

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université Abderrahmane MIRA de Bejaia



Faculté de Technologie  
Département d'**Hydraulique**  
*Laboratoire de Recherche en Hydraulique Appliquée et Environnement (LRHAE)*

## MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par :

**BOUSSEKINE Selma**  
**AFFANE Rima**

En vue de l'obtention du diplôme de **MASTER en Hydraulique**

Option : **Ouvrage et aménagement hydraulique**

**INTITULE :**

**ETUDE DE FAISABILITE D'UN BARRAGE SUR L'OUED MESTAOUA  
WILAYA DE BISKRA**

Soutenu le **29 /06 /2015** devant le jury composé de :

- Président : **Mr A.SELLAOUI**
- Promoteur (s) : **Mr A.HAMMOUCHE**

**Mr A.BERREKSI**

- Examineur (s) : **Mr I.BENDAHMANE**

# REMERCIEMENT

*Grâce à Dieu Tout Puissant pour sa bénédiction tout au long de nos études et l'accomplissement de ce mémoire de fin d'études.*

*Nous 'adressons plus particulièrement nos vifs remerciements à nos promoteurs Mr Hammouche et Mr Berrikssi pour la qualité de leur encadrement, leur disponibilité, leur intérêt porté à notre travail, leur encouragements et leur soutien, et enfin pour la quantité d'informations qu'ils nous 'ont transmises.*

*Nous remercions chaleureusement tous les membres du jury, Mr Sellaoui et Mr Bendahmane, pour nous 'avoir fait l'immense honneur de faire partie du jury de notre soutenance.*

*Nous remercions également Mr Haddad et Mr Allouache pour leur disponibilité et leur empressement à nous rendre service.*

*Merci aussi à toute l'équipe de l'ANRH, et Mme Birouk Lamia en particulier dont l'accueil et l'amabilité nous 'ont particulièrement touchés.*

*Mes remerciements vont également à nos enseignants et tout le personnel du département d'hydraulique.*

*Et enfin nous remercions infiniment Bouzarra Abdelouheb qui nous 'a aidé à réaliser ce travail.*

Au monde rural...

# DEDICACE

*Je dédie ce modeste travail à :*

*Ma grand-mère*

*Mes chers parents*

*Mes chères sœurs : Nour el houda, Ines, et Lina*

*Mes chers oncles : Nesreddine, Abdelmalek, et Mounir*

*Mes tantes : Chafia, Nasiha*

*Mes cousines : Naima, Amira, Sara, Hanene, Lilia, Meriem, Nesrine*

*Mes amies :Imen, Nadjah, Houda, Ibtissem, Selma, Asma, Warda, Lydia, Zahira, Kiki,  
Samira, Mima, Hanen, Bibina, Ilhem, Kenza, Dadou, Fatima, Amel, Loubna,*

*Mes amis : Mirou, Mouhamed lamine, Nabil, Tarek, Nedjmeddine, Abdou, Ighiles, Mehdi  
djamel, Nadir, Omar, Amine, Zizou, Oualid, Hamza, Djigo, Khalidou, Ilyes, Islam,  
Merbah*

*Enfin je le dédie à tous mes amis que je n'ai pas cités et à tous ceux qui me connaissent.*

# DEDICACE

*Merci à dieu, à qui je dois tout, d'avoir guidé mes pas et de m'avoir donné la volonté pour accomplir ce travail.*

*J'ai le plaisir dédie ce modeste travail a :*

*Mes très chers parents pour votre disponibilité et vos précieux conseils*

*Ma grand-mère*

*Mes très chers frères Salah dine, Yacine et ma sœur Mounira*

*Mes très chères tantes*

*Mes oncles Mourad et Zerouk,*

*Mes cousins : Imed, Oussama, Kadi, Heithem, Redouane, Aiman et Houssam*

*Mes très chères amies : Ilhem, Warda, Nour, Rima, Zahira, Imen, Farah, Sabrina, Amel, Ibtissem, Lamia*

*Mes très chers amis : Mohamed lamine, Nabil, Mehdi, Amine, Zizou, Abdou, khaled, Ilyes, Fouaz,*

*Nabil, Hakim, Omar*

*Toute ma famille, la promotion 2015 en Hydraulique et tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à ma formation*

# Sommaire

*Remerciement*  
*Dédicace*  
*Sommaire*

INTRODUCTION GENERALE .....	1
<b>Chapitre I : Etude géologique et géotechnique</b>	
I.1. Introduction .....	2
I.2. Localisation de la zone d'étude et accès.....	2
I.3. Etude géologique .....	3
I.3.1. Géologie régionale .....	3
I.3.2. Travaux de reconnaissance géologique.....	3
I.3.2.1. Site du barrage .....	3
I.3.2.2. Cuvette du barrage .....	3
I.3.3. Lithologie du site et de la cuvette.....	3
I.3.3.1. Lithologie du site .....	3
I.3.3.1. Lithologie De la cuvette.....	4
I.4. Séismicité.....	5
I.5. Caractéristiques hydrogéologiques.....	5
I.5.1. Analyse des résultats des essais d'eau.....	5
I.5.1.1. Site du barrage .....	5
I.5.1.2. La cuvette.....	6
I.6. Etude géotechnique.....	7
I.6.1. Travaux de reconnaissance géotechnique .....	7
I.6.2. Analyse des résultats des essais géotechniques de laboratoire .....	7
I.6.2.1. Colluvions .....	7
I.6.2.2. Alluvions.....	7
I.6.2.3. Sols de fondation d'ouvrage de la prise d'eau .....	7
I.6.2.4. Argiles marneuses du fond de la fondation de la digue .....	7
I.6.3. Analyse des résultats des essais préssiométriques .....	7
I.6.4. Zones d'emprunt .....	8

I.6.5. Caractéristiques des matériaux d'emprunt .....	9
I.6.5.1. Zone n°1 .....	9
I.6.5.2. Zone n°2 .....	9
I.6.5.3. Zone n°3 .....	9
I.6.5.4. Zone n°4 .....	9
I.6.5.5. Zone n°5 .....	9
I.6.6. Estimation des volumes des matériaux disponibles .....	9
I.7. Conclusion .....	10

## Chapitre II : Caractéristiques du bassin versant

II.1. Introduction .....	11
II.2. Caractéristiques morphologiques du bassin versant de l'Oued Mestaoua .....	11
II.2.1. Paramètres géométriques .....	11
II.2.2. Paramètres de forme .....	11
II.2.2.1. Indice de compacité de Gravillius .....	11
II.2.2.2. Rectangle équivalent.....	12
II.2.3. Paramètres du relief .....	12
II.2.3.1. Courbe hypsométrique.....	12
II.2.3.2. Altitudes du bassin versant .....	15
II.2.3.3. Les indices .....	17
II.2.3.4. Dénivelé spécifique .....	18
II.3. Caractéristiques hydrographiques du bassin versant .....	19
II.3.1. Réseau hydrographique.....	19
II.3.2. Temps de concentration .....	21
II.3.3. Vitesse de ruissèlement.....	21
II.3.4. Profil en long du talweg.....	21
II.3.5. Pente moyenne du cours d'eau .....	23
II.4. Caractéristiques climatiques du bassin versant .....	24
II.4.1. Station de référence.....	25
II.4.2. Données climatologique du projet .....	25
II.4.2.1. Température de l'air .....	25
II.4.2.2. Humidité de l'air.....	26
II.4.2.3. L'insolation.....	27
II.4.2.4. Le vent .....	27

II.4.2.5. L'évaporation.....	28
II.4.2.6. La pluviométrie.....	29
II.5. Végétation.....	30
II.6. Conclusion .....	31

### Chapitre III : Etude hydrologique

III.1. Introduction .....	32
III.2. Etude de la pluviométrie .....	32
III.2.1. Pluies maximales journalières .....	32
III.2.1.1. Vérification de l'homogénéité des données .....	32
III.2.1.2. Choix de la loi d'ajustement des données de la série pluviométrique ..	33
III.2.2. Pluie de courte durée .....	36
III.3. Etude des apports .....	38
III.3.1. Apports liquides.....	38
III.3.1.1. Apport moyen interannuel.....	38
III.3.1.2. Répartition mensuelle de l'apport liquide moyen .....	39
III.3.1.3. Caractéristiques de l'écoulement .....	40
III.3.1.4. Etude fréquentielle des apports liquides.....	41
III.3.2. Apports solides .....	42
III.3.2.1. Détermination du volume mort .....	42
III.4. Etude des crues.....	43
III.4.1. Détermination des débits maxima fréquents par les formules empiriques	43
III.4.1.1. Formule de MALLET-GAUTHIER.....	43
III.4.1.2. Formule de TURAZZA .....	43
III.4.1.3. Formule de SOKOLOVSKY .....	44
III.4.1.4. Formule de POSSENTI.....	44
III.4.2. Détermination de l'hydrogramme de crues probables par la méthode de SOKOLOVSKY .....	45
III.4.3. Estimation de la crue de projet .....	47
III.5. Conclusion.....	48

