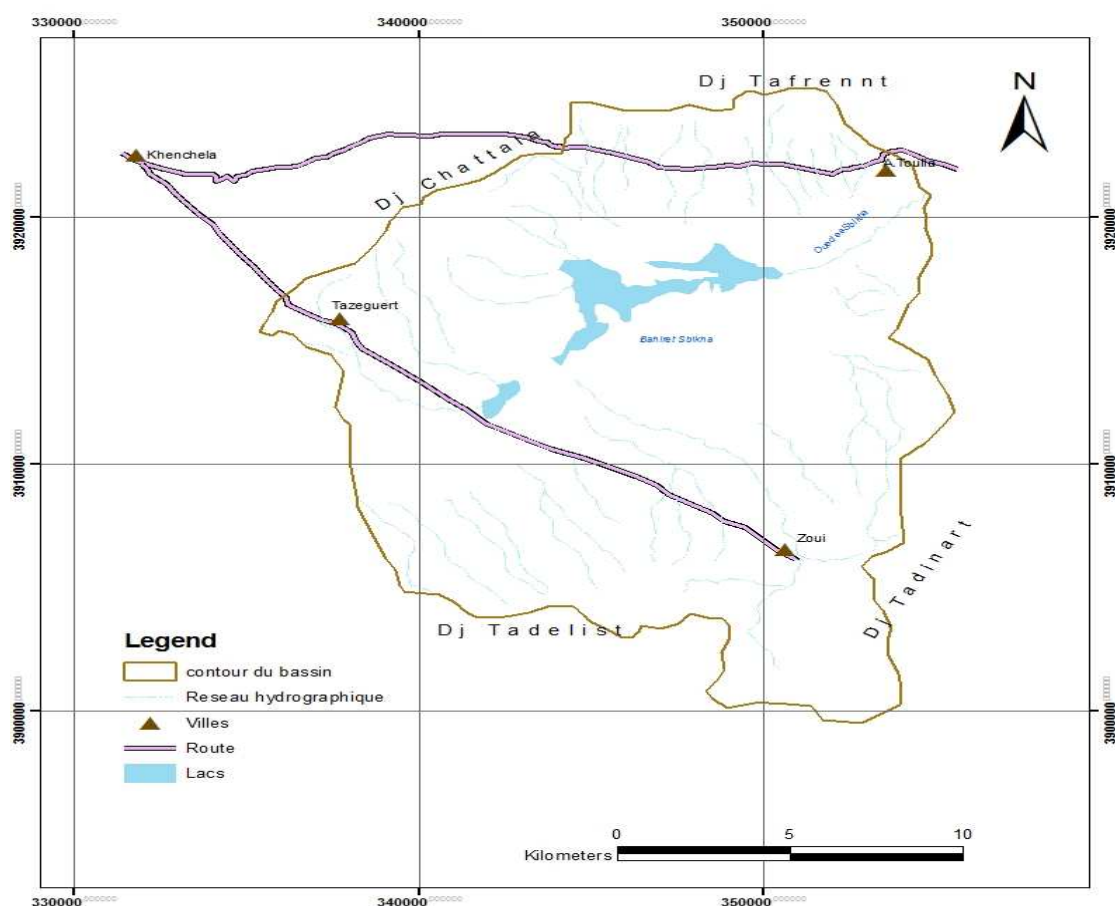


Figure 5 : Carte du réseau hydrographique dans le bassin versant de El Mahmel

**II.1.11. Densité de drainage (Dd)**

Elle se définit par le rapport de la longueur totale des cours d'eau à la surface du bassin versant. L'utilisation de ce paramètre significatif est conseillée en vue de connaître si le chevelu du réseau hydrographique est dense ou lâche.

$$Dd = \frac{L}{A} = 0.25$$

$$Dd = 0.25 \text{ km/km}^2$$

L : longueur totale curvimètre (km) des cours d'eau permanents et temporaires.

A : superficie du bassin (km<sup>2</sup>).

Concernant le sous bassin de Sebka de El Mahmel la densité de drainage est de l'ordre de 0.25 km/ km<sup>2</sup>, bien que ce dernier a la plus faible superficie, ce sous bassin dispose d'un réseau hydrographique très ramifié.

**II.1.12. La fréquence des thalwegs d'ordre 1 (F1)**

C'est le rapport du nombre total de thalwegs d'ordre 1 à la surface du bassin versant, en (km<sup>-2</sup>), la fréquence des drains utilisée ici est celle de Strehler. Cet indice peut être significatif que la densité de drainage, car il tient compte, non pas de la longueur mais du nombre des thalwegs d'ordre 1.

$$F1 = \frac{N1}{A}$$

$$N1 = 13 \text{ ouade}$$

$$\text{Donc } F1 = 0.037$$

N1 : nombre de thalwegs d'ordre 1 .

A : superficie du bassin (km<sup>2</sup>).

**II.1.13. Le temps de concentration (Tc)**

C'est le temps mis par la première goutte de pluies tombée sur le point le plus éloigné du bassin pour atteindre l'exutoire. Ce paramètre est en fonction de la pente, la lithologie, l'intensité de précipitation et le couvert végétal en jouant le rôle d'empêchement ou d'encouragement de l'eau de s'écouler. Parmi les formules proposées pour calculer le temps de concentration, nous utiliserons celle de Giandotti ; car elle tient compte des paramètres morpho métriques :

$$T_c = \frac{4\sqrt{A+1.5L_p}}{0.8\sqrt{H_m}}$$

A : superficie du bassin versant (km<sup>2</sup>)

L<sub>p</sub> : longueur du cours d'eau principal (km)

H<sub>m</sub> : altitude moyenne (m)

L<sub>p</sub> = 20.30

$$T_c = 7.26 \text{ heure}$$

CHAPITRE III :  
CADRE HYDRO CLIMATOLOGIQUE DU BASSIN

**CHAPITRE III : CADRE HYDRO CLIMATOLOGIQUE DU BASSIN VERSANT****III.1. Introduction**

La zone d'étude possède un climat semi aride, peu pluvieux en hiver et très chaud et sec en été avec des vents parfois violents. L'étude des données climatiques permettant d'analyser les facteurs du climat de cette zone qui nous renseignera sur :

- Le type du climat
- le comportement hydroclimatologique du bassin versant.
- le bilan hydrologique.

Ces paramètres sont soit mesurés sur le terrain (précipitations, températures, évaporation) soit calculés par des formules (ETP, ETR, R, I). (GAAGAI, A. 2008/2009)

**III.2.données et méthodes****2.1.données**

Le travail est basé principalement sur les données climatiques et hydrologiques de la période 2005, 2015. les données pluviométriques journalières proviennent de la base de données rocada (bârsan et al. 2014), station de El Hamma (khenchela)

Hydrologiques incluent les débits maximums mensuels et annuels et les débits horaires

**2.2. Station retenue**

On a choisi la station la plus proche du site celle d'ElHamma (Tableau n°3)

**Tableau 3 : Les caractéristiques géographiques de la station d' El Hamma–Khenchela**

Dénomination	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Période d'observation
ElHamma	35°-28°N	07°-05°E	987.40	2005-2015

(SMH 2005-2015)

**2.3. Analyse des données climatiques**

L'étude est basée, essentiellement, sur les analyses statistiques et corrélatives des paramètres hydro-climatiques pris en compte. pour identifier les tendances, les régressions linéaire et polynomiale appliquées aux séries chronologiques des données ont été utilisées .pour l'analyse de crue., sur la base desquels des paramètres caractéristiques ont été

déterminés : débit de pointe, durée, temps de montée des eaux, temps d'abaissement, volume, coefficient de forme.

### III.3.1. Les précipitations

Les précipitations représentent toutes les eaux météoriques qui tombent sur la surface de la terre sous forme liquide ou solide. L'analyse de leurs caractéristiques constitue le point de départ pour toute étude des ressources en eau (aménagement de bassins versant, irrigation, drainage, assainissement). Elles sont caractérisées par une grande variabilité dans l'espace et dans le temps, aussi bien à l'échelle annuelle qu'à celle d'un événement pluvieux.

Les précipitations constituent un facteur écologique d'importance fondamentale dans l'alternance de la saison sèche, qui joue un rôle régulateur des activités biologiques

(Ramade, 1984).

Au cours des millénaires, l'homme a surtout observé de l'eau les phénomènes de précipitation et d'écoulement dans les cours d'eau, parce que la pluie lui tombait sur la tête et que l'eau des cours d'eau pouvait lui être utile ou lui causer des problèmes d'inondation. .

La répartition des moyennes mensuelles des précipitations de la période de (2005-2015) sont présentées dans le tableau 4.

**Tableau 4 : Les précipitations saisonnières de la wilaya de Khenchela 2005-2015**

Saison	automne	Hiver	printemps	Été
p(%)	26.5	26.8	29.5	17.3

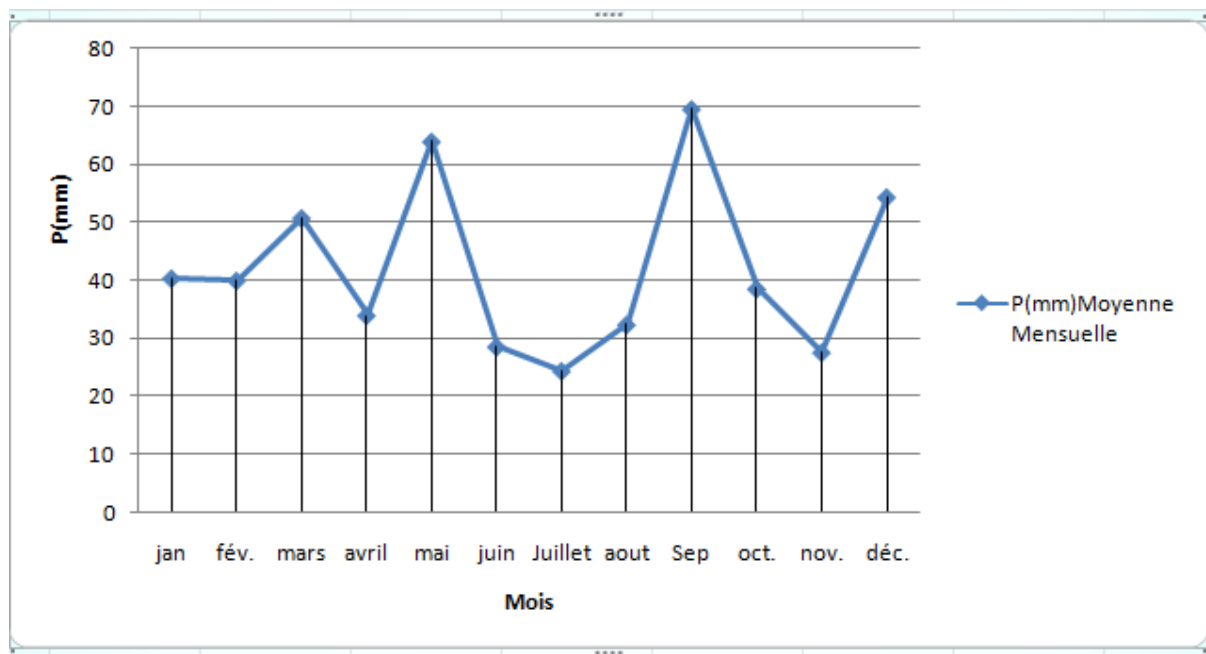
Khenchela connaît une grande concentration des précipitations au cours des périodes printanières (Mars, Avril et Mai) et le mois de septembre.