### Chapitre IV : Etude de régularisation et laminage des crues

IV.1. Introduction.....	49
IV.2. Etude de la régularisation.....	49
IV.2.1. Courbes caractéristiques de la retenue .....	49

IV.2.2. Choix du type de la régularisation.....	51
IV.2.3. Régularisation interannuel.....	51
IV.2.3.1. Calcul du volume utile interannuel sans tenir compte des pertes .....	51
IV.2.3.2. Calcul du volume utile interannuel en tenant compte des pertes .....	54
IV.3. Laminage des crues .....	55
IV.3.1. Principe de calcul .....	55
IV.3.2. Laminage de la crue de projet par la méthode de KOTCHERINE .....	56
IV.3.2.1. Estimation du débit de la crue laminée .....	56
IV.3.2.2. Estimation de la charge au dessus du déversoir .....	56
IV.3.3. Laminage pour un déversoir de largeur $b = 40m$ : .....	61
IV.4. Conclusion .....	61

## Chapitre V : Dimensionnement du barrage

V.1. Introduction .....	62
V.2. Le choix du type de barrage .....	62
V.3. Définition du profil général du barrage.....	62
V.3.1. Hauteur du barrage .....	62
V.3.1.1. Calcul de la hauteur de la digue .....	62
V.3.1.2. Calcul de la revanche .....	63
V.3.2. La largeur en crête .....	65
V.3.3. La longueur en crête .....	66
V.3.4. Pente des talus.....	67
V.3.5. La base de la digue .....	67
V.3.6. Les bermes .....	67
V.4.7. Dimensionnement du noyau .....	68
V.5. Conclusion.....	69
CONCLUSION GENERALE .....	70

*Référence bibliographiques*

*Annexes*

## Liste des figures

Figure (I.1) : Zone d'implantation du barrage Mestaoua (wilaya de Biskra) .....	2
Figure (II.1) : Répartition des surfaces en fonction des altitudes.....	14
Figure (II.2) : Courbe hypsométrique .....	15
Figure (II.3) : Le réseau hydrographique .....	20
Figure (II.4) : Profil en long du talweg principal .....	21
Figure (II.5) : Cours d'eau principal .....	22
Figure (II.6): Distribution mensuelle des températures moyennes, minimales et maximales .	26
Figure (II.7): Distribution mensuelle de l'humidité moyenne à Biskra .....	26
Figure (II.8): Distribution mensuelle de l'insolation à Biskra .....	27
Figure (II.9): Distribution mensuelle des vents à Biskra .....	28
Figure (II.10): Distribution mensuelle de l'évaporation à Foug El Gherza .....	28
Figure (II.11): Répartition mensuelle de la précipitation.....	30
Figure (III.1) : Ajustement à la loi Normale de la série de la pluie maximale journalière .....	34
Figure (III.2) : Ajustement à la loi de Gumbel de la série de la pluie maximale journalière...	36
Figure (III.3) : Pluie de courte durée.....	37
Figure (III.4): Intensité de pluie .....	38
Figure (III.5) : Répartition mensuelle de l'apport liquide moyen .....	40
Figure (III.6) : Hydrogramme de crues probables.....	47
Figure (III.7) : Hydrogramme de la crue de projet.....	48
Figure (IV.1) : La courbe capacité-hauteur .....	50
Figure (IV.2) : La courbe surface-hauteur .....	51
Figure (IV.3): Laminage de la crue de projet pour différentes largeur du déversoir .....	59
Figure (IV.4) : Courbes $V=F(Q,q)$ avec différentes largeur du déversoir.....	59
Figure (IV.5) : Courbe des débits déversant avec $b=40$ .....	60
Figure (IV.6) : Laminage des crues par la méthode de HILDENBLAT .....	61
Figure (V.1) : Profile général de la digue.....	70

## Liste des tableaux

Tableau (I.1) : Résultats des sondages carottés au niveau du site du barrage.....	4
Tableau (I.2): Résultats des sondages carottés au niveau de la cuvette du barrage .....	5
Tableau (I.3) : Résultats des coefficients de perméabilité .....	6
Tableau (I.4) : résultats des essais pressiométriques.....	8
Tableau (I.5) : Localisation les zones d'emprunts .....	8
Tableau (II.1) : Répartition des surfaces en fonction des altitudes .....	13
Tableau (II.2) : Détermination de l'altitude moyenne.....	16
Tableau (II.3) : Classification du relief .....	17
<i>Tableau (II.4) : Détermination de l'indice de pente de roche.....</i>	<i>17</i>
Tableau (II.5) : Classification O.R.S.T.O.M (type de relief) .....	19
Tableau (II.6) : Evaluation de la pente moyenne du bassin versant.....	23
Tableau (II.7) : Récapitulatifs des caractéristiques morphologiques du bassin versant.....	24
Tableau (II.8) : Caractéristiques de la station de référence de la wilaya de Biskra .....	25
Tableau (II.9) : Répartition mensuelle des températures moyennes .....	25
Tableau (II.10) : Répartition des Températures maximales et minimales .....	25
Tableau (II.11) : Humidités moyennes mensuelle à Biskra .....	26
Tableau (II.12): Insolation mensuelles.....	27
Tableau (II.13) : Vitesse moyennes mensuelles.....	27
Tableau (II.14) : Répartition mensuelle de l'évaporation du plan d'eau à Fom El Gherza ...	28
Tableau (II.15) : Stations situées à proximité de la zone d'étude .....	29
Tableau (II.16) : Observations faites à la station de T'Kout.....	29
Tableau (II.17): Distribution des pluies moyennes mensuelles .....	29
Tableau (III.1): Paramètres du test de WILCOXON .....	32
Tableau (III.2) : Résultats de l'ajustement à la loi Normale .....	33
Tableau (III.3) : Résultats de l'ajustement à la loi de Gumbel .....	35
Tableau (III.4) : Comparaison entre les caractéristiques de la loi GUMBEL et de l'échantillon	35
Tableau (III.5) : Pluie de courte durée (mm) .....	36
Tableau (III.6) : Intensité des pluies $I_t$ (mm/h) .....	37
Tableau (III.7) : Récapitulatif des résultats des formules .....	39
Tableau (III.8): Répartition mensuelle de l'apport liquide moyen.....	39

Tableau (III.9) : Caractéristique de l'écoulement .....	41
Tableau (III.10): Répartition fréquentielle des apports liquides .....	42
Tableau (III.11): Répartition de l'apport moyen annuel estimé à une probabilité de 80% .....	43
Tableau (III.12) : Débits maxima des crues de différentes périodes de retour par la formule de MALLET-GAUTHIER .....	43
Tableau (III.13) : Débits maxima des crues de différentes périodes de retour par la formule de TURAZZA .....	44
Tableau (III.14): Débits maxima des crues de différentes périodes de retour par la formule de SOKOLOVSKY .....	44
Tableau (III.15) : Débits maxima des crues de différentes périodes de retour par la formule de POSSENTI .....	45
Tableau (III.16) : Récapitulatif des résultats des débits max .....	45
Tableau (III.17) : Hydrogramme de crues (cas de la montée) .....	46
Tableau (III.18) : Hydrogramme de crues (cas de la descente) .....	46
Tableau (III.19) : Crue de projet recommandée .....	47
Tableau (IV.1) : Caractéristiques topographiques et volumétriques de la retenue .....	50
Tableau (IV.2) : Répartition mensuelle des besoins en eau .....	51
Tableau (IV.3) : Données de départ pour la méthode de KOTCHERINE .....	58
Tableau (IV.4) : Débits déversant en fonction de H, b et le volume de la crue .....	58
Tableau (IV.5) : Résultat du laminage par la méthode de KOTCHERINE b=40 m .....	60
Tableau (V.1) : Valeur de Kt en fonction du type de surface des talus .....	64
Tableau (V.2) : Récapitulatif des résultats de calcul de la revanche .....	65
Tableau(V.3) : Récapitulatif des résultats du calcul de la largeur en crête .....	66
Tableau (V.4) : Valeurs indicatives des types des pentes des talus .....	67

## LISTE DES SYMBOLES

### Lettres latines

Amoy :	Apport moyen interannuel (hm <sup>3</sup> )
B :	Base de la digue (m)
b <sub>cr</sub> :	Largeur en crête (m)
b :	Exposant climatique
C :	Coefficient de ruissellement en fonction de la probabilité donnée
CB <sub>am</sub> :	Cote de la berme amont (m)
CB <sub>av</sub> :	Cote de la berme aval (m)
Ce :	Coefficient de l'écoulement
Cf :	Cote du fond
Cr :	Coefficient de ruissellement de la crue pour une période donnée
C <sub>s</sub> :	Coefficient d'asymétrie
Cv :	Coefficient de variation
Cv :	Coefficient de variation des pluies
D :	Déficit de l'écoulement (mm)
Ds :	Dénivelé spécifique (m)
E <sub>v</sub> :	Lame d'eau évaporée (m)
E :	Module pressiométrique (bar)
E <sub>vp</sub> :	Evaporation du plan d'eau (mm)
F :	Coefficient de forme de la crue
F <sub>t</sub> :	Fetch (m)
F <sub>p(20%)</sub> :	Fréquence de Foster –Rebkine a 20 %
g :	Accélération de pesanteur (m <sup>2</sup> /s)
H :	Profondeur (m)
H <sub>0</sub> :	Charge sur le déversoir.
H <sub>p</sub> :	Perte d'eau initiale (mm)
H <sub>b</sub> :	Hauteur de la digue (m)
H <sub>d</sub> :	Charge sur l'évacuateur de la retenue (m)
H <sub>DV</sub> :	Hauteur de déferlement des vagues sur le talus (m)
H <sub>f</sub> :	Profondeur de fondation
H <sub>max</sub> :	Altitude max des courbes de niveaux (m)
H <sub>méd</sub> :	Altitude médiane des courbes de niveaux (m)
H <sub>min</sub> :	Altitude min des courbes de niveaux (m)
H <sub>moy</sub> :	Altitude moyenne des courbes de niveaux (m)
HNR :	Niveau normal de la retenue (m)
H <sub>s</sub> :	Hauteur de sécurité (m)
H <sub>v</sub> :	Hauteur des vagues (m)
Ic :	Pente moyenne du cours d'eau principal (%)
Ig :	Indice de pente global (%)
Im :	Indice de pente moyenne (%)
t :	Intensité des pluies (mm/h)

$I_{tc}$ :	Intensité des pluies pour une fréquence donnée (mm/h)
$K_b$ :	Constante dépendant des caractéristiques du bassin
$K$ :	Perméabilité (m/s)
$K_G$ :	Indice de compacité de Gravillius
$K_t$ :	Coefficient qui dépend de type de surface des talus
$L$ :	Longueur du talweg (km)
$L_c$ :	Longueur en crête (m)
$L_e$ :	Lame d'eau écoulée (mm)
$L_n$ :	Base du noyau (m)
$L_n$ :	Largeur du noyau en crête (m)
$L_r$ :	Longueur du rectangle équivalent (km)
$l_r$ :	Largeur du rectangle équivalent (km)
$m$ :	Coefficient de débit
$M_0$ :	Module de l'écoulement relatif (l/s)
$M_e$ :	Module de l'écoulement (l/s)
$m_e$ :	Volume relatif de l'écoulement pendant l'étiage au cours de l'année ( $Mm^3$ )
$N$ :	Taille de la série des apports annuels de l'échantillon
$n_{10\%}$ :	Nombre d'année de sécheresse successive maximal à 10 %
$NNR$ :	Cote au niveau normal de la retenue (m)
$NVM$ :	Cote au niveau du volume mort (m)
$P$ :	Périmètre du bassin versant (km)
$P_0$ :	Pression total sur le manomètre ( $g/cm^2$ )
$P_F$ :	pression de fluage (bar)
$P_j$ :	Pluie max journalier (mm)
$P_j$ :	Pluie maximale journalière pour la même fréquence (mm)
$P_L$ :	Pression limite (bar)
$P_{moy}$ :	Pluie moyenne annuelle (mm)
$P_t$ :	Pluie d'une durée (t) pour une fréquence voulue (mm)
$P_{tc}$ :	Précipitation de probabilité P% correspondant à un temps $T_c$ (mm)
$q$ :	Débit laminé $m^3/s$
$Q$ :	Débit ( $cm^3/s$ )
$q(t)$ :	Débit déversé par l'évacuateur de crue ( $m^3/s$ )
$Q_c(t)$ :	Débit de crue entrant à l'instant t ( $m^3/s$ )
$Q_d$ :	Débit instantané de la décrue ( $m^3/s$ )
$Q_{max\%}$ :	Débit maximum pour une fréquence donnée ( $m^3/s$ )
$Q_s$ :	Débit solide (t/an)
$q$ :	Fréquence
$R$ :	Revanche (m)
$S$ :	Surface de plan d'eau de la cuvette à l'instant t
$S$ :	Superficie du bassin versant ( $km^2$ )
$S_i$ :	Surface du plan d'eau correspondant à la courbe de niveau $H_i$ ( $m^2$ )
$S_{i+1}$ :	Surface du plan d'eau correspond à la courbe de niveau $H_{i+1}$ ( $m^2$ )
$\bar{s}$ :	Surface moyenne qui correspond à $\bar{V}$ ( $m^2$ )

t :	Durée de la pluie (heures)
$T_r$ :	Période de retour (année)
T :	Température (°c)
$T_a$ :	Coefficient de tassement des barrages (m)
$T_c$ :	Temps de concentration (heures)
$T_d$ :	Temps de la décrue (heures)
$T_m$ :	Temps de monté (heures)
U :	Valeur de la variable centrée réduite de gauss
$U_{P\%}$ :	Demande en eau à satisfaire pour une garantie de P% ( $hm^3$ )
$\mu$ :	Coefficient d'ajustement
V :	Vitesse des vagues (m/s)
$V_{an}$ :	Volume annuel saisonnier ( $Mm^3$ )
$V_C$ :	Volume de la crue correspondant au Q ( $m^3$ )
$V_e$ :	Volume évaporé ( $hm^3$ )
$V_F$ :	Volume de charge sur le déversoir déduit par la courbe capacité hauteur ( $m^3$ )
$V_{inf}$ :	Volume infiltré
$V_m$ :	Volume mort
VNNR :	Volume normal de la retenue ( $m^3$ )
$V_r$ :	Vitesse de ruissellement (km/h)
$V_{u\ int}$ :	Volume utile interannuel ( $Mm^3$ )
	$V_u$ : Volume utile ( $Mm^3$ )
$\Delta V_i$ :	Volume élémentaire compris entre deux courbes de niveau successives ( $m^3$ )
$\bar{V}$ :	Volume moyenne ( $Mm^3$ )
$W_0$ :	Apport moyen interannuel ( $Mm^3$ )
XT :	Pluie journalière de chaque période de retour (mm)

### Lettres grecques

$\alpha$ :	Coefficient de régularisation
$\beta_{plur}$ :	Composante pluriannuelle du volume utile
$\beta_s$ :	Composante saisonnière du volume utile
$\Delta$ :	Dénivelé équivalent (m)
$\Delta h_i$ :	Différence d'altitude entre les deux courbes de niveau successives (m)
$\delta_s$ :	Poids spécifique de la vase humide ( $t/m^3$ )

## **INTRODUCTION GENERALE**

Pour le développement intégré de toute région où la pluviométrie est moyenne à faible, la mobilisation des ressources en eau superficielles et leurs utilisations à des fins d'irrigation, d'écrêter les crues qui menacent les terres agricoles, alimenter les nappes alluvionnaires et de sauvegarder les habitats situés en aval, devient un impératif.

Dans cette optique, la wilaya de BISKRA a bénéficié d'un important projet de réalisation d'un aménagement hydraulique, c'est celui d'un barrage sur l'Oued Mestaoua, qui est destiné à l'irrigation de cette région. L'Oued Mestaoua draine un bassin versant considérable, il est sujet à des crues violentes qui se perdent inutilement dans le désert. La commune de M'ziraa, située à 100 km à l'est de Biskra dans la daïra de Zeribet El Oued, est un pôle de production agricole d'envergure nationale, avec ses 2.000 ha de cultures céréalières et maraîchères de saison et ses 20.000 serres. Ses terres fertiles ont d'excellents taux de rendement, les agriculteurs de Meziraâ font face, ces derniers temps, à une nouvelle menace autrement plus préoccupante ; une dramatique baisse du niveau des eaux de quelques 700 forages actifs qu'ils exploitent. Le mode d'exploitation des ressources hydriques est de plus en plus compliqué car les nappes souterraines en exploitation actuellement baissent, atteignant souvent la profondeur de 250 mètres, alors que des centaines de millions de m<sup>3</sup> d'eau de crues traversent l'Oued Mestaoua, allé mourir dans un chott ou se perdre inutilement dans les immensités désertiques improductives.

Vu toutes ces considérations, il importe de dicter une méthodologie efficace pour la réalisation d'un barrage.

Le présent travail a pour but l'étude de faisabilité du barrage Mestaoua. Il comprendra cinq chapitres.

Le premier chapitre sera consacré pour l'analyse des conditions géologiques et géotechniques du site et des zones d'emprunts.

Dans le deuxième chapitre, on va définir les caractéristiques géomorphologiques, hydrographiques et climatiques du bassin versant.

Ensuite, dans le troisième chapitre on traitera en détail les données pluviométriques en vue du calcul de l'hydrogramme de crue, de l'estimation et le choix de la crue de projet et du transport solide.