Le mois le moins arrosé coïncide généralement avec le mois de juillet avec un été sec



**Tableau 5 : Les précipitations moyennes mensuelles de la wilaya de Khenchela**

Mois	jan	fév.	mars	avril	mai	juin	Juillet	aout	Sep	oct.	nov.	déc.
P(mm)Moyenne Mensuelle	40.4	40	50.8	34.0	64.0	28.6	24.4	32.4	69.6	38.6	27.6	54.4



**Figure 6 : Les précipitations moyennes mensuelles de la wilaya de Khenchela (2005-2015)**

Le mois de septembre est le plus arrosé avec une moyenne de 69.6 mm. Juillet étant le mois le plus sec avec une moyenne de 24.4 mm

### III.3.2. La température

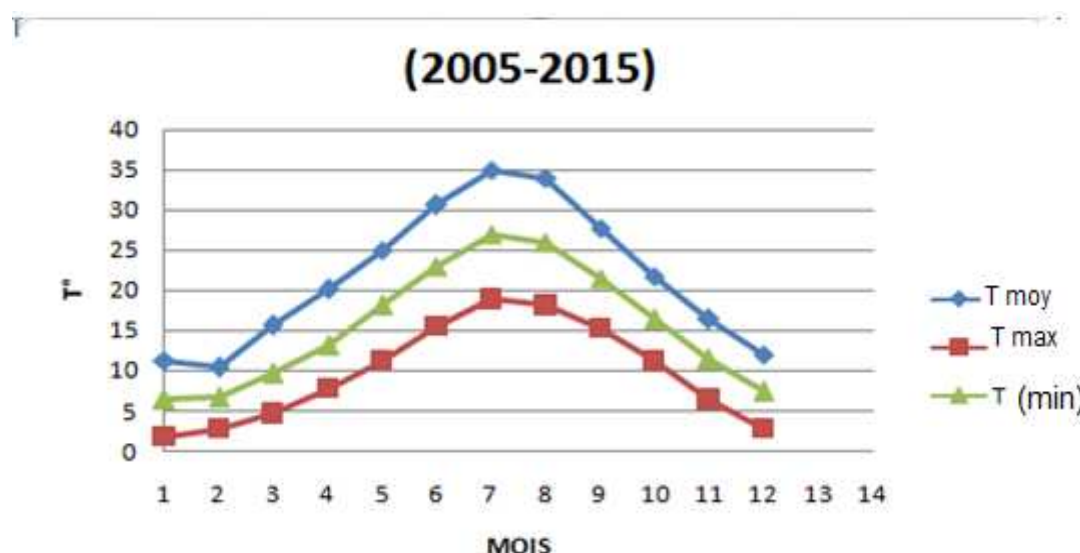
Le paramètre de la température est indispensable à la climatologie, vu qu’il rend compte de son apport d’énergie à la végétation, de son pouvoir évaporateur qu’il exerce sur les surfaces mouillées, et enfin, qu’il est à l’origine du bon fonctionnement du cycle de l’eau. La température est l’un des éléments importants pour la caractérisation du climat (Ramade, 1984).

En effet la température joue un rôle important dans la répartition des êtres vivants, leurs aires de répartition sont souvent déterminées par ce paramètre qu’est considéré comme facteur limitant. (Dajoz, 1985).

Les températures collectées durant la période allant de 2005 à 2015 sont présentées dans le tableau suivant

**Tableau 6 :Les températures moyennes mensuelles (2005-2015)**

mois	Jan	Fév	Mar	Avri	Mai	juin	juill	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc.	moy
M	11.2	10.4	15.6	20.1	25	30.6	35	33.9	27.7	21.7	16.4	12	21.63
m	1.8	2.7	4.6	7.7	11.2	15.5	18.9	18.1	15.3	11.1	6.4	2.8	9.67
T	6.4	6.6	9.6	13.1	18.1	23	26.9	26	21.5	16.4	11.4	7.4	



**Figure 7 :Variation des températures moyennes mensuelles à la station de Khenchela (2005/2015)**

L'examen des valeurs du (tableau n°6) montre que le mois le plus froids est Janvier avec 6.4°C, tandis que le mois le plus chaud est Juillet avec 26.9°C, traduisant une variabilité spatiale des valeurs notamment que la région est exposée au conflit des courants, chaud et sec du Sahara au sud et froid et humide de la méditerranée au nord.

**3.2.1. Relation précipitation- température (courbe Ombro-thermique)**

D’après la courbe Ombro-thermique, on peut distinguer la période humide et la période sèche.

Selon Gaussen une période sèche est une période pendant laquelle les précipitations totales inférieures ou égales au double de la température :  $P \leq 2T \rightarrow$  période sèche.

Une période humide est une période pendant laquelle les précipitations totales égales au double des températures :  $P=2T$

Avec ; P : précipitations moyenne mensuelle en mm

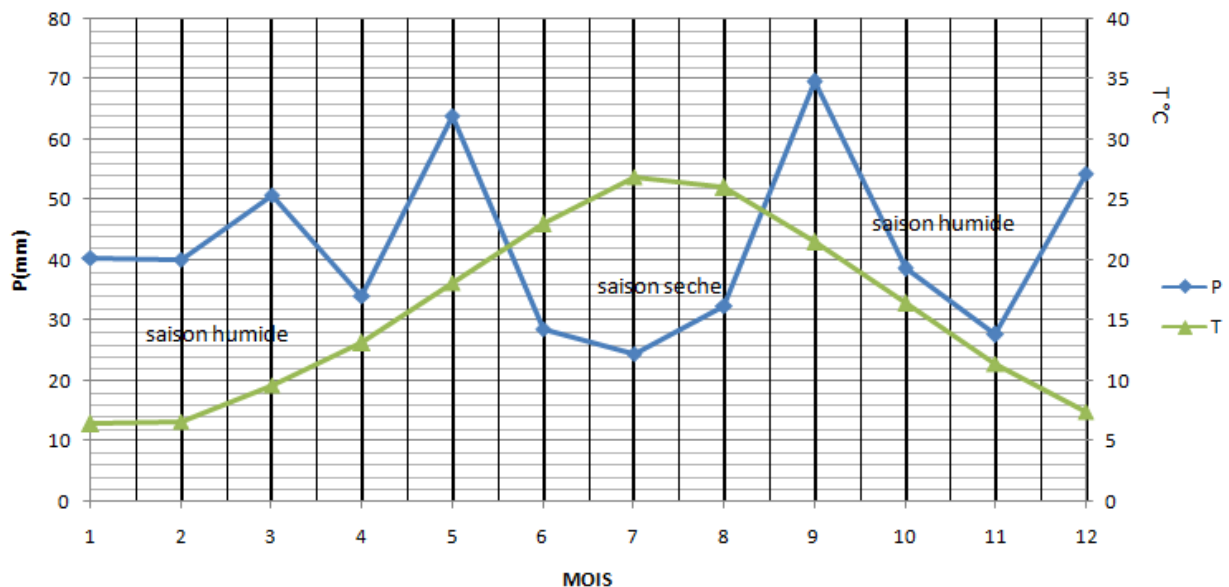
T : température moyenne mensuelle en °C.

**Tableau 7: valeur de précipitations-températures.(Pluiothermique) kenchela (2005-2015 )**

	Jan	Fev	mars	Avr	mai	Jui	juil	Aou	sep	Oct	Nov	Dec
P	40,40	40,00	50,80	34,00	64,00	28,60	24,40	32,40	69,60	38,60	27,60	54,40
T(C°)	6,40	6,60	9,60	13,10	18,10	23,00	26,90	26,00	21,50	16,40	11,40	7,40

(SMH 2005-2015)

Le graphe suivant met en évidence que le climat de la zone peut être subdiviser en deux saisons , une saison sèche de trois mois de Mai à Aout et une longue période humide s’étale sur le reste de l` année .



**Figure 8 :Diagramme ombrothermique**

3.2.2. Quotient pluviométrique d’Emberger

La formule du quotient d’Emberger (Emberger, 1955) s’exprime comme suit :

$$Q = \frac{P}{\left(\frac{M + m}{2}\right) \times (M - m)} \times 100$$

Ce quotient a été simplifié par STEWART en 1969 :

$$Q_2 = 3.43 \times P / (M - m)$$

**Q<sub>2</sub>** : Quotient d’Emberger

**P** : précipitation moyenne annuelle (mm) (Arlery, 1973).

**M** : moyenne des maximums du mois le plus chaud

**m** : moyenne des minimums du mois le plus froid

**(M+m) / 2** : Température moyenne

**T= 15.65 P= 504.8 mm M= 35°C m = 1.8 °C**                      **Donc : Q<sub>2</sub> =52.13**

Avec un **Q<sub>2</sub> =52.13** la wilaya de Khenchela se trouve selon le Climagramme pluviométrique d’Emberger dans l’étage bioclimatique semi-aride à hiver frais.

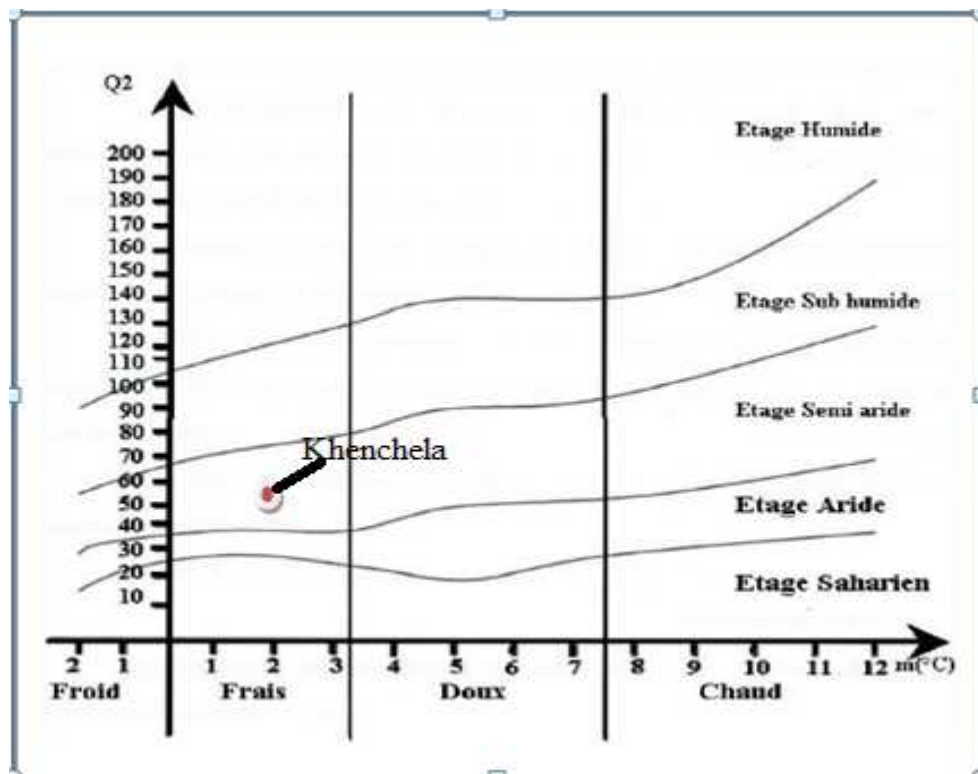


Figure 9 : Représentation de l’étage climatique de Khenchela selon le climagraphe d’Emberger

**3.2.3.L'indice d'aridité De Martonne**

En 1926, Emmanuelle Martonne élabore un système de classification des climats en utilisant une méthode statistique. Il utilise un indice regroupant des données hydrométrique et thermiques. Cette méthode statistique est caractérisée par la formule suivante :

$$\mathbf{IM= P/ (T+10)}$$

Avec : **IM** : indice d'aridité annuelle

P : précipitation moyennes annuelle (mm)

T : température moyenne annuelle (°C).

**Pour**  $20 < \mathbf{IM} < 30$  : climat tempéré.

$10 < \mathbf{IM} < 20$  : climat semi-aride.

$7.5 < \mathbf{IM} < 10$  : climat steppique.

$05 < \mathbf{IM} < 7.5$  : climat désertique

$\mathbf{IM} < 5$  : climat hyperaride.

L'application de cette formule, donne les résultats récapitulés dans (tableau 8).

**Tableau 8 : Valeurs de l'indice d'aridités de la wailaya de khenchela**

Station	P(mm)	T (°C)	IM
Khenchela	504.8	15.53	19.77

Selon les valeurs obtenues, nous pouvons affirmer que le climat de Khenchela est de type semi-aride (IM =19.75)

**III.3.3. L'Evaporation**

L'évaporation est la restitution de l'eau par l'atmosphère sous forme de vapeur à partir de la surface du sol, quelle que soit sa nature (Sol, végétaux, eau libre). Elle est donc un élément très important pour l'établissement du bilan hydrologique, et dépend de plusieurs

Paramètres : la température, les précipitations, l'humidité de l'air, le couvert végétal. On

Distingue : d'évapotranspiration potentielle (ETP) et l'évapotranspiration réelle (ETR).

La région d'étude est à cheval entre deux zones climatiques, pour comprendre les mécanismes d'évaporation, nous avons utilisé les données enregistrées aux stations de Khenchela. (2005-2015).

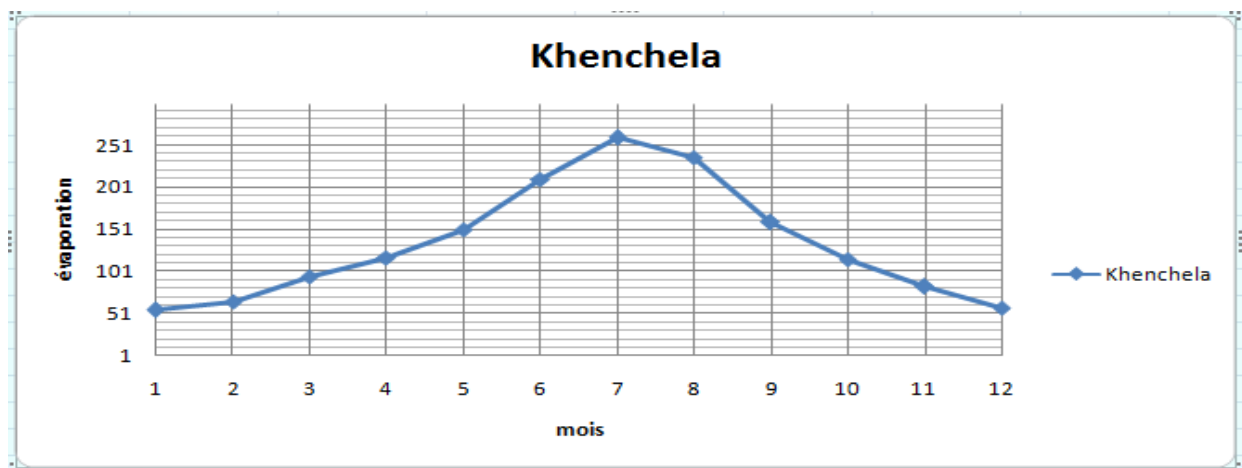
**Tableau 9 : Valeurs de l'Evaporation mensuelle**

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	juill	aou	sep	Act	Nov	Dec	Tota
Khenchel a	54.49	64.12	94.8	116. 59	150.4 3	210. 3	259.6 7	236.7 7	158.9 5	115.1 5	82.2 7	56. 5	1813. 5

(SMH 2005-2015).