Le quatrième chapitre va contenir l'étude de la régularisation des apports en fonction de la destination de l'aménagement hydraulique et l'étude de laminage des crues afin de déterminer le débit laminé, la hauteur des plus hautes eaux et la largeur du déversoir.

Le profil général du barrage de Mestaoua fera l'objet du cinquième chapitre.

Enfin, on terminera par une conclusion générale. .

## I.1. Introduction

L'étude géologique et géotechnique est basée sur les travaux de reconnaissances au niveau du site, les matériaux d'emprunt nécessaires pour la construction de la digue, ainsi que les essais géotechniques de laboratoire qui ont pour objet de répondre aux questions concernant [1,2]:

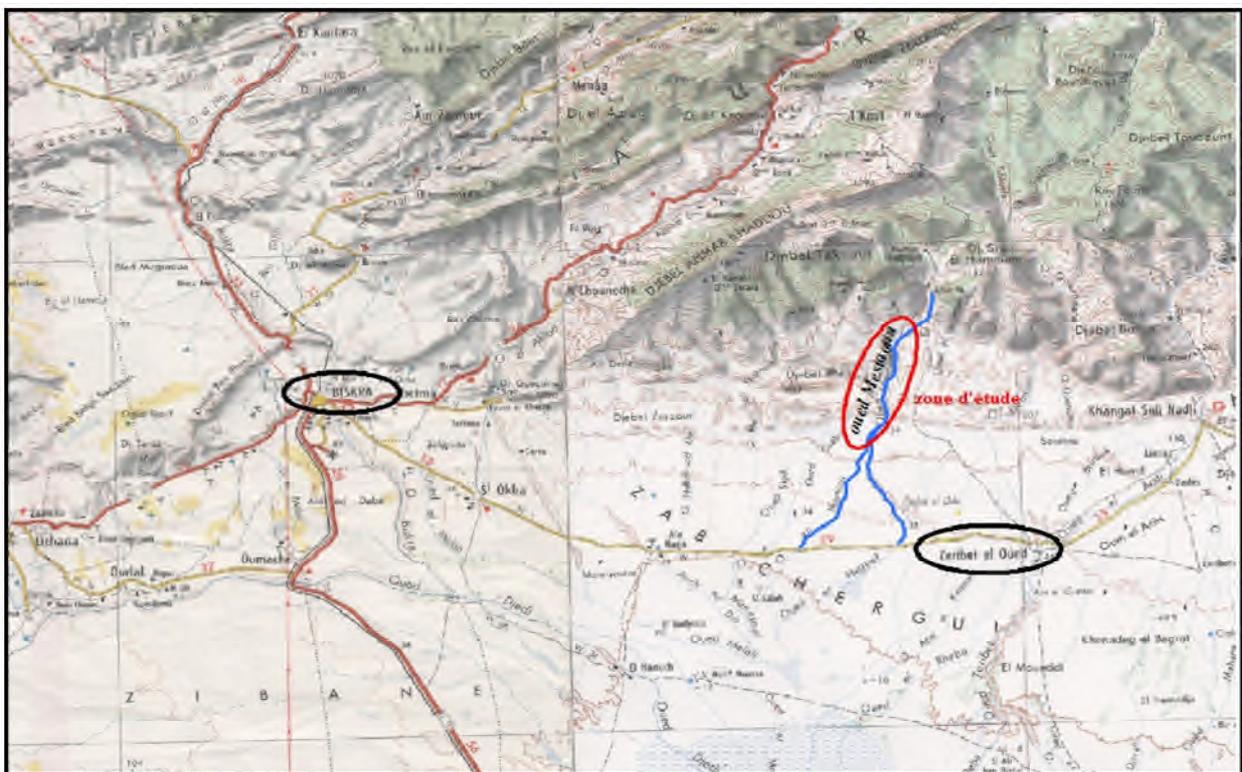
- ✓ La stabilité mécanique et l'étanchéité des appuis et des fondations des ouvrages ;
- ✓ L'étanchéité de la cuvette de la retenue et la stabilité de ses versants ;
- ✓ La localisation des zones instables et les zones de fuites d'eau potentielles lors de la mise à eau de la retenue ;
- ✓ L'existence et les caractéristiques géotechniques des matériaux nécessaires au choix et à la construction du type du barrage le mieux adapté au site ;
- ✓ Pérennité de la retenue.

## I.2. Localisation de la zone d'étude et accès

Le site du barrage est situé sur l'Oued Mestaoua (dit Kherboucha) Wilaya de Biskra. L'accès à la zone d'implantation du site étudié se fait par la route nationale reliant Biskra et Zeribet El Oued, en se dirigeant vers Zeribet El Oued sur 60 Km, puis en empruntant au nord la route nationale en construction passant par le village Beghila sur 16 Km. La zone d'étude est représentée dans la figure (I.1) par un fragment d'une carte d'état major à l'échelle 1/500000 [3].

Les coordonnées du site du barrage selon une carte de 1/50000 sont :

- X= 834.4 km
- Y=176.5 km
- Z=179.1 m.NGA



**Figure (I.1) : Zone d'implantation du barrage Mestaoua (wilaya de Biskra)**

### **I.3. Etude géologique**

L'étude géologique s'effectue à différentes échelles et précisions en fonction des problèmes qu'elle a à résoudre [4].

#### **I.3.1. Géologie régionale**

La région où se situe le barrage sur l'Oued Mestaoua, fait partie de la bordure méridionale de l'Atlas saharien dans la chaîne des Aurès, caractérisée par des plis de style coffré de forte amplitude. Cette région est limitée au sud des collines pliocènes (constituées de poudingues) par la flexure de Khanguet Sidi Nadji, accident faisant partie de la flexure saharienne. L'ensemble des formations du bassin versant constituées par les dépôts crétacés et éocènes présentent des dépôts de marnes et calcaires (marnes en grande partie) présentant des pentes fortes. Au sud du bassin, les dépôts continentaux du Miocène (argiles, gris et marnes) couvrent en partie ceux de l'éocène et du crétacé, (annexe A).

#### **I.3.2. Travaux de reconnaissance géologique**

##### ***I.3.2.1. Site du barrage***

Au niveau du site du barrage, ont été réalisés 06 sondages carottés, afin d'établir des coupes géologiques et prélever des échantillons pour les soumettre aux essais de laboratoire, et qui sont répartis comme suit :

- ✓ 04 sondages carottés au niveau de l'axe du barrage de profondeurs successives : SC1: 15 m, SC4 : 15 m, SC2 : 20 m et SC3: 20 m;
- ✓ 01 sondage (SC5) au niveau de l'emplacement de la prise d'eau avec 15 m de profondeur.
- ✓ 01 sondage (SC6) de 10 m de profondeur au niveau du bassin d'amortissement.

##### ***I.3.2.2. Cuvette du barrage***

Au niveau de la cuvette du barrage ont été réalisés (04) sondages carottés de 30 m de profondeur, SC7, SC8, SC9 et SC10 avec prélèvement de 16 échantillons de sols pour l'analyse chimique. L'emplacement des points de sondages carottés au niveau du site et de la cuvette sont donnés dans l'annexe A.

#### **I.3.3. Lithologie du site et de la cuvette**

Elle est basée sur l'examen des formations géologiques affleurant au niveau du site et de la cuvette du barrage et les résultats des travaux de reconnaissance (annexe A), [5].

##### ***I.3.3.1. Lithologie du site***

Selon les résultats des travaux de sondages carottés réalisés au niveau du site du barrage, ainsi que l'examen des affleurements des terrains, l'ensemble des terrains de fondations de la digue et ses ouvrages annexes sont regroupés dans le tableau (I.1).

**Tableau (I.1) : Résultats des sondages carottés au niveau du site du barrage**

SC N°	Profondeur (m)	LITHOLOGIE
01	0 --- 8.00	Argile limoneuse, marneuse, rougeâtre à rosâtre, légèrement graveleuse
	8.00 --- 15.00	Blocs, cailloux et graviers
02	0.00 --- 4.00	Argile limoneuse, marneuse, rougeâtre
	4.00 --- 6.10	Blocs, cailloux et graviers
	6.10 --- 20.00	Argile limoneuse, marneuse, rougeâtre à rosâtre, gypseuse
03	0.00 --- 3.00	Blocs, cailloux et graviers
	3.00 --- 20.00	Argile limoneuse, marneuse, rosâtre à rougeâtre Présence de lamelles de gypses
04	0.00 --- 3.00	cailloux et graviers
	3.00 --- 15.00	Argile limoneuse, marneuse, rosâtre à rougeâtre, gypseuse.
05	0.00 --- 4.50	Argile limoneuse, marneuse, rougeâtre
	4.50 --- 5.10	Blocs, cailloux et graviers
	5.10 --- 15.00	Argile limoneuse, marneuse, rougeâtre, gypseuse
06	0.00 --- 4.20	Argile limoneuse, marneuse, rougeâtre
	4.20 --- 7.60	Blocs, cailloux et graviers
	7.60 --- 10.00	Argile marneuse, limoneuse, rougeâtre

Le site du barrage est constitué essentiellement d'une importante couche d'argile limoneuse, marneuse, rougeâtre à rosâtre en profondeur, surmontée de blocs, cailloux et graviers.