L'évaporation dans la région d'étude est très importante elle s'accroît, elle s'accroît particulièrement quand le sirocco souffle. La figure(10) indique, une forte évaporation en été, celle-ci provoque un besoin en eau maximum s'étalant du mois de mai jusqu'au mois de juillet. La période s'étalant du mois de novembre jusqu'au mois de février correspond à un demande minimum en eau et correspond à la période de précipitations. Un pic d'évaporation, est enregistré au mois de juillet avec 259.67 mm à station Khenchela,

La faible évaporation est enregistrée au mois de Janvier, elle est de 54.491 mm De ce fait pour compenser ce besoin en eau, il sera nécessaire d'apporter de l'eau pendant la période estivale, ce qui explique l'irrigation intense dans cette zone au cours de cette période.



**Figure 10 :Variation de l'évaporation moyenne mensuelle de khenchela (2005-2015).**

### **III.3.4.L'Évapotranspiration**

Par définition, le terme évapotranspiration désigne la quantité d'eau rejetée dans l'atmosphère sous forme de vapeur d'eau par évaporation directe à partir du sol et par transpiration des organes aériens des plantes (Jacques Baudry et Agnès Jouin, 2003).

#### **A.1. Estimation de l'Évapotranspiration potentielle (ETP)**

Actuellement plusieurs formules sont proposées pour estimer l'évapotranspiration potentielle. Ces formules se basent pour leurs estimations en grande partie sur les données climatiques. Les éléments climatiques les plus utilisés pour le calcul de l'ETP sont les températures maximale et minimale de l'air, les humidités relatives maximale et minimale, la radiation solaire globale et la vitesse du vent; et d'autre part, le calcul de certains paramètres dont en particulier les pressions de vapeur saturante et actuelle et la chaleur latente de vaporisation. Les formules les plus utilisées et retenues pour calculer l'ETP et l'ETR de la région d'étude, sont celle de Thornthwaite, de Turc, de Coutagne et de Penman (Laborde, 2003).

#### **A.2. Estimation de l'ETP par la formule de Thornthwaite, 1954**

Selon Penman (1956), l'évapotranspiration potentielle est définie comme: l'évaporation à partir d'une surface de gazon court, poussant activement, recouvrant totalement le sol de hauteur uniforme et bien pourvue en eau. C'est-à-dire que l'ETP est l'évapotranspiration maximale d'un couvert végétal. A partir des expériences réalisées sur des lysimètres, Thornthwaite (1954) considère que pour des étendues de surface assez vastes et des pas de temps assez longs, le facteur le plus prépondérant pour l'ETP est la température. La formule qu'il propose s'écrit:

$$ETP = 16 \left( \frac{10 \times T}{I} \right)^a \times K \text{ . en mm}$$

Où:

ETP: Evapotranspiration potentielle mensuelle en mm

T: température moyenne mensuelle du mois considéré en °C

a: Coefficient calculé par la formule suivante:

Avec :

I: indice thermique annuel:  $I = \sum i$

i : indice thermique mensuel :

$$i = \left(\frac{T}{5}\right)^{1.514}$$

**T** : température moyenne mensuelle en (°C).

**a** : coefficient, tel que :

$$a = 1.6 \left(\frac{I}{100}\right) + 0.5$$

### **B.L'évapotranspiration réelle (ETR)**

C'est la quantité d'eau évaporée par le sol et la végétation, elle tient compte de la lame d'eau de la surface évaporante. Celle-ci est inférieure ou égale à l'ETP qui correspond à une restitution hydrique maximale à l'atmosphère.

Ce paramètre est calculé par plusieurs méthodes, parmi lesquelles nous pouvons citer :

#### **B.1.Méthode de Turc :**

Elle est valable pour tous types du climat, elle en fonction de la précipitation et de la température.

$$ETR = P / [0.9 + (P^2/L^2)]^{1/2}$$

**Où :**

**ETR** : l'évapotranspiration réelle en (mm) ;

**P** : la précipitation annuelle en (mm) ;

**L** : un paramètre calculé en fonction de la température selon la formule :

$$L = 300 + 25T + 0.05T^3$$

**T** : température moyenne annuelle en C°.

**P=504mm,**

**T=15.55C°,**

**L=875.51**

On a donc un ETR de 458.90 mm



**B.2.Méthode du bilan hydrique de C.W. Thornthwaite**

Pour établir le bilan hydrique, il faut d’abord calculer la RFU qui est la réserve facilement utilisable. Cette RFU est nécessaire pour le bon fonctionnement physiologique des plantes. Nous admettons une RFU saturée à 100 mm d’eau comme préconisé par Thornthwaite :

$$RFU = 100 \text{ mm}$$

A partir des données des pluies mensuelles et l’ETP, calculés par la formule de Thornthwaite, plusieurs cas peuvent être envisagés :

- Si :  $P > ETP \Rightarrow ETR = ETP \Rightarrow RFU = (P - ETR) + RFU$  du mois précédent, il y’aura de l’excédent de l’eau ( $EX = P - ETR$ ) ;
- Si :  $P = ETP$  les précipitations sont suffisantes pour alimenter le sol mais il n’y aura pas de surplus pour alimenter la RFU ( $RFU = 0$ ) ;
- Si :  $P < ETP \Rightarrow ETR = P$  il y aura épuisement des réserves, dans ce cas, on aura un déficit du bilan ( $DA = ETP - ETR$ ).

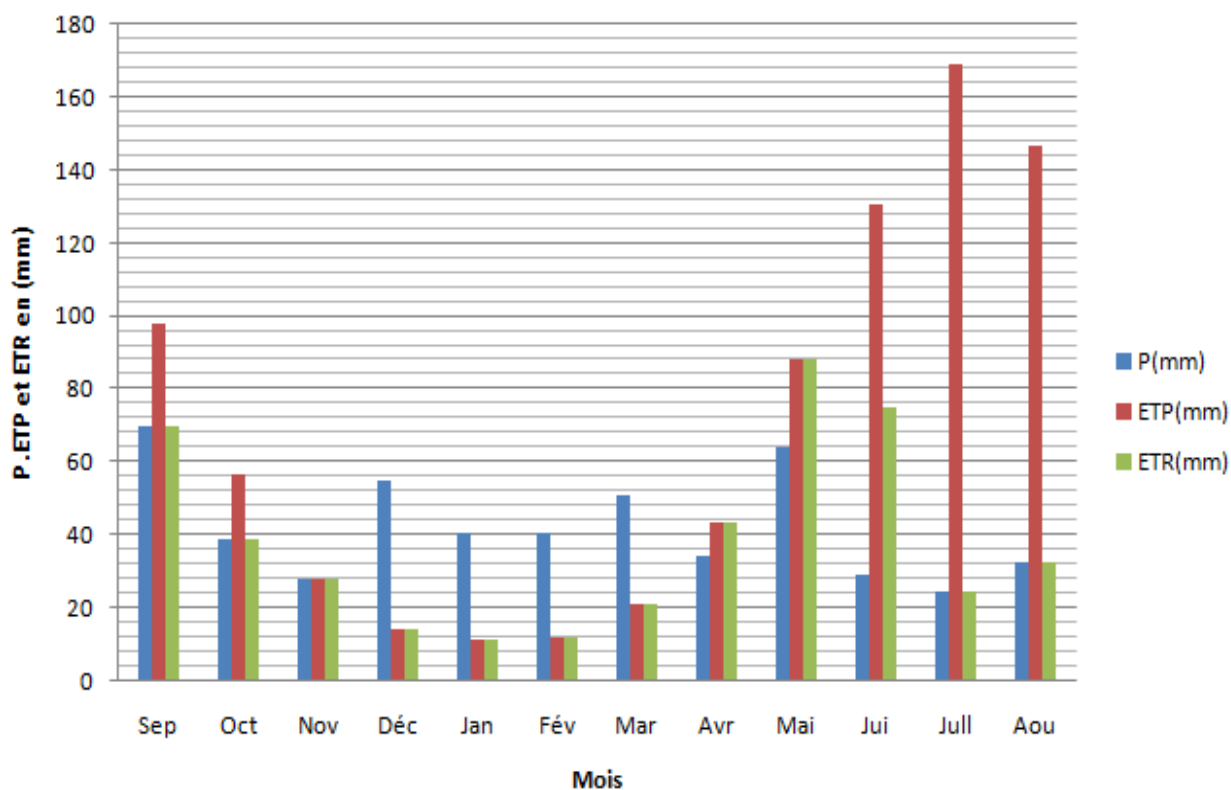
Si on examine l’évolution de l’ETP à l’échelle mensuelle, on constate l’existence de deux saisons bien distincte : l’une pendant laquelle les précipitations sont supérieures à l’ETP (Novembre-Avril) et la seconde, on a l’inverse (Mai-Octobre).

Pendant la saison froide, le bilan hydrique est positif où les précipitations couvrent les besoins de l’ETP et permettent la formation d’une réserve facilement utilisable RFU.

L’ETR est égale à 455.49 mm. (tableau 10).

**Tableau 10 : Bilan hydrologique calculé à partir de la formule de Thornthwaite (2005-2015)**

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jul	Aou	total
P(mm)	69,6	38,6	27,6	54,4	40,4	40	50,8	34	64	28,6	24,4	32,4	<b>504,8</b>
T° C	21,5	16,4	11,4	7,4	6,4	6,6	9,6	13,1	18,1	23	26,9	26	<b>15,53</b>
I	9,1	6	3,4	1,8	1,4	1,5	2,6	4,2	6,9	10	12,6	12	<b>71,4</b>
K	1	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1	1,2	1,2	1,2	1,1	
ETP(mm)	97,56	56,32	27,57	13,57	10,7	11,25	20,8	43,29	88,27	130,76	169,06	146,56	<b>815,71</b>
ETR(mm)	69,6	38,6	27,57	13,57	10,7	11,25	20,8	43,29	88,27	75,04	24,4	32,4	<b>455,49</b>
RFU(mm)	0	0	0,03	40,86	70,56	80	80	70,71	46,44	0	0	0	<b>388,6</b>
DA(mm)	27,96	17,72	0	0	0	0	0	0	0	55,72	144,66	114,16	<b>360,22</b>
EXC	0	0	0	0	0	19,31	30	0	0	0	0	0	49,31



**Figure 11 :Représentation graphique du bilan hydrologique de khenchela**

### **Interprétation du bilan hydrologique de Thornthwaite**

Les résultats obtenus (fig. 11 et tableau 10) montrent que le bilan est totalement déficitaire au niveau de la région de la ville de Khenchela à cause des précipitations et de l'importance de l'évapotranspiration. Les précipitations annuelles, sont de l'ordre de 504,8 mm/an. Nous constatons que durant toute l'année, exceptée le mois de Janvier, les ETP sont supérieures aux précipitations. Le déficit agricole annuel (DA) est de l'ordre de 407,4mm.