### ***I.3.3.2. Lithologie de la cuvette***

Les terrains constituant la cuvette sont regroupés dans le tableau (I.2).

**Tableau (I.2): Résultats des sondages carottés au niveau de la cuvette du barrage**

SC N°	Profondeur (m)	LITHOLOGIE
07	0 --- 4.10	Blocs, Cailloux et graviers
	4.10 --- 30.00	Argile limoneuse, marneuse, rosâtre, avec la présence des gypses entre 13,80 m et 13,95 m
08	0.00 --- 5.30	Blocs, Cailloux et graviers
	5.30 --- 30.00	Argile limoneuse, marneuse, rosâtre à rougeâtre
09	0.00 --- 5.80	Argile limoneuse, marneuse, rosâtre à rougeâtre avec des passages de Blocs, Cailloux et graviers de 1,6m à 3,60m et de 5,00m à 5,10m
	5.80 --- 10.00	Blocs, Cailloux et graviers.
	10.00 --- 30.00	Argile limoneuse, marneuse, rosâtre à rougeâtre avec la présence des gypses entre 12,40m et 12,60m
10	0.00 --- 5.50	Blocs, Cailloux et graviers
	5.50 --- 30.00	Argile limoneuse, marneuse, rosâtre à rougeâtre

## I.4. Séismicité

Une grande partie du Nord de l'Algérie est susceptible d'être soumise à d'importantes secousses telluriques. L'intensité de ces secousses telluriques ou tremblements de terre est suffisante pour causer d'importants dégâts ou ruines des constructions, à moins que celles-ci soient conçues de manière adéquate pour pouvoir résister à ces effets. Selon les règles parasismiques algériennes de 2003, la région du site étudié appartient à la zone I (zone de faible sismicité) [4].

## I.5. Caractéristiques hydrogéologiques

### I.5.1. Analyse des résultats des essais d'eau

#### I.5.1.1. Site du barrage

Il présente au niveau du lit mineur de l'oued un terrain de couverture, très perméable, car il est constitué par des alluvions à éléments grossiers (blocs, cailloux et graviers). La rive droite et la rive gauche présentent un terrain perméable qui permette des infiltrations d'eau lors de la mise à eau de la retenue. Au niveau des trous de sondages carottés : SC2 et SC3, afin de déterminer le coefficient de perméabilité horizontale, ont été réalisés des essais d'eau in-situ à l'aide du pressio-perméamètre à différentes profondeurs. Les valeurs obtenues de la perméabilité au niveau du SC 2 varient entre :  $0.28 \times 10^{-6}$  m/s et  $0.71 \times 10^{-6}$  m/s, avec une moyenne de l'ordre de  $0.40 \times 10^{-6}$  m/s. Par contre au niveau du SC3 la perméabilité varie entre  $0.3 \times 10^{-6}$  m/s et  $1.43 \times 10^{-6}$  m/s, avec une moyenne de  $0.5 \times 10^{-6}$  m/s. Les résultats des coefficients de perméabilité sont indiqués dans le tableau (I.3) [4].

**Tableau (I.3) : Résultats des coefficients de perméabilité**

Sondage	Profondeur (m)	P <sub>0</sub> (g/cm <sup>2</sup> )	Débit (cm <sup>3</sup> /s)	Perméabilité	Perméabilité
				K×10 <sup>-6</sup> m/s	Corrigé K×10 <sup>-6</sup> m/s
SC2	7	200	3	2,30	
		400	446	1,70	
		600	6,06	1,54	
		1000	720	1,09	
		200	2,53	1,89	
SC2	10	400	4,26	1,59	
		600	5,73	1,43	
		1000	7,60	1,14	
		200	2,53	1,11	0,37
SC2	13	400	3,40	1,34	0,44
		600	4,46	1,15	0,38
		1000	7,66	1,17	0,39
		200	2,70	2,13	0,71
		400	3,00	1,15	0,38
SC2	16	600	3,40	0,86	0,28
		800	4,53	0,86	0,28
		1000	8,33	1,26	0,42
		200	1,30	1,08	0,36
SC 3	19	400	2,46	1,32	0,44

**Tableau (I.3) : Résultats des coefficients de perméabilité (suite)**

Sondage	Profondeur (m)	P <sub>0</sub> (g/cm <sup>2</sup> )	Débit (cm <sup>3</sup> /s)	Perméabilité K×10 <sup>-6</sup> m/s	Perméabilité Corrigé K×10 <sup>-6</sup> m/s
SC2	19	600	5,26	1,36	0,45
		1000	7,90	1,21	0,40
		1200	9,00	1,14	0,38
SC3	4	200	3,96	4,30	1,43
		400	5,73	2,43	0,81
		800	5,97	1,14	0,38
		1000	6,46	1,02	0,34
SC3	7	200	3,22	2,84	0,94
		400	4,066	1,64	0,54
		600	5,73	1,50	0,5
		1000	6,66	1,03	0,34
SC3	10	200	2,53	1,89	0,63
		400	4,83	1,81	0,60
		600	5,86	1,46	0,48
		1000	6,66	0,99	0,33
SC3	13	200	2,60	2,05	0,68
		400	4,266	1,64	0,54
		600	4,666	1,18	0,39
		1000	6,46	0,97	0,32
SC3	16	200	2,00	1,37	0,45
		400	3,23	1,15	0,38
		600	4,166	1,01	0,33
		800	5,00	0,91	0,30
		1000	7,31	1,07	0,35
		1200	8,66	1,06	0,35
SC3	19	200	1,73	1,29	0,43
		400	4,00	1,50	0,5
		600	4,73	1,18	0,39
		1000	7,93	1,19	0,39

**I.5.1.2. La cuvette**

Selon la lithologie des terrains existants au niveau de la cuvette du barrage, les terrains de couverture sont peu perméables pour les colluvions, perméables pour les alluvions. La majorité absolue des terrains de fond est occupée par des formations à teneur argileuse qui leur assurent pour la cuvette une étanchéité appréciable.

## **I.6. Etude géotechnique**

### **I.6.1. Travaux de reconnaissance géotechnique**

Pour les caractéristiques géotechniques des sols de la fondation de la digue et des ouvrages annexes, les échantillons paraffinés prélevés des sondages carottés ont été soumis aux essais physiques, mécaniques et chimiques [4].

### **I.6.2. Analyse des résultats des essais géotechniques de laboratoire**

Les résultats des essais géotechniques réalisés sur les sols de la fondation de la digue et des ouvrages annexes sont donnés ci-dessous :

#### ***I.6.2.1. Colluvions***

Selon les résultats obtenus pour la couche de colluvions, constituant la couche supérieure au niveau de l'axe de la digue, ces sols sont classés dans la catégorie des sols fins appartenant au groupe CH (Argiles très plastiques), denses, assez fortement compressibles et sur-consolidés. Ils sont agressifs envers le béton à ciment ordinaire.

#### ***I.6.2.2. Alluvions***

Ces sols appartiennent aux graves, classés selon la classification U.S.C.S comme GP (Graves propres mal gradués) par leur nature, ces sols possèdent une bonne résistance au cisaillement, et une compressibilité très faible.

#### ***I.6.2.3. Sols de fondation d'ouvrage de la prise d'eau***

Au niveau de l'ouvrage de la prise d'eau, le sol de couverture présente les mêmes formations qu'au niveau de l'axe de la digue (argiles limoneuses rougeâtres, sols fins très plastiques, assez fortement compressibles, Par leur nature ils sont de faible perméabilité), agressif envers le béton à ciment ordinaire.

#### ***I.6.2.4. Argiles marneuses du fond de la fondation de la digue***

Selon les résultats des essais présentés, le sol du fond de la fondation de la digue appartient aux sols fins, selon la classification U.S.C.S aux groupes CH (argiles plastiques) et CL (argiles peu plastiques) ayant une résistance au cisaillement faible à modérée. Il est en général assez fortement compressible et ayant un coefficient de gonflement faible, ce sol est agressif envers le béton à ciment ordinaire, d'où l'utilisation du ciment HTS pour la confection du béton sera nécessaire.

Par sa nature granulométrique et sa densité importante, ce sol du fond de la fondation de la digue présente une perméabilité faible à très faible.

### **I.6.3. Analyse des résultats des essais préssiométriques**

Au niveau de la prise d'eau, a été réalisé 01 sondage pressiométrique de 15 m de profondeur dont les essais pressiométriques ont été réalisés pour chaque mètre de profondeur, les résultats de ces essais sont récapitulés dans le tableau (I.4), [4].

**Tableau (I.4) : résultats des essais pressiométriques**

Profondeur (m)	SP 01			
	Module Pressiométrique E (bar)	Pression Limite P <sub>L</sub> (bar)	Pression de Fluage P <sub>F</sub> (bar)	E/P <sub>L</sub>
01	29,10	3,20	2,0	9,093
02	5620	11,10	6,01	5,06
03	56,20	11,20	6,01	5,02
04	308,00	23,10	12,0	13,33
05	314,60	29,60	15,0	10,63
06	378,70	47,70	24,0	7,94
07	384,40	48,30	24,0	7,96
08	300,90	22,80	11,0	13,19
09	352,60	48,70	24,0	7,24
10	513,80	49,60	24,0	10,36
11	610,80	50,00	25,0	12,21
12	410,80	49,30	23,0	8,33
13	610,40	50,00	26,0	12,21
14	600,00	50,00	25,0	12,0
15	630,40	50,00	25,1	12,61

Selon les résultats obtenus, les valeurs des modules pressiométriques et des pressions limites indiquent des valeurs assez élevées à partir de la profondeur de 3 m, témoignant d'un sol de fondation médiocre pour un barrage en terre.

#### I.6.4. Zones d'emprunt

Pour les besoins de connaître les zones d'emprunt des matériaux de construction de la digue, ont été prospectées 05 zones à la pelle mécanique, avec prélèvement des échantillons de sols pour subir des essais géotechniques de laboratoire, la localisation des zones d'emprunt est donnée dans le tableau (I.5), [4].

**Tableau (I.5) : Localisation les zones d'emprunts**

N° de la zone	Situation	N° de fouilles	Profondeur de la fouille (m)	N° d'échantillons
Zone n° 1	à 5 km en aval du barrage	07	3.5	06
Zone n° 2	à 400 m en aval de l'axe de la digue	05	02 à 03	03
Zone n° 3	Au niveau de l'oued Mestaoua	04	03	03
Zone n° 4	A 2,2 km en aval du site du barrage	06	03	03
Zone n° 5	à 18 km au nord du site du barrage	07	/	03

## **I.6.5. Caractéristiques des matériaux d'emprunt**

### **I.6.5.1. Zone n°1**

Selon l'analyse granulométrique, ces sols appartiennent au groupe GP (graves propres mal gradués), ils ont par leur nature une bonne résistance au cisaillement et perméables.

### **I.6.5.2. Zone n°2**

Les résultats des essais de laboratoire réalisés pour les échantillons prélevés de cette zone d'emprunt, indiquent un sol fin, de perméabilité très faible lorsqu'il est compacté, assez fortement compressible et d'une faible résistance au cisaillement.

### **I.6.5.3. Zone n°3**

Les résultats des essais de laboratoire pour ces matériaux présentent des graves propres GP, ils ont une bonne résistance au cisaillement et perméable.

### **I.6.5.4. Zone n°4**

Les résultats des essais de laboratoire pour ces matériaux présentent un sol fin (sable fin limono-argileux), moyennement compressible non gonflants. Compactés, ces matériaux auront une faible perméabilité.

### **I.6.5.5. Zone n°5**

Les résultats des essais géotechniques de laboratoire pour les échantillons prélevés de cette zone d'emprunt, indiquent un sol fin à granulométrie étendue, appartenant en majeure partie au groupe CL (argiles de faible plasticité), moyennement à assez fortement compressible, et compacté, ce matériau présente une très faible perméabilité.

## **I.6.6. Estimation des volumes des matériaux disponibles**

Les volumes des matériaux disponibles pour la construction du barrage Mestaoua, sont donnés comme suit [4] :

- **Zone n° 1**

Le volume qu'on peut extraire de la zone prospectée est de 300 000 m<sup>3</sup> pour une surface de 100 000 m<sup>2</sup> et une épaisseur d'exploitation de 3 m.

- **Zone n° 2**

Le volume de remblai qu'on peut extraire au niveau de cette zone d'emprunt est de 106 425 m<sup>3</sup> pour une surface de 42 750 m<sup>2</sup> et une épaisseur d'exploitation de 2.5 m après décapage de la terre végétale (0.3 à 0.6 m).

- **Zone n° 3**

Le volume de matériaux qu'on peut extraire de la zone prospectée est estimé à 308 229 m<sup>3</sup> pour une superficie de 102 743 m<sup>2</sup> et une épaisseur de 3 m.

- **Zone n° 4**

Le volume de matériaux dans la zone prospectée, est estimé à 36 650 m<sup>3</sup> pour une surface de 18 325 m<sup>2</sup> et une épaisseur d'exploitation de 2 m.

- **Zone n° 5**

Le volume de matériaux qu'on peut extraire de cette zone est de 30 000 m<sup>3</sup> pour une superficie de 1.5 ha et une épaisseur moyenne de 2 m.

## **I.7. Conclusion**

Les résultats des travaux de reconnaissances géologiques, géotechniques et essais de laboratoire nous conduisent à formuler les conclusions et recommandation ci-dessous :

- ✓ Le terrain prévu pour la réalisation du barrage Mestaoua, est constitué essentiellement d'argile limoneuse, marneuse, gypseuse, rougeâtre à rosâtre avec un passage de blocs, cailloux et graviers en surface.
- ✓ La cuvette représente dans son ensemble une étanchéité appréciable, aussi les apports solides de nature marneuse et argileuse empruntés du bassin versant, ainsi que la décantation des matières en suspension dans l'eau favorise l'étanchéité de la cuvette.
- ✓ Selon le type de la fondation (meuble), et la disponibilité des matériaux d'emprunt, on opte pour un barrage en terre hétérogène ou zoné, le matériau perméable constitué de gravier peut être extrait des zones n°1 et n°3 et dans la zone comprise entre la zone n°3 et n°4. Le matériau imperméable constitué de matériaux argileux qui existent dans les zones d'emprunt : n°2, n°3 et n°4.

## II.1. Introduction

Le bassin versant de l'Oued Mestaoua s'étant entièrement sur le territoire de la commune de M'ziraa dont il représente 26,14% de la superficie totale de la commune. C'est un sous bassin du grand bassin Chott Melghir. Le bassin versant peut être caractérisé par sa morphologie (forme du relief, réseau de drainage), la nature du sol et la couverture végétale.

## II.2. Caractéristiques morphologiques du bassin versant de l'Oued Mestaoua

Les caractéristiques physico-géographiques du bassin versant ont été déterminées à la base de deux cartes d'état-major : T'KOUT NI-32 XIX-7 EST et M'CHOUNECHE NI-32-XIII-1 EST, à l'échelle 1/50000 [6].

### II.2.1. Paramètres géométriques

A partir des deux cartes d'état-major et à l'aide du logiciel MapInfo, on a déterminé la surface, le périmètre et la longueur du talweg principal du bassin versant de l'Oued Mestaoua (Annexe A).

- *Superficie :*

$$S = 231,4 \text{ km}^2$$

- *Périmètre :*

$$P = 94,22 \text{ km}$$

- *Longueur du talweg principal :*

$$L = 44,73 \text{ km}$$

### II.2.2. Paramètres de forme

#### II.2.2.1. Indice de compacité de Gravillius

L'indice de compacité, est un coefficient exprimant la forme géométrique du bassin versant, il est donné par la formule suivante:

$$K_G = 0,28 \frac{P}{\sqrt{S}} \quad (\text{II.1})$$

Si :

- $K_G < 1,12$  bassin versant est ramassé
- $K_G = 1,12$  bassin versant carrée
- $K_G > 1,12$  le bassin versant est allongé

Avec :

- $K_G$  : indice de Gravillius
- $S$  : superficie du bassin versant ( $\text{km}^2$ )
- $P$  : périmètre du bassin versant (km)

$$K_G = 1,73$$

Selon la valeur de  $K_G$ , on pourra dire que le bassin versant étudié est de forme allongée.

### II.2.2.2. Rectangle équivalent

C'est une transformation purement géométrique qui consiste à assimiler le bassin versant à un rectangle. Cette notion permet de comparer les deux bassins entre eux du point de vue l'influence de leurs caractéristiques sur l'écoulement.

$$L_r = \frac{K_G \sqrt{S}}{1.12} \left( 1 + \sqrt{1 - \left( \frac{1.12}{K_G} \right)^2} \right) \quad (\text{II.3})$$

$$l_r = \frac{K_G \sqrt{S}}{1.12} \left( 1 - \sqrt{1 - \left( \frac{1.12}{K_G} \right)^2} \right) \quad (\text{II.4})$$

- $L_r$  : longueur du rectangle équivalent en (km)
- $l_r$  : largeur du rectangle équivalent en (km)

Soit :

$$L_r = 41,41 \text{ km}$$

$$l_r = 5,58 \text{ km}$$

### II.2.3. Paramètres du relief

#### II.2.3.1. Courbe hypsométrique

La courbe hypsométrique est tracée selon les résultats des mesures de la répartition du bassin versant par tranche d'altitude, et surfaces partielles, cette courbe fournit une vue synthétique de la pente du bassin, donc du relief. La répartition des surfaces du bassin versant de l'Oued Mestaoua a été déterminée à l'aide du logiciel MapInfo, elle apparaît dans la figure (II.1). Les résultats obtenus sont récapitulés dans le tableau (II.1), et la courbe hypsométrique est donnée par la figure (II.2).