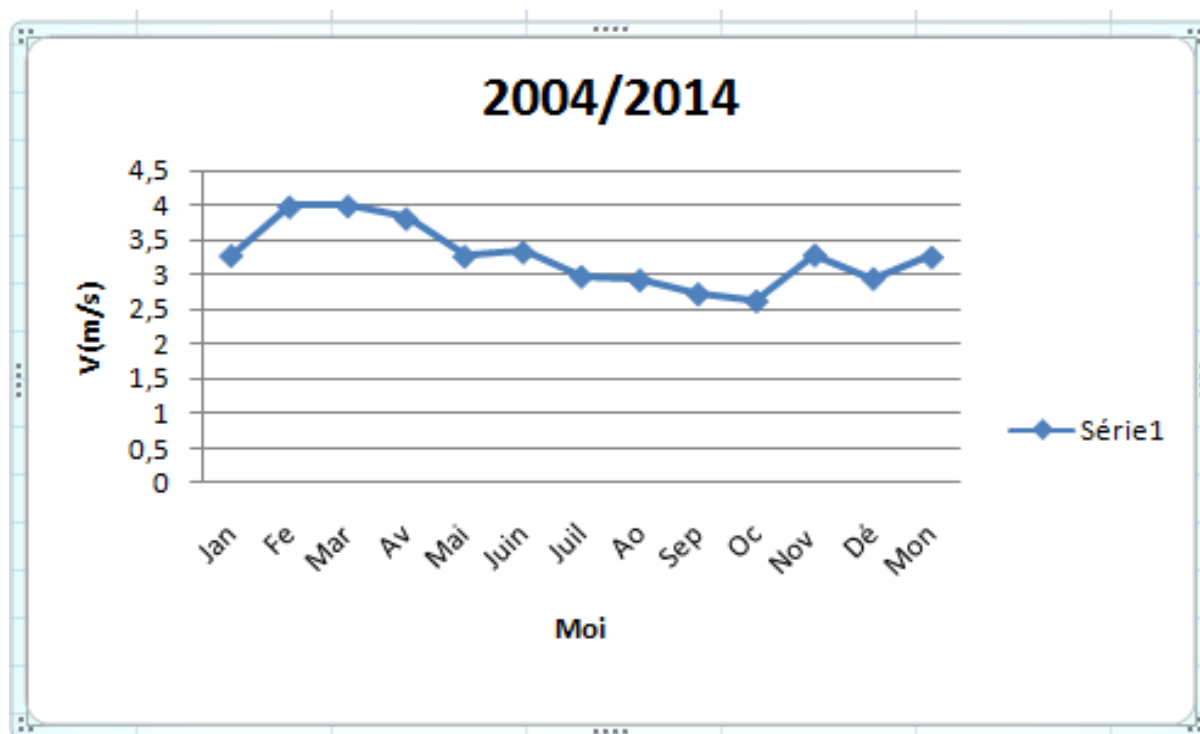
**III.3.5.Le vent**

Le vent est un facteur météorologique non négligeable, qui se caractérise par sa fréquence, son intensité et sa direction dominante (Marir *et al*, 2012).

La vitesse moyenne annuelle des vents fréquents est de 3,26 m/s. Elle varie de 2,63 m/s en Octobre à 3,99m/s en Mai comme le démontre le tableau

**Tableau 11 :Vitesse moyenne des vents durant la période 2004-2014**

moi	Jan	Fe	Mar	Av	Mai	Juin	Juil	Aou	Sep	Oc	Nov	Dé	Moy
v(m/s)	3.28	3.98	3.99	3.81	3.27	3.33	2.98	2.98	2.73	2.63	3.29	2.95	3.26



**Figure 12 : Vitesse moyenne des vents durant la période 2004-2014**

**Conclusion**

Le climat de Khenchela est de type semi-aride avec un hiver froid et un été chaud et sec. La pluviométrie interannuelle moyenne est de 504.8 mm, et mensuelle moyenne est de 466 mm, la température moyenne de l'aire est de 15.53°C, l'évapotranspiration (ETP) calculée selon la méthode de Thornthwaite est de 458.90 mm, l'ETR est de 458.90 mm et un déficit agricole de 407.4 mm.

CHAPITRE IV :  
ETUDE DE CRUES DANS LE  
BASSIN VERSANT

## CHAPITRE IV : ETUDE DE CRUES DANS LE BASSIN VERSANT

## IV.1.Introduction :

La défense contre les crues a été parmi les problèmes pour lesquels l'hydrologie a été développée, dans ce chapitre, les paramètres qui influent la genèse des crues fréquentiels sont essentiellement les précipitations, la surface et la nature du terrain.

IV.2. Etude fréquentielle de la pluie journalière maximale ( $P_{jmax}$ )

A fin de déterminer les hauteurs de pluies maximales probables, nous avons recouru à l'étude de 43 ans.

IV.3.Ajustement des pluies journalières maximales ( $P_{jmax}$ )

La figure suivante représente le résultat d'ajustement des précipitations journalières maximales à la loi Log-normale. A partir du graphique on constate que les hauteurs de pluies maximales ajustent à la loi Log-normale.

La hauteur de pluie journalière maximale pour une période de retour donnée ( $P_{jmax}\%$ ) peut être lu directement sur la courbe.

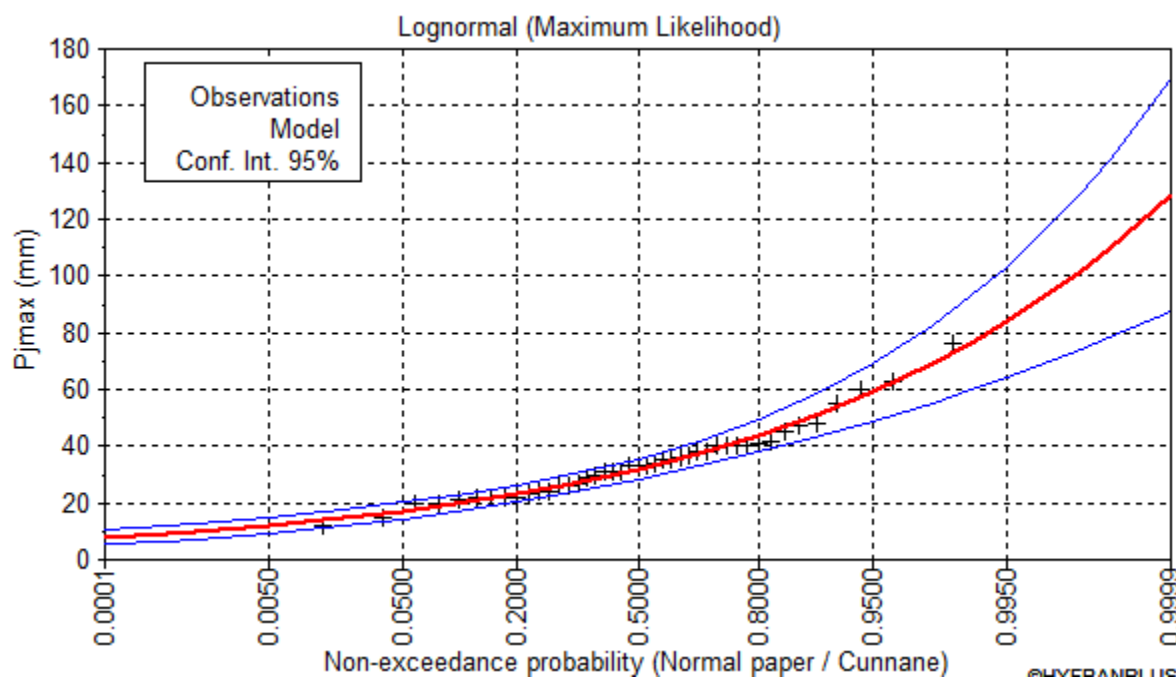


Figure 13 : Ajustement des pluies journalières maximales ( $P_{jmax}$ ) à la loi Lognormal

**IV.4. Estimation de pluie de courte durée pour les différentes périodes de récurrences**

Après avoir estimé les  $P_{jmax\%}$  à partir du graphique précédent, les pluies de courte durée peut être calculé par la formule suivante :

$$P_{Tc} = P_{jmax\%} \left( \frac{T_c}{24} \right)^{0,39}$$

$P_{Tc}$  : Pluie de courte durée en mm

$T_c$  : temps de concentration en heure (**7.26 heure**)

Les calculs ont abouti à des résultats qui variés entre 27 et 47,3 mm. Les résultats de calcul sont présentés dans le tableau suivant :

**Tableau 12 : Pluie de courte durée en mm**

période de r	Pjmax%	Tc	Ptc
5	43.7	7.26	27,094
10	51.5		31,93
20	59.1		36,642
50	68.9		42,718
100	76.3		47,306

**IV.5. Calcule de l'intensité pour les différentes fréquences**

L'intensité d'une précipitation se définit comme le flux d'eau traversant une section horizontale unitaire. Cette intensité s'exprime en hauteur par unité de temps, généralement en mm/h (Laborde, 2000). L'intensité des précipitations de courte durée est calculée comme suit :

$$I = P_{Tc} / T_c$$

Avec :  $I$  : intensité de pluie en mm

L'intensité des pluies de courte durée variée entre 3,73 mm/h pour une période de récurrence de cinq ans à 6,52 pour une période de 100 ans (tableau13)

**Tableau 13 : l'intensité de pluies fréquentielles**

période de retour (an)	P <sub>tc</sub> (mm)	Tc (heure)	I (mm/h)
5	27,094	7.26	3,73
10	31,93		4,398
20	36,642		5,047
50	42,718		5,884
100	47,306		6,516

#### IV.6. Etude de crues de fréquences rares

##### IV.6.1 Définition

Une crue se forme lorsqu'une forte quantité de pluie tombe sur le bassin versant. Il en résulte une montée des eaux, plus ou moins rapide en fonction de l'intensité de la pluie, de son étendue géographique, de sa durée, mais aussi de l'état de saturation des sols. On parle d'inondation, quand les niveaux d'eau de la rivière dépassent la hauteur des berges, l'eau déborde alors dans la plai

##### IV.4.2 Le débit moyen journalier probable

Le débit moyen journalier calculé par la méthode suivant :

$$Q_j = (P_{jmax\%} \times R \times S \times 103 \times K_a) / 86400$$

$P_{jmax\%}$  : Le débit maximal moyen journalier

R : coefficient de ruissèlement, choisi 0,25 (selon catégorie III de Casnave.A qui dit : Bassins peu perméables en pente faible ( $I_g < 10$ ) ou bassins ayant moins de 30% de leur surface imperméable avec pentes modérées à fortes ( $10 < I_g < 30$ ), ou bassins perméables avec très fortes pentes ( $I_g > 70$ )  $K_r = 20$  à 30%)

S : la superficie du bassin en km<sup>2</sup>.



Ka : coefficient d'ajustement pris 0,9.

Le débit moyen probable est varié selon la période de retour, 5,25 m<sup>3</sup>/s pour T de cinq ans à 9,16 m<sup>3</sup>/s pour T égal à 100 ans.

**Tableau 14 :Le débit moyen journalier de différentes fréquences**

période de r	P <sub>jmax</sub> %	R	S (km <sup>2</sup> )	Ka	Qj
5	43.7	0,25	354.72	0,9	5,25
10	51.5				6,18
20	59.1				7,097
50	68.9				8,27
100	76.3				9,16

**IV.6.2.Le débit maximal Q<sub>max</sub>**

Le débit maximal peut être calculé par la méthode suivant :

$$Q_{max} = (Q_j \times P_{Tc} \times 24) / (P_{maxj} \times T_c)$$

**Tableau 15 : Le débit maximal Q<sub>jmax</sub> de différentes fréquences**

période de r	P <sub>tc</sub>	Tc	P <sub>jmax</sub>	Q <sub>j</sub>	Q <sub>jmax</sub>
5	27,094	7,26	43,7	5,25	10,76
10	31,93		51,5	6,18	12,67
20	36,642		59,1	7,097	14,54
50	42,718		68,9	8,27	16,95
100	47,306		76,3	9,16	18,77

**IV.6.2.1 Méthodes empiriques**

**A. Formule de TURRAZA**

Cette méthode peut être appliquée en cas de manque de jaugeage en supposant que la durée de l'averse critique égale au temps de concentration. La formule de base de la méthode s'écrit sous la forme suivante : (Mecibah, 2008)

$$Q_{P\%} = C \times I_{P\%} \times S / 3,6$$

Avec : Q<sub>P%</sub>= Débit maximum de fréquence (P%) en m<sup>3</sup>/s

$C$  = Coefficient de ruissellement lié à la probabilité d'occurrence (0.25)

$I_{P\%}$  = Intensité de la pluie de fréquence (P%) pour une durée égale au temps de concentration  $T_c$ .

$S$  = superficie du bassin versant en  $Km^2$

**Tableau 16 : Débit de crue fréquentiel obtenu par la méthode de Turraza**

période de r	C	$I_{P\%}$	S	Qmax
5	0.25	3,73	354.72	91,88
10		4,398		108,34
20		5,047		124,32
50		5,884		144,94
100		6,516		160,51

### B . Formule de Giandotti

$$Q_{max} = \frac{C_r \times S \times P_{Tc} \sqrt{(H_{moy} - H_{min})}}{4\sqrt{S} + 1,5L_p}$$

$P_{tc}$  : pluie de courte durée en mm

$C_r$  : Coefficient de ruissellement lié à la probabilité d'occurrence

$S$  : la superficie

$L_p$  : longueur du Cours d'eau principale obtenue à partir la logicielle global mapper par 20.3Km

Tableau 17 : Débit de crue fréquentiel obtenu par la méthode de Giandotti

période de r	$P_{Tc}$	S	$L_p$ (km)	$\sqrt{(H_{moy} - H_{min})}$	Cr	Qmax
5	27,094	354.72	20.30	13.42	0.25	304,79
10	31,93					359,196
20	36,642					412,20
50	42,718					480,56
100	47,306					532,17

Cette formule a donnée des valeurs de débits maximaux élevés par rapport aux autres méthodes, cette surestimation est due à la valeur de la longueur du thalweg principal qui varie en fonction de l'échelle de la carte.

### C. Formule d'isochrones (méthode rationnelles)

Il est bien connu selon la méthode des isochrones, qui peut être considérée comme une extension de la méthode rationnelle (Salaviova N. 1969) que le débit de pointe ( $Q_p$ ) est donné par la relation:

$$Q_p = \xi \cdot \bar{t}_t \cdot \alpha \cdot S_A \quad 1$$

$\xi$  : coefficient de conversion des unités

$\bar{t}_t$ : Intensité pluviale maximale correspondant à la durée de pluie t, appelée durée de référence de formation du débit de pointe,

$\alpha$  : Coefficient du ruissellement

$S_A$  : surface active du bassin versant (surface contribuant à la formation de la crue).

Selon cette méthode, la durée de référence t de formation du débit de pointe est déterminée par le rapport entre le temps de concentration  $t_c$  et la durée de pluie  $\tau$ .

Pour  $\tau \geq t_c$ , la durée de référence de pluie est prise égale au temps de concentration. Dans ce cas  $S_A=S$  (S : surface totale du bassin versant).

Pour  $\tau < t_c$ , la durée de référence de formation du maximum est prise égale au temps de pluie et dans ce cas  $S_A < S$ .

En tenant compte des deux inégalités, la formule de calcul du débit de pointe est la suivante :

$$Q_p = \xi \cdot \bar{i}_t \cdot \alpha \cdot S \quad \text{pour} \quad \tau \geq t_c \quad 2$$

$$Q_p = \xi \cdot \bar{i}_t \cdot \alpha \cdot \lambda \cdot S \quad \text{pour} \quad \tau < t_c \quad 3$$

$\lambda = \frac{S_A}{S}$  : coefficient de réduction du débit

En fonction de la croissance de la surface du bassin versant, établi en général Ainsi, la relation (2) est conçue pour déterminer les crues des petits bassins versants, la relation (3) les crues des moyens et des grands bassins versants.

Il est à signaler que le critère qualitatif dans la formation des crues est exclusivement le rapport entre  $\tau$  et  $t_c$ . Dans les différentes conditions géographiques et climatiques des régions, ces rapports sont différents et sont fonction des spécificités physiques et climatiques des bassins versants.

L'intensité de pluie maximale  $i_t$  qui est un paramètre principal dans (2) et (3) est reliée au temps de pluie et au période de retour  $T$  par la relation suivante (Boutoutaou D. 2011) :

$$\bar{i}_{t_c} = \frac{A+B \log(T)}{(t+1)^n} \quad 3$$

$n$ : coefficient de réduction de la pluie en fonction de croissance de sa durée,

$A, B$  : paramètres géographiques caractérisant l'intensité maximale pluviale annuelle  $A$  et sa variation interannuelle  $B$ ,

$T$ : période de retour.

Les paramètres de la relation (4) sont déterminés pour la totalité du territoire algérien. Le caractère zonal des valeurs de ces paramètres permet la régionalisation de ces dernières (Tableau.18). Donc à partir du calcul de la valeur de précipitation moyenne annuelle qui est incluse dans l'intervalle  $\bar{P}[400; 900mm]$

Tableau 18 : Valeurs des coefficients A, B et n

Bassins versants	coefficients	Pluies moyennes annuelles $\bar{P}$ , mm		
		$\bar{P} \leq 400$ mm	$\bar{P} = 400 - 900$ mm	$\bar{P} \geq 900$ mm
subhumide et semi-aride	A	3,25	3,10	2,50
	B	3,53	2,92	2,27
	n	0,71	0,66	0,56
01-11-04-08	A	3,25	2,50	2,40
	B	3,50	2,80	2,70
	n	0,69	0,58	0,52
02-03-09-15	A	4,00	3,50	-
	B	3,70	2,50	-
	n	0,73	0,64	-
05 - 07-17	A	3,50	2,50	-
	B	3,29	3,88	-
	n	0,67	0,60	-
12-14-10	A	3,50	2,50	-
	B	3,10	2,52	-
	n	0,69	0,61	-
16	coefficients	$\bar{P} \leq 150$ MM	$\bar{P} = 150 - 400$ MM	$\bar{P} \geq 400$ MM
	A	-	3,00	3,50
	B	-	5,36	2,70
06	n	-	0,77	0,67
	A	1,00	3,50	-
	B	12,38	6,62	-
13	n	0,73	0,75	-

Tableau 19 : Valeurs de  $i_T$  calculés

T	A	B	N	T	$i_T$
5	2.5	3.88	0.6	8.9	1,34
10					1,64
20					1,95
50					2,34
100					2,64

Pour les conditions physiographiques des bassins versants de l'Algérie, la formule du temps de concentration proposée est la suivante :

$$t_c = 1.7 \left( \frac{SL}{\sqrt{I}} \right)^{0.19}$$

$t_c = 8.97$

$t_c$ : temps de concentration en heure,

S:surface en  $Km^2$ ,

L : longueur du cours d'eau en Km (à partir globale mapper est de 20.3Km)

I : pente du cours d'eau en % est : ((à partir globale mapper est de 1.28%)

De cette façon, la durée de référence de pluie  $t$  est prise égale au temps de concentration  $t_c$ , et est peut être déterminée à partir des caractéristiques physiographique s du bassin par la relation (5).Le coefficient du ruissellement  $\alpha T$  a été déterminé à partir des données des plus grandes crues (crues de faibles fréquences), enregistrées dans des cours d'eau de différentes régions:

$$\alpha_t = 1 - \exp\left(-\frac{P_{max} jT}{P_0}\right)$$

$p_{max}$ :pluie maximale journalière en mm de période de retour T,

$P_0$ :pertes maximales possibles en mm (infiltration, rétention dans les dépressions et évaporation). Ce paramètre est tabulé en fonction des zones géographique des grands bassins versants de l'Algérie (Tableau 20).

**Tableau 20 :Valeurs du paramètre  $P_0$ .(Boutoutaou D. 2008).**

Bassins versants	01-02-11-04-09	05-07-06-08	12-14-10-03-15	16	13
$P_0, mm$	100	90	120	115	60

Le numéro de référence de La station d'El Mahmel à partir du tableau est 12 donc  $P_0$ :120

**Tableau 21 :Valeurs de  $\alpha_t$  en fonction de la période de retour**

T	$P_{jmax}$	$P_0$	$\alpha_t$
5	43,7	120	0,31
10	51,5		0,35
20	59,1		0,39
50	68,9		0,44
100	76,3		0,47

Le coefficient de réduction du débit  $\lambda$  dans la formule (3) est déterminé par la relation empirique suivante:

✓ Pour les surfaces des bassins versants:

$$S > 600 \text{ Km}^2, \quad \lambda = \frac{9,4}{(\square + 1)^{0,39}}$$

✓ Pour les surfaces des bassins versants:  $S \leq 600 \text{ Km}^2$ ,  $\lambda = 1$

$$Q_p = \xi \cdot \bar{i}_t \cdot \alpha \cdot S_A$$

**Tableau 22 : Débit de crue fréquentiel obtenu par la méthode Rationnelle**

T	$\bar{i}_t$	$\alpha_T$	$\lambda$	$S_A$	$Q_p$
5	1,34	0,31	1	354.72	40,93
10	1,64	0,35			56,56
20	1,95	0,39			74,93
50	2,34	0,44			101,45
100	2,64	0,47			122,26

#### IV.7. Hydrogramme unitaire

l'hydrogramme unitaire reflète l'ensemble des caractéristiques physiques du bassin versant (Benoit *et al*, 2009). Il est évident que la superposition des hydrogrammes unitaires réduits d'un bassin versant, obtenus ainsi pour toutes les crues jugées unitaires fournit, par considération des ordonnées médianes ou moyennes, un hydrogramme type qui peut être considéré comme une caractéristique hydraulique de ce bassin. Prenant comme base les crues unitaires sélectionnées,

On a calculé un hydrogramme type pour chaque méthode sur la base des moyennes du hydrogramme adimensionnel normé. Les hydrogrammes sont illustrés dans les figures 15, 16 et 17.

Pour tracer l'hydrogramme de crue en calcule le débit à l'instant:

**A : pour le temps de montée**

$$Q_t = Q_{max} (t/t_m)^m$$

$Q_t$ : Débit à l'instant t en heures après le début de la crue (m<sup>3</sup>/s) ;

$Q_{max}$  : Débit maximal de la crue (m<sup>3</sup>/s) ;

$t_m$  : Temps de montée de la crue en heures. L'auteur préconise pour les petits bassins  $t_m = t_c$  ;

$m$  : exposant de parabole, pour les crues pluviales  $m=2$ .

**B : Pour le temps la décrue**

$$Q_t = Q_{max}(td - t'/td)^n$$

$Q_t$  : Débit à l'instant  $t'$ , après la pointe de la crue en (m<sup>3</sup>/s) ;

$td$  : Durée de la décrue en heures,  $td = \delta \cdot t_m$ , pour les petits bassins  $\delta=2$ , donc  $td=2 \cdot t_m$  ;

$n$  : Exposant de la parabole de crue pluviale,  $n=3$ .

Le détail de calcul est représenté dans les tableaux en annexe, les hydro grammes de crues pour chaque période de retour sont représentés dans les figures suivantes :

#### IV.6.1. Hydrogramme des débits de crue obtenus par la Formule de Turraza :

Ce hydrogramme représente l'hydrogramme de crues par la méthode de Turraza qui diviser en trois partie :

Partie de montant : la croissance du débit en fonction de temps, la courbe dite courbe de concentration qui atteint un seuil maximal dit point de la crues dans un temps de concentration ou temps monté égale 7,26 heure, lorsque le temps de retour variée dans un intervalle [5; 10; 20; 50 et 100] , les seuils de la concentration de débit augmentent comme suit [91. 88; 108. 337; 124. 32; 144. 94; 160. 94 ].

Le maximum indique le temps d'arrive de l'écoulement provenant de cette partie du bassin qui reçoit la plus grande concentration de pouce de ruissellement

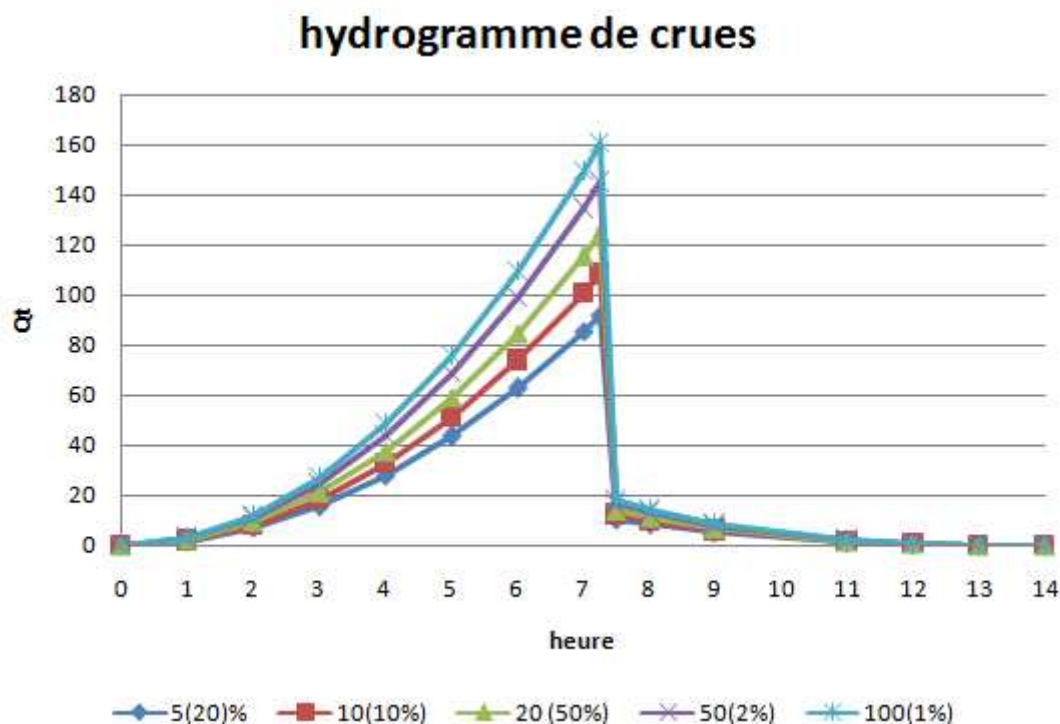
Le taux maximum de ruissellement correspondant a une pluie d'intensité, se produit lorsque tous point du bassin contribuent à l'écoulement

Partie de décroissance : dit courbe de décrue cette partie décrit la diminution naturel du débit dans un intervalle de 26 minutes, cette diminution produite par le drainage de surface.