**Tableau (II.1) : Répartition des surfaces en fonction des altitudes**

Altitude (m)	Altitude moyenne Hi (m)	Surfaces partielles Si (km <sup>2</sup> )	Surfaces potentielles (%)	Surfaces cumulées (km <sup>2</sup> )	Surfaces cumulées (%)
1852-1800	1826	0,40	0,17	0,40	0,17
1800-1700	1750	2,06	0,89	2,46	1,06
1700-1600	1650	6,52	2,82	8,98	3,88
1600-1500	1550	11,92	5,15	20,90	9,03
1500-1400	1450	17,11	7,39	38,01	16,43
1400-1300	1350	19,10	8,25	57,11	24,68
1300-1200	1250	18,83	8,14	75,94	32,82
1200-1100	1150	26,30	11,37	102,24	44,18
1100-1000	1050	26,20	11,32	128,44	55,51
1000-900	950	23,43	10,13	151,87	65,63
900-800	850	19,31	8,34	171,18	73,98
800-700	750	10,63	4,59	181,81	78,57
700-600	650	7,55	3,26	189,36	81,83
600-500	550	9,13	3,95	198,49	85,78
500-400	450	14,46	6,25	212,95	92,03
400-300	350	13,30	5,75	226,25	97,77
300-200	250	3,97	1,72	230,22	99,49
200-170	185	1,18	0,51	231,4	100
		$\Sigma = 231,4$			

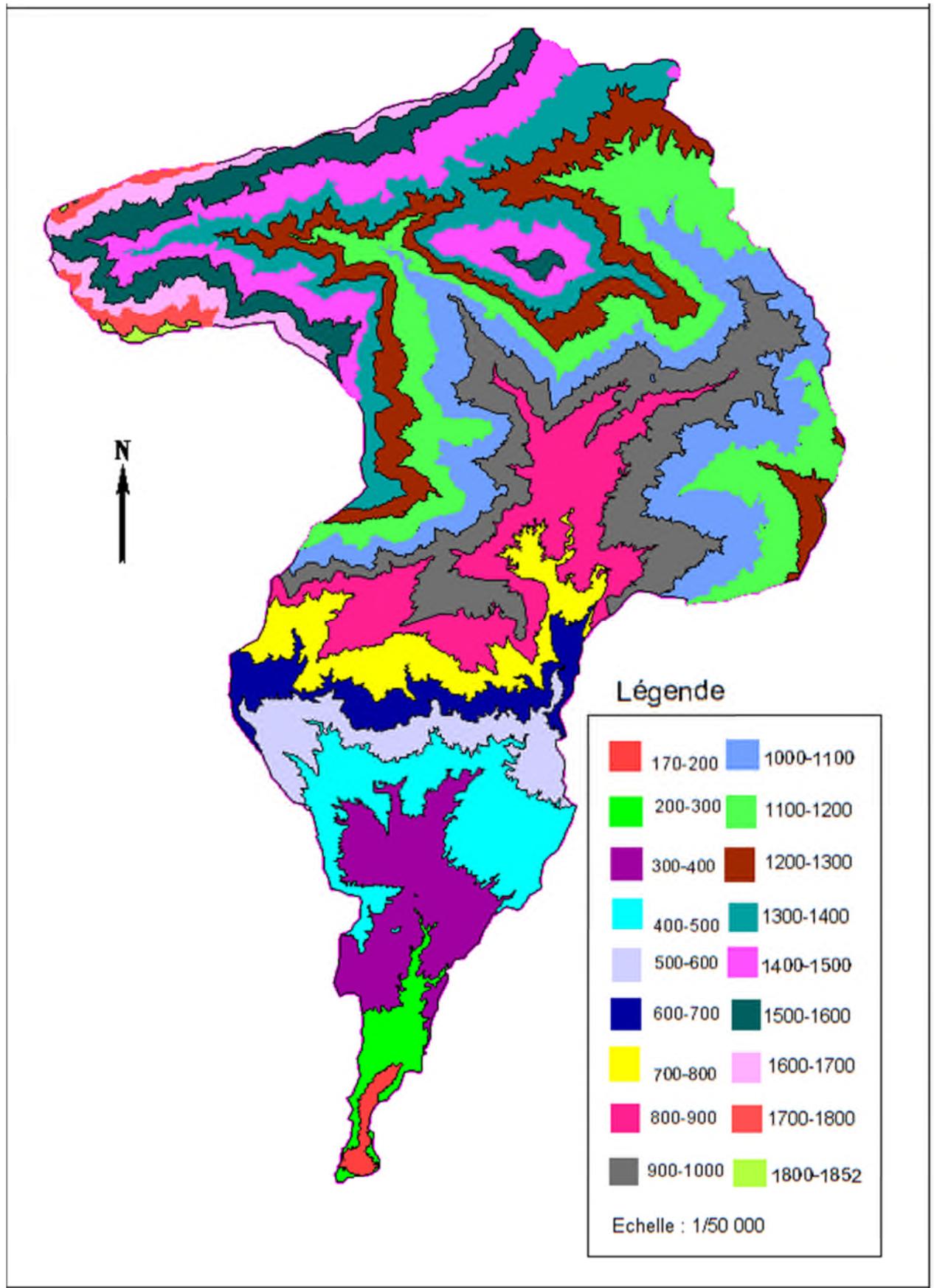
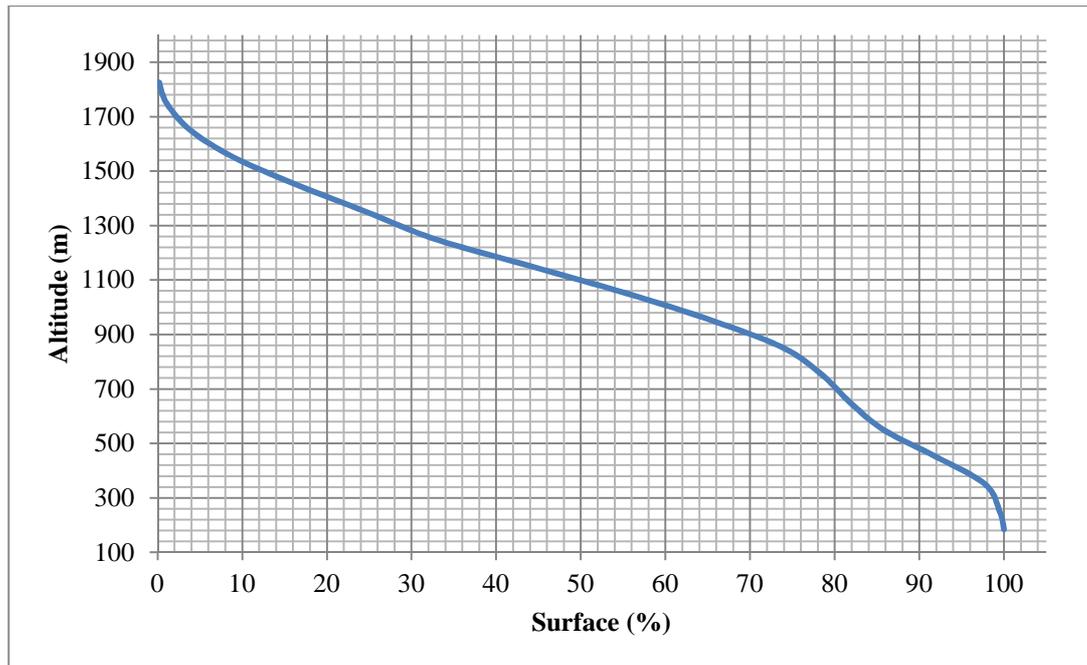


Figure (II.1) : Répartition des surfaces en fonction des altitudes



**Figure (II.2) : Courbe hypsométrique**

### II.2.3.2. Altitudes du bassin versant

#### a) Altitudes minimale et maximale

Elles sont obtenues directement à partir de la carte topographique. L'altitude maximale représente le point le plus élevé dans le bassin versant tandis que l'altitude minimale considère le point le plus bas, généralement à l'exutoire.

Soit :

$$H_{\max} = 1852 \text{ m}$$

$$H_{\min} = 170 \text{ m}$$

#### b) Altitude moyenne

C'est l'ordonnée de la courbe hypsométrique correspondant à la surface 50%. C'est l'altitude médiane, ou bien elle peut être calculée en utilisant la formule suivante :

$$H_{\text{moy}} = \frac{\sum S_i \cdot H_i}{S} \quad (\text{II.5})$$

Avec :

- $H_{\text{moy}}$  : altitude moyenne du bassin versant (m) ;
- $S_i$  : surface comprise entre deux courbes de niveaux ( $\text{km}^2$ ) ;
- $H_i$  : altitude moyenne entre deux courbes de niveaux (m).