La forme de courbe reliée aux caractéristiques physique du cours d'eau

Partie de décroissance plus lent : dit courbe de tarissement indique la décroissance de débit et retour au débit de base dans un intervalle de temps de plus de cinq heures





**Figure 14 : Hydrogramme de crues d'un bassin versant de El Mahmel par la formule de Turraza**

#### IV.6.2. Hydrogramme des débits de crue obtenus par la Formule de Giandotti

Partie de montant : la croissance du débit en fonction du temps, la courbe dite courbe de concentration qui atteint un seuil maximal dit ; point du crues dans un temps de concentration ou temps monté égale 7.26 heure, lorsque le temps de retour variée dans un intervalle [5; 10; 20; 50 et 100] les seuils de la concentration de débit augment[304. 79; 359. 296; 412. 2 ; 480. 56 et 532. 15 ].

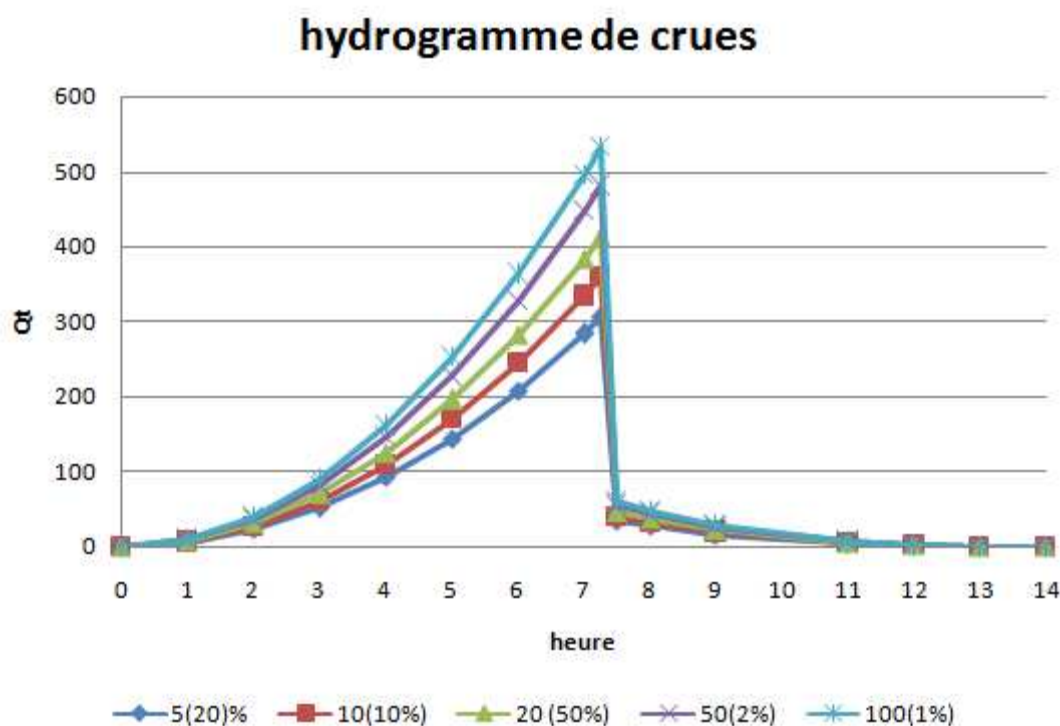
Le maximum indique le temps d'arrivé de l'écoulement provenant de cette partie du bassin qui reçoit la plus grande concentration de pouce de ruissellement

Le taux maximum de ruissellement correspondant a une pluie d'intensité, se produit lorsque tous point du bassin continuer à l'écoulement

Partie de décroissance : dit courbe de décrue cette partie décrit la diminution naturel du débit dans un intervalle 26 minutes, cette diminution produite par le drainage de surface Le maximum indique le temps d'arrive de l'écoulement provenant de cette partie du bassin qui reçoit la plus grande concentration de pouce de ruissellement

La forme de courbe reliée aux caractéristiques physique du cours d'eau

Partie de décroissance plus lent : dit courbe de tarissement indique la décroissance de débit cinq heures.



**Figure 15 : Hydrogramme de crues d'un bassin versant d'El Mahmel par la formule de Giandotti**

#### IV.6.3. Hydrogramme des débits de crue obtenus par la formule d'isochrones

L'hydrogramme de crues par la méthode d'isochrone peut être divisé en trois parties :

Partie de montant : la croissance du débit en fonction de temps, la courbe dit courbe de concentration qui atteint un seuil maximal dit point de la crue dans un temps de concentration ou temps monté égale 8.6 heure, lorsque le temps de retour varie dans un intervalle [5; 10; 20; 50 et 100] , les seuils de la concentration de débit augmentent [40.93 ; 59.56; 74.93; 101.4 et 122.26 ].

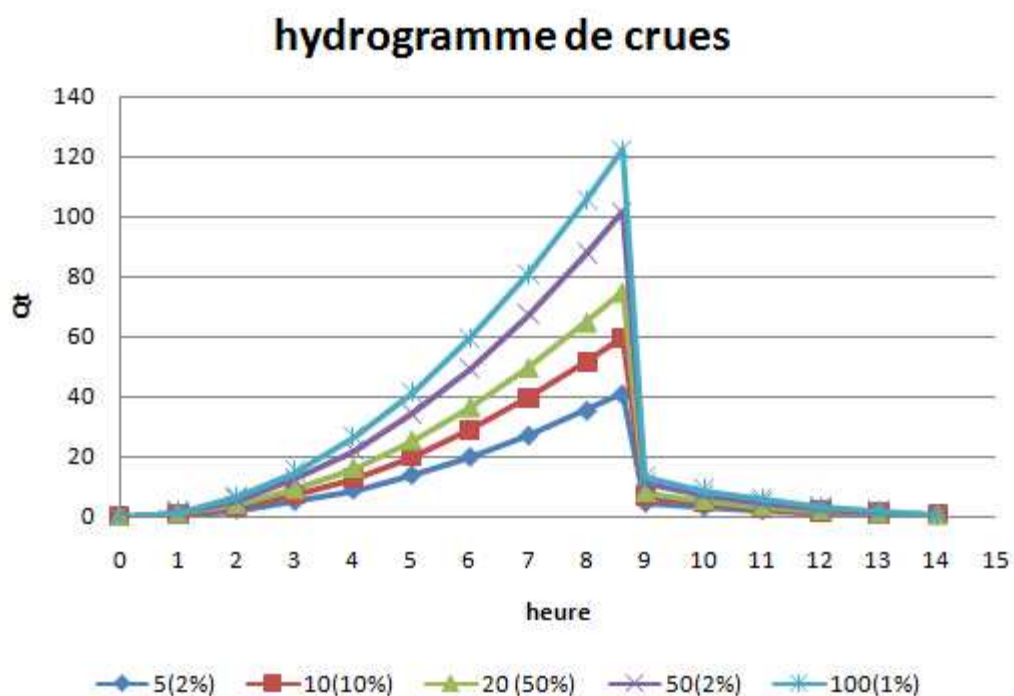
Le maximum indique le temps d'arrivée de l'écoulement provenant de cette partie du bassin qui reçoit la plus grande concentration de pluie de ruissellement

Le taux maximum de ruissellement correspondant à une pluie d'intensité, se produit lorsque tous les points du bassin continuent à l'écoulement

Partie de décroissance : dit courbe de décrue cette partie décrit la diminution naturel du débit dans un intervalle d'une demie heure, cette diminution produite par le drainage de surface.

La forme de courbe reliée aux caractéristiques physique du cours d'eau

Partie de décroissance plus lente : dite courbe de tarissement indique la décroissance de débit cinq heures

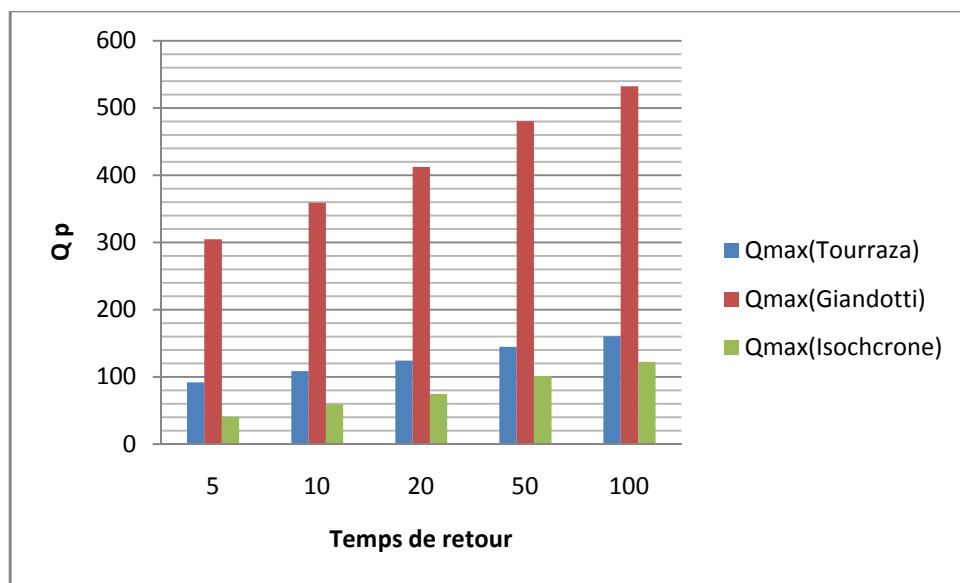


**Figure 16 : Hydrogramme de crues d'un bassin versant d' El Mahmel par la formule Rationnelle**

En fin une comparaison des résultats obtenus par les trois méthodes montre clairement une surestimation de débits de crue de la méthode de Giandotti (quatre fois les résultats des autres méthodes) (fig.17), la méthode rationnelle et celle de Turraza ont donnée des valeurs proches avec une différence de 55 à 38 m<sup>3</sup>/s pour des périodes de récurrences de 5 à 100 ans.

**Tableau 23 : Comparaison des débits de crues pour les trois méthodes**

T	5	10	20	50	100
Qmax(Tourraza)	91.88	108.337	124.32	144.94	160.51
Qmax(Giandotti)	304.79	359.196	412.20	480.56	532.17
Qmax(Isochrone)	40,93	59,56	74,93	101,45	122,26



**Figure 17: Comparaison des débits de crue calculés par les trois méthodes**

**Conclusion**

Dans ce chapitre des méthodes empiriques ont été utilisées pour déterminer les débits de crues pour des périodes de retour 5,10,20,50 et 100 ans, à partir des pluies journalières maximales observées, ces dernières montrent un ajustement à la loi Log-normal. Les pluies maximales probables pour les périodes de retour citées plus haut ont été déduites directement de la courbe d'ajustement.

Le calcul des débits de crues est fait par quatre méthodes présentes une grande différence entre les résultats.

Conclusion

**CONCLUSION GENERALE**

L'ensemble des résultats obtenus permis de mettre les points sur les faits suivants :

le bassin versant d'EL Mahmel une superficie de 354.72 km<sup>2</sup> et le Périmètre est de 136.23 km. Le temps de concentration est estimé à 7.26 faiblement développement heures avec un La vitesse d'écoulement (concentration) de l'eau 2.80 m/s. La densité de drainage (Dd=0,25km/km<sup>2</sup>) caractérise un réseau hydrographique faible développé.

L'étude géologique, les formations prédominantes sont d'âge Quaternaire avec une épaisseur assez limitée. Ceci nous permet de dire que la zone d'étude a une perméabilité moyenne mais l'action de l'érosion reste importante sur la majorité de la surface du bassin surtout sur la zone à forte pente et dépourvue de végétation.

Les données climatiques de la région étudiée, cette dernière a un climat semi-aride. Les précipitations moyennes annuelles sont de l'ordre de 504.8 mm pour une température moyenne annuelle de 15,53 °C. L'évolution annuelle de ces deux paramètres permet de distinguer une période chaude et sèche et une période froide et humide. L'évapotranspiration réelle moyenne est de l'ordre de 458.90 mm soit 92 % des précipitations moyennes annuelles.

A la fin de calcul, une grande différence entre les résultats à été remarquée, les valeurs obtenues par la formule de Giandotti dépassent quatre fois celles obtenues par les deux autres méthodes, et pour une marge de sécurité les débits de crues aboutis à la formule de Turraza s'avèrent les plus satisfaisants

# Références Bibliographiques



Référence bibliographique

**Benazza .Chahinez.2013** : mémoire étude de conception du barrage sur l'oued sidiassa wilaya de tessemssilt.

**Birsan M.V., Dumitrescu A., (2014) ROCADA**: Romania Daily gridded climatique datasse (1961-2013) V1.0. Administratif National de Météorologie, Bucuresti, Romania, dois:10.1594/PANGAEA.833627

**Boutoutaou D.(2007)** :Les laves torrentielles et la catastrophe de Bab El Oued. Séminaire national sur «Les catastrophes naturelles liées au climat»,6 et 7 novembre 2007. INFR. Oran. Algérie.

**Boutoutaou D. (2011)** : Relation entre l'intensité pluviale, la durée et la fréquence Courbe IDF en zone aride (cas d'Ouargla). Séminaire international sur les Ressources en Eau, 22 -23 février 2011. ENSH. Alger.

**Boutoutaou D. (2014)** : Méthode de calcul des crues des oueds de l'Algérie. LJEE N°24&25

**Bruno Ambroise (1999) : AMBROISE B., 1999.** : Genèse des débits dans les petits bassins versants ruraux en milieu tempéré: 2 - iviodéiisation sysiérniyiie et dynamijüe. Xev. Sci. , CL, 12(1), 123-153.

**Daifallah Tarek. (2008)** : Ressources en eau et gestion intégrée dans le bassin versant de l'oued kebir ouest (nord est algérien). Mémoire de Magistère, La Ressource en Eau, sa Gestion Intégrée, son Environnement et Développement Durable Université Badji Mokhtar Annaba. Algérie.

**Dajoz r, 1985** : Précis d'écologie. Èd. Dunod, Paris, 505 p.

**Emberger, L. 1955** : Une e classification biogéographique e de s climat. Rec. Trav. Lab. Bot. Géol. Fac. Se. 7(11): 3-43.

**Gaagai, a. (2008/2009)** : Etude hydrologique et hydro chimique du bassin versant du barrage de Babar sur oued el arab région est de l'Algérie. Mémoire Magistère : Mobilisation des ressources hydriques et leur impact sur l'environnement .Université de Batna introduction.

**Gasmi, i. (1989)** : Dégradation de la qualité de l'eau dans le bassin versant d'Oued Medjerda- Souk Ahras. Mémoire Magister, départ d'hydraulique -Univ .Batna.155 p 49

**Halimi, (1981):** L'atlas blidéen "climat et étages végétaux", OPU, Alger, 623p.

**Laborde, 2000 :** Laborde, J.P. 2000 : Elément l'hydrologie de surface. Université de Nice - Sophia Antipolis. Ed. 2000, pp 66, 82, 117,119. Laborde J.P. 2003 : Les chroniques mensuelles de pluies de bassin : un préalable à l'étude des écoulements en Algérie, Colloque International "Gestion du risque eau en pays semiaride", Tunis, 10 p. Lahlah S.(1997). Introduction à l'étude sur les inondations.«Journées d'études hydrologiques»,23 et 24 décembre. ANRH. Alger. Meylan P., Favre A., Musy A.(2005)Hydrologie fréquentielle –une science prédictive. Ed. Presse Polytechniques et Universitaires Romandes. 173 p. Italie.

**Mecibah, I.2008 :** Les ressources en eau et gestion intégrée du bassin versant d'Oued Guebli (Nord-est Algérien). Mémoire magister. Hydrogéologie. Université badji mokhtar-Annaba .P 39.

**Mohamed M, Faiza. (2010):** Etude des crues dans le bassin du Cheliff. Application de la méthode du Gradex. « Nature et Technologie ». n° 3/Juin 2010. 21 -28. **Salaviova N. (1969)** Calcul des débits maximaux à partir des données météorologiques. Séminaire International sur l'Hydrologie.

**Ramade .F. (1984) :** Eléments d'écologie, écologie fondamentale. Ed. McGraw-Hill, Paris, 397 p.

**Ramade .F, (2003) :** Eléments d'écologie, Ecologie fondamentale, Ed DUNOD, paris, p 690.

**Salaviova, N. (1969) :** Calcul des débits maximaux à partir des données météorologiques. Séminaire International sur l'Hydrologie. Travaux V, tome 6: Théorie et méthode de calcul hydrologiques. Hydro météo. Leningrad, 552 p. (en russe). Vila .JM (1977) : La chaîne alpine d'Algérie orientale et des confins Algéro-Tunisiens Thèse de doctorat Es-Sc .Nat. Paris IV 665.

# Annexes

## Annexe

Les Tableau des précipitations et des températures (max et min) et des Humidité et les vents :

2005

	JAN	Fév	MAR	MAI	JUI	JUIL	AUT	SEP	OCT	NOV	DéC
Tmin/c°	-0,4	0,9	5,7	12	16,3	19,8	12,4	13,7	11,2	6,3	2,3
Tmax /c°	8,8	7,8	15,9	27,6	30,1	36	33	22,9	23,2	16,3	9,9
pré/mm	5	43	35,9	14,9	46,1	10,8	19,9	42,2	43,2	24,8	46,4
éva/mm	37,4	48,3	121,8	202,3	211,9	269,31	186,7	143,1	101,7	103,6	42,8
H%	75,7	73,1	61,8	50,5	54,1	40,9	46,7	67	61	61,1	75,5
vent/ m/s	28	26	35	22	36	31	28	26	26	29	23

2006

	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Join	Juil	Aut	Sep	Oct	Nov	Déc
Tmin/c°	0,6	1,7	4,7	9,1	13,7	17,2	17,6	17,6	13,6	12,7	6,7	3,2
Tmax /c°	7,9	11,1	17,6	22,6	26,4	31	33,4	32,2	27,1	25,3	17,2	11,1
pré/mm	88,7	43,1	10,5	46,7	148,7	11	41,1	47	22,2	36,6	11,8	76,2
éva/mm	40	56,7	123,7	147,4	131,5	286,4	235,5	190,3	152,2	162,6	68,2	34,1
H%	74,5	69,8	61,1	58	62,7	41,9	41,8	48,4	55,1	54,7	75,4	
vent/ m/s	29	22	29	35	26	29	28	24	24	24	18	17

2007

	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Joi	Juil	Aut	Sep	Oct	Nov	Dec
Tmin/c°	2,7	4,2	3,6	7,9	11,2	17,9	17,9	18,8	14,8	11,6	5	2,6
Tmax /c°	13,8	13,5	13,3	17,7	24,3	32	34,6	33,8	28	21,9	15,1	10,6
pré/mm	8,1	17,4	103,1	76,7	30,4	38,1	12	20,7	122,4	16,8	13,4	49,1
éva/mm	58,8	69,6	61,7	77,3	129,9	260,5	214,4	266	135,5	117,1	80,6	52,2
H%	68,9	69,7	70,9	71,3	57,5	42,7	29,9	38,8	56,8	61,1	64,6	71,7
vent/ m/s	21	25	25	26	24	23	22	31	26	29	28	29

2008

	JAN	Fév	MAR	AVR	MAI	JUI	JUIL	AUT	SEP	OCT	NOV	DéC
Tmin/c°	1,8	2	4,5	7,8	12,5	17,9	20,1	17,6	15,8	11,3	4,7	1,4
Tmax /c°	12,6	14,2	15,8	21,6	24,8	29,5	35,9	19	27,5	21,3	13,6	10,2
pré/mm	32,1	7,7	24,8	14,5	102,7	5,6	26,8	33,9	93,7	69,2	15,2	48,5
éva/mm	56,8	51	92,8	167,2	172	187,1	293,8	57,8	163,8	74,7	81,5	43,1
H%	71	65	61,2	50,2	55,3	49,4	38	225,6	55,8	70,7	69,7	74,8
vent/ m/s	32	20	25	30	31	28	30	47,8	19	19	36	44

2009

	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Join	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc
Tmin/c°	2,1	1,5	3,6	5	9,9	14	19,6	18,3	14,6	10	6,3	5,1
Tmax /c°	10,2	10,2	14,7	15,4	23,7	31,4	36,6	33,6	25,3	20,9	18,7	15,4
pré/mm	145,3	17,8	74,9	149,6	53,4	6,7	20,7	29,7	79,7	17,9	3,6	23
éva/mm	51,2	68,5	84	76,3	177,7	183,6	262,2	247	116,4	97,2	95,9	105,9
H%	76,27	67,48	61	72,4	//	//	45,5	60,1	71,1	69,2	60,1	65,1
vent/ m/s	24	37	36	28	23	24	30	24	26	25	23	32

2010

	JAN	Fév	MAR	AVR	MAI	JUI	JUIL	AUT	SEP	OCT	NOV	DéC
Tmin/c°	2,5	4,6	5,6	8,9	9,7	15	18,3	18,5	14,8	10,4	6,2	3,3
Tmax /c°	12,3	14,8	18,2	21	22,7	30	34,4	34,2	27,7	22,5	16	14,3
pré/mm	30,1	15	15,5	84	87,4	25,3	17	42,7	70,6	36,7	73,2	31,6
éva/mm	79,6	110,6	119	127	125,9	200,4	247,3	243,8	171	139,1	82,7	93,9
H%	68,2	61,3	60	65,9	60,8	50,7	48	51,6	58,7	60,6	66,9	60,9
vent/ m/s	30	39	33	17	28	36	23	22	28	25	35	31

## 2011

	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Join	Juil	Aut	Sep	Oct	Nov	Déc
Tmin/c°	2,5	1,5	4,1	7,9	9,9	14,1	19,2	18,6	16,3	10	7	3,1
Tmax /c°	13,1	13,1	13,1	13,1	13,1	13,1	13,1	13,1	13,1	13,1	13,1	13,1
pré/mm	26,9	86,2	98,8	46,3	128,5	57,6	28,1	15,4	18,1	64,9	13,2	42,3
éva/mm	54,6	41	66,8	79,5	88,7	15,3	237,8	253,5	162,4	90,2	60,8	51
H%	68,2	75,8	72,7	68,5	65,9	60,2	46,7	44,8	55,5	69,5	71,5	73,9
vent/ m/s	19	21	43	32	20	18	21	18	21	20	32	18

## 2012

	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Join	Juil	Aut	Sep	Oct	Nov	Déc
Tmin/c°	1,2	-1	4,1	7,7	11	17,7	19,8	20,4	15,4	12,6	7,7	2,2
Tmax /c°	10,2	7,6	15,9	19,8	26,2	34,4	36,3	36,7	28,4	24,8	18,6	13,4
pré/mm	26,7	66,1	31,5	42,4	46,4	16,2	3,4	24,4	73,2	25,9	27,1	5
éva/mm	49,7	40,2	95,9	117	171,8	295,8	353,5	277	198	141,8	81,8	62,9
H%	74,7	75,9	63,4	60,3	54	43,6	41,6	33,7	57,7	58,4	62,4	61,3
vent/ m/s	19	18	23	26	24	24	26	22	26	27	22	19

## 2013

	JAN	Fév	MAR	AVR	MAI	JUI	JUIL	AUT	SEP	OCT	NOV	Déc
Tmin/c°	2,6	1,1	6,3	8,2	10,5	13,3	18,5	17,3	16,1	2	5,6	2,1
Tmax /c°	11,4	10,8	17,8	22	24,8	29,9	34,2	32,2	27,4	11,4	14,3	11,1
pré/mm	37,4	22,3	50	37,2	38,1	0,4	39,8	57,4	134,8	37,4	31,7	28,6
éva/mm	73,5	77,8	110,8	121,8	138,8	198,9	206,3	207,3	123,7	73,5	59,4	29,5
H%	63,1	63	58	55	56,5	42,8	42,9	47,2	56,1	53,7	66,1	57,5
vent/ m/s	18	25	27	35	22	17	17	23	35	18	22	25

2014

	JAN	Fév	MAR	AVR	MAI	JUI	JUIL	AUT	SEP	OCT	NOV	DéC
Tmin/c°	2,6	3,2	3,7	7,1	10,6	15,4	18,7	19,5	17,7	12,8	8,1	2,8
Tmax /c°	12,3	14,4	13	20,7	25,4	29,7	34,6	35,6	31,2	24,8	19	10,7
pré/mm	47,4	38	79,1	0,1	32,3	49,3	0	24	30	15,6	36,6	68,5
éva/mm	64,7	86,5	67,8	130,7	165,1	202,7	24	246,2	205,5	158,9	129,2	55,4
H%	67,1	63,8	72,5	54,8	54	48,6	288	43,9	50,4	52,1	58,4	78,2
vent/ m/s	20	22	21	26	23	20	38,8	27	27	22	36	24

2015

	JAN	Fév	MAR	AVR	MAI	JUI	JUIL	AUT	SEP	OCT	NOV	DéC
Tmin/c°	1,4	1,2	4,3	7,7	12,2	14,5	18,2	18,8	16	11,5	6,3	2,5
Tmax /c°	10,6	8,8	15	21,4	26,7	29,7	34,7	33,3	28,7	22,5	15,8	14,3
pré/mm	39,8	83,7	87,4	1,7	18,2	36,1	30,5	35,7	53,1	55	39,7	0
éva/mm	65,9	55,5	98,5	113,7	201	185,6	248,3	216,1	176,8	109,9	61,9	52,7
H%	72,9	73,8	69,2	57,9	48,6	45,4	32,4	42,7	52,9	64,9	72,8	68,3
vent/ m/s	26	23	20	17	22	23	15	26	22	17	18	9

	S													Max An
1968	PJ max (mm)	0	19	0	8,2	8,4	7,5	10,5	22,4	8,7	0	0	4,8	22,4
1969	PJ max (mm)	15,4	3,4	0	13,5	3,1	0	5,4	12,7	10,8	9,8	0	0	15,4
1970	PJ max (mm)	15,4	12,2	0	15	-999	1,6	3,5	0	4,4	2,5	24,2	0	24,2
1971	PJ max (mm)	10,7	8,5	5,5	21,8	21,7	9,2	13,6	21,5	22,5	33,5	0	13,5	33,5
1972	PJ max (mm)	35,6	28,5	24,2	12,5	12,7	10,4	6,4	20,4	6,4	16,4	1,2	1,9	35,6
1973	PJ max (mm)	0	4,2	4	37,8	0,6	5,2	6,8	8,6	3,3	8,8	12,8	10,2	37,8
1974	PJ max (mm)	8	1,6	12	0,7	3,1	21	11,4	14,9	6,4	7,7	4,2	6,5	21
1975	PJ max (mm)	6,7	5,2	21,3	6,8	14,5	9	23	8	17,5	41,6	17,4	15,6	41,6
1976	PJ max (mm)	15,2	5,2	29,8	8,6	24,6	1	40,5	24,5	32,2	14,5	0	34,5	40,5
1977	PJ max (mm)	2,4	0	40,6	0	0	21,8	15,2	6,2	9,9	7,1	0	14,9	40,6
1978	PJ max (mm)	9,8	35,6	1,8	1,2	3,8	9,8	7,4	33	14,7	29,3	2,8	8,1	35,6
1979	PJ max (mm)	55,7	10,2	1,8	1,8	9,4	30,5	76,6	6,3	16	1	0	0	76,6
1980	PJ max (mm)	12,1	2,4	33,9	18,1	1,9	11,8	8,1	8	0	16,9	0	3,1	33,9
1981	PJ max (mm)	10,6	0	0	4,6	5,6	11,1	1,2	17,9	55,5	4,1	0	4,5	55,5
1982	PJ max (mm)	7,2	21,6	21	2,8	0	3,6	0	0	23,1	16,3	0	6,4	23,1
1983	PJ max (mm)	0	40,7	7,7	7,7	2,6	30,6	12,2	5,6	0	0	0	3,2	40,7
1984	PJ max (mm)	3,7	-999	18,6	15,4	11,3	6,4	31,8	6,9	9,5	0	0	0	31,8
1985	PJ max (mm)	9,5	19,3	2,9	12	2,9	8,5	38,5	6,5	5,3	12,5	9,2	9,2	38,5
1986	PJ max (mm)	48,2	18,5	5,8	3,7	6,5	18	14,5	8,2	8,2	12,8	10,8	26,3	48,2
1987	PJ max (mm)	15,8	21,4	6,5	15,2	8,1	7,8	16,5	2,1	16,5	16,5	0	29,7	29,7
1988	PJ max (mm)	0	0	7,6	14,2	0	0	0	0	5,8	14,5	15,7	26,9	26,9
1989	PJ max (mm)	14,5	0	0	8,2	27,6	0	22,6	7,8	42,2	20,3	0	30,7	42,2
1990	PJ max (mm)	27,9	12,2	17,5	13,1	15,1	11,7	22,2	7,3	5,8	12,8	11,6	0	27,9
1991	PJ max (mm)	14,6	36,6	15,9	17,3	4,8	25,2	11,8	10,6	20,7	0	-999	4,6	36,6
1992	PJ max (mm)	16,8	12,7	15,7	6,6	8,5	22,1	15,8	5,8	13,6	1,4	4	4,2	22,1
1993	PJ max (mm)	4,3	0	16,8	16,7	12,9	14,2	22,8	6,8	6,7	5,4	19,5	0	22,8
1994	PJ max (mm)	26,5	14,9	8,9	1,7	12,5	0	10,2	13,4	4,8	2,8	60,2	7,4	60,2
1995	PJ max (mm)	63,3	15,2	4,6	6,2	22,3	10,3	37,5	14,8	21,5	44,5	0	9,5	63,3
1996	PJ max (mm)	9,8	0	15,7	5,8	3,8	5,5	11,8	10,5	0	0	24,5	12,5	24,5
1997	PJ max (mm)	45,4	17,5	11,2	7,8	11,3	20,7	8,5	33,6	9,5	21,5	0	8,5	45,4
1998	PJ max (mm)	5,5	8,5	3,5	2	13,5	4,5	2	0	3,8	4	20,2	12,5	20,2
1999	PJ max (mm)	19,3	22,5	31,5	16	3,5	1	3,5	8,8	7,5	5,5	0	0	31,5
2000	PJ max (mm)	11,4	12,5	2,8	6,5	3	3,1	0	3,5	12,5	2,1	5,1	2,1	12,5
2001	PJ max (mm)	34,5	11,5	26,5	3,2	8,1	0,5	1	8,3	7,2	5,8	11,5	12,5	34,5
2002	PJ max (mm)	4,9	33,5	25,5	7,5	25,5	15,5	15,5	16,5	14,2	24,5	5,5	4,5	33,5
2003	PJ max (mm)	5,1	40,5	14,5	9	5,5	22	32,5	34,5	31	31,5	2,5	4,5	40,5
2004	PJ max (mm)	9,5	18,5	22	24,5	3	47,5	16,5	15			26	14,5	47,5
2005	PJ max (mm)	19	18,5	19	4	20,5	3	3,5	19,5	18	14,5	4	15,5	20,5
2006	PJ max (mm)	16,5	38,5	24,5	26,5	13,5	3	14	24,5	7,5	0	0	11	38,5
2007	PJ max (mm)	14	12,5	11,5	12,5	4,5	11,5	22,5	13,5	17,5	11,5	13,5	11,5	22,5
2008	PJ max (mm)	28,5	21,5	8	12	28	13,5	21,5	29	30	7	0	16,5	30
2009	PJ max (mm)	26,5	14	4,5	13	14	17,5	24	17,5	26	12	8,5	10	26,5
2010	PJ max (mm)	17,5	11,5	20	25	25,5	17,5	26	22,5	31	4	6	9	31
2011	PJ max (mm)	7,5	14,5	12,5	8,5	5,5	20	6,5						20



**Tableau 1** : les calculs de le temps de monté et le temps de décrue (Formule de Turraza).

Fréquence	5(20)%	10(10%)	20 (50%)	50(2%)	100(1%)
Qmax	91,88	108,337	124,32	144,94	160,51
0	0	0	0	0	0
1	1,74320212	2,05543413	2,35867313	2,74988806	3,04529138
2	6,97280848	8,22173652	9,43469253	10,9995522	12,1811655
3	15,6888191	18,4989072	21,2280582	24,7489926	27,4076224
4	27,8912339	32,8869461	37,7387701	43,998209	48,7246621
5	43,580053	51,3858533	58,9668283	68,7472015	76,1322845
6	62,7552763	73,9956287	84,9122328	98,9959702	109,63049
7	85,4169038	100,716272	115,574983	134,744515	149,219278
7,26	91,88	108,337	124,32	144,94	160,51
7,5	10,38323	12,2430125	14,0492289	16,3794662	18,1390101
8	8,31886209	9,80888727	11,2559962	13,1229416	14,5326573
9	5,04822113	5,95242853	6,83059264	7,96353038	8,81900277
11	1,30902858	1,543494	1,77120628	2,06498261	2,28681081
12	0,48031125	0,56634175	0,64989437	0,75768734	0,83908096
13	0,10540274	0,12428185	0,1426172	0,16627202	0,18413359
14	0,00422018	0,00497608	0,0057102	0,0066573	0,00737246

**Tableau 2** : les calculs de le temps de monté et le temps de décrue (Formule de Giandotti)

Fréquence	5(20)%	10(10%)	20 (50%)	50(2%)	100(1%)
Qmax	304,79	359,196	412,2	480,56	532,17
0	0	0	0	0	0
1	5,78265753	6,81488059	7,82050406	9,11747073	10,0966464
2	23,1306301	27,2595223	31,2820163	36,4698829	40,3865856
3	52,0439178	61,3339253	70,3845366	82,0572365	90,8698176
4	92,5225205	109,038089	125,128065	145,879532	161,546342
5	144,566438	170,372015	195,512602	227,936768	252,41616
6	208,175671	245,335701	281,538146	328,228946	363,479271
7	283,350219	333,929149	383,204699	446,756066	494,735674
7,26	304,79	359,196	412,2	480,56	532,17
7,5	34,4438906	40,5922364	46,5821441	54,3074119	60,1397856
8	27,5958421	32,5217892	37,3207984	43,5101476	48,1829434
9	16,7462703	19,7355337	22,6477661	26,403713	29,2393539
11	4,34239029	5,117521	5,87267719	6,84661268	7,58190834
12	1,59331809	1,87773052	2,15481386	2,51217212	2,7819682
13	0,34964847	0,41206185	0,47286689	0,55128799	0,61049386
14	0,01399945	0,01649839	0,01893294	0,02207282	0,02444334

**Tableau 3** :les calculs de le temps de monté et le temps de décrue (Méthode Isochrone).

Fréquence	5(2%)	10(10%)	20 (50%)	50(2%)	100(1%)
Qmax	40,93	59,56	74,93	101,45	122,26
0	0	0	0	0	0
1	0,55340725	0,80530016	1,0131152	1,3716874	1,65305571
2	2,21362899	3,22120065	4,05246079	5,48674959	6,61222282
3	4,98066522	7,24770146	9,11803678	12,3451866	14,8775014
4	8,85451595	12,8848026	16,2098432	21,9469984	26,4488913
5	13,8351812	20,1325041	25,3278799	34,292185	41,3263926
6	19,9226609	28,9908058	36,4721471	49,3807463	59,5100054
7	27,1169551	39,459708	49,6426447	67,2126825	80,9997296
8	35,4180638	51,5392104	64,8393726	87,7879935	105,795565
8,6	5,11625	7,445	9,36625	12,68125	15,2825
9	4,43504429	6,45373168	8,11917587	10,9927985	13,2477038
10	3,00229867	4,36884702	5,49626775	7,44156364	8,96801942
11	1,91704131	2,78961595	3,50950173	4,75162085	5,72630029
12	1,13100997	1,6458088	2,07052473	2,80334625	3,37838454
13	0,59594239	0,86719591	1,0909837	1,47711593	1,78011034
14	0,26357629	0,38354761	0,48252556	0,653306	0,78731583



## Résumé

Les études des inondations établies en Algérie par 'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH) montrent que le pays est confronté au phénomène des crues et des inondations très destructives. Les crues et les hydrogramme de crues de la majorité des Oueds de l'Algérie sont moins connus. Ces crues apparaissent suite à des pluies intenses et de courte durée pluies d'averses et d'orages. Les dégâts humains et matériels causés par ces crues ont été toujours très élevés.

L'objectif de l'étude consiste à proposer pour le territoire algérien une méthode de calcul des crues et des hydrogramme des crues pour les cours d'eau et les Oueds non jaugés au profit des ingénieurs et d'aménagistes exerçants dans le domaine de conception des ouvrages hydrauliques.

**Mots clés:** hydrogramme de crue, calcul des crues, oued non jaugés

### ملخص

تشير الدراسات المتعلقة بالفيضانات في الجزائر التي وضعتها الوكالة الوطنية للموارد المائية (ANRH) أن البلاد تواجه ظاهرة الفيضانات العالية ومدمرة للغاية. والفيضانات لمعظم الأودية في الجزائر غير مدروسة. هذه الفيضانات تحدث بعد الأمطار الغزيرة و القصيرة من زخات. لا تزال الأضرار البشرية والمادية الناجمة عن هذه الفيضانات جد معتبرة.

من أجل التحذير من وقوع فيضانات محتملة في منفذ مستجمع مائي، يجب أن نكون قادرين على تقدير التدفق. إلا إن محطات قياسات منسوب المياه شبه منعدمة بالنسبة لمعظم مستجمعات المياه، ومن غير الممكن رصد التدفقات في الوقت الحقيقي. ولذا فمن الضروري استخدام نماذج "مطر- تدفق".

الغرض من هذه الدراسة هو تطبيق نماذج فعالة "مطر- تدفق" لتقدير معدل تدفقات الفيضانات ذات الترددات النادرة والقابلة للتطبيق في مستجمع مياه وادي المحمل. العمل الأول يتمثل في دراسة مستجمع مياه وادي المحمل من الناحية الجيومورفولوجية، المناخية والهيدرولوجية وتحليل العمليات الهيدرولوجية المسؤولة أساسا عن نشوء الفيضانات.

حيث يدور محتوى هذه المذكرة حول محور أساسي هو \*\*دراسة و المساهمة في التنبؤ التدفقات الفيضانات في مستجمعات المياه واد المحمل خنثلة وذلك باستعمال ثلاثة طرق أو صيغ صيغة الأولى TURRAZA و صيغة الثانية Giandotti و صيغة ثالثة isochrones' و المقارن بين هذه صيغ باستعمال مخطط المائي للفيضانات.

كلمات مفتاحية: مستجمع مياه، وادي المحمل، النموذج "مطر- تدفق". صيغة TURRAZA. صيغة Giandotti. صيغة isochrones'. وضعتها الوكالة الوطنية للموارد المائية (ANRH).