Les résultats de calculs sont récapitulés dans le tableau (II.2).

**Tableau (II.2) : Détermination de l'altitude moyenne**

Altitude (m)	Hi (m)	Si (km <sup>2</sup> )	Hi.Si
1852-1800	1826	0,40	730,4
1800-1700	1750	2,06	3605
1700-1600	1650	6,52	10758
1600-1500	1550	11,92	18476
1500-1400	1450	17,11	24809,5
1400-1300	1350	19,10	25785
1300-1200	1250	18,83	23537,5
1200-1100	1150	26,30	30245
1100-1000	1050	26,20	27510
1000-900	950	23,43	22258,5
900-800	850	19,31	16413,5
800-700	750	10,63	7972,5
700-600	650	7,55	4907,5
600-500	550	9,13	5021,5
500-400	450	14,46	6507
400-300	350	13,30	4655
300-200	250	3,97	992,5
200-170	185	1,18	218,3
		$\Sigma = 231,4$	$\Sigma = 234402,7$

Soit :  $H_{\text{moy}} = 1012,98 \text{ m}$

L'altitude médiane correspond à l'altitude lue au point d'abscisse 50% de la surface totale du bassin, à partir de la courbe hypsométrique, elle est :

$$H_{\text{méd}} = 1100 \text{ m}$$

**c) Les altitudes  $H_{95}$  et  $H_5$**

Soit :

$$H_{5\%} = 1622 \text{ m}$$

$$H_{95\%} = 400 \text{ m}$$

$H_{5\%}$  et  $H_{95\%}$  sont les altitudes qui correspondent à  $S_{5\%}$  et  $S_{95\%}$ .

### II.2.3.3. Les indices

Le but des indices est de caractériser les pentes du bassin versant, ils se déterminent à partir de la connaissance de la répartition hypsométrique sur le bassin [6].

#### a) Indice de pente globale

$$I_g = 0,8.I_p^2 \quad (\text{II.6})$$

Avec :

- $I_g$  : indice de pente globale ;
- $I_p$  : Indice de pente de roche  $I_p$ , il est calculé par la formule suivante :

$$I_p = \frac{1}{\sqrt{L_r}} \sum_i^n \sqrt{S_i (H_i - H_{i-1})} \quad (\text{II.7})$$

D'où : **Tableau (II.3) : Détermination de l'indice de pente de roche**

Altitude (m)	$H_i - H_{i-1}$ (m)	$S_i$ (km <sup>2</sup> )	$\sqrt{S_i (H_i - H_{i-1})}$
1852-1800	52	0,40	4,56
1800-1700	100	2,06	14,35
1700-1600	100	6,52	25,53
1600-1500	100	11,92	34,53
1500-1400	100	17,11	41,36
1400-1300	100	19,10	43,70
1300-1200	100	18,83	43,39
1200-1100	100	26,30	51,28
1100-1000	100	26,20	51,19
1000-900	100	23,43	48,40
900-800	100	19,31	43,94
800-700	100	10,63	32,60
700-600	100	7,55	27,48
600-500	100	9,13	30,21
500-400	100	14,46	38,03
400-300	100	13,30	36,49
300-200	100	3,97	19,92
200-170	100	1,18	10,86
		$\Sigma = 231,4$	$\Sigma = 597,83$

$$I_p = 92,90 \text{ km/m}$$

Donc :  $I_p = 6,90$

**Tableau (II.4) : Classification du relief**

R	type de relief	Ig
1	Relief très faible	$I_g < 0,002$
2	Relief faible	$0,002 < I_g < 0,005$
3	Relief assez faible	$0,005 < I_g < 0,01$
4	Relief modéré	$0,01 < I_g < 0,02$
5	Relief assez fort	$0,02 < I_g < 0,05$
6	Relief fort	$0,05 < I_g < 0,1$
7	Relief très fort	$0,1 > I_g$

**Remarque :** L'indice de pente global est assez fort.

**b) Indice de pente moyenne**

$$I_m = \frac{\Delta H}{L_r} \quad (\text{II.8})$$

Avec :

$$\Delta H = H_{\max} - H_{\min} \quad (\text{II.9})$$

-  $\Delta H$  : dénivelée en (m), ( $\Delta H = 1682$  m)

Soit :

$$I_m = 40,62 \text{ m/km} = 4,062 \%$$

**Remarque :** L'indice de pente moyenne est très fort, donc on assistera à un écoulement rapide.

**II.2.3.4. Dénivelé spécifique**

Elle sert à comparer les indices de pentes du bassin de superficie différentes, la deuxième classification de l'O.R.S.T.O.M appliquée à tout bassin, quelle que soit sa surface, apparaît dans le tableau (II.4). Elle est donnée par la formule suivante [7]:

$$D_s = I_g \cdot \sqrt{S} \quad (\text{II.10})$$

-  $D_s$  : dénivelée spécifique (m)

Soit :

$$D_s = 327,21 \text{ m}$$

**Tableau (II.5) : Classification O.R.S.T.O.M (type de relief)**

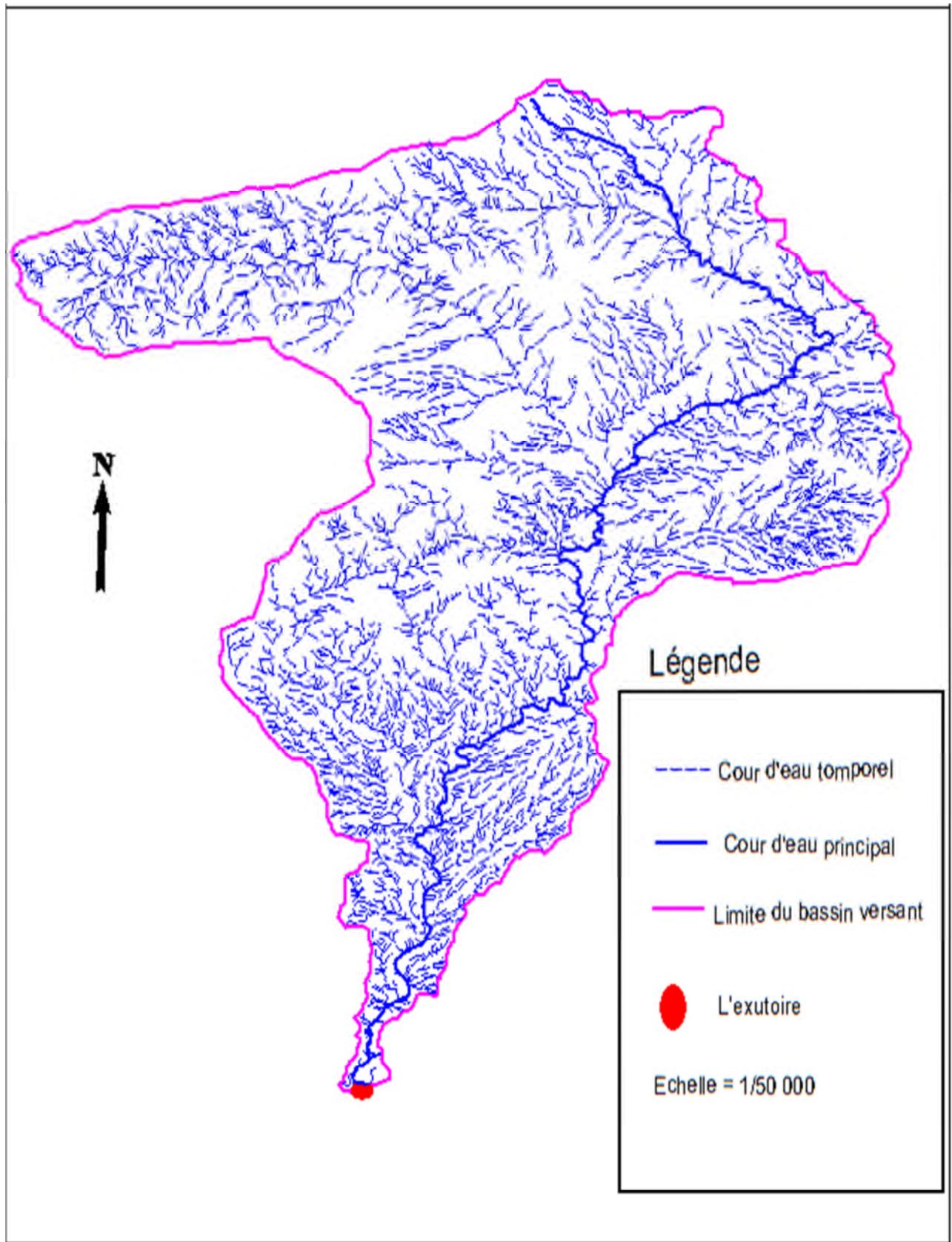
Relief	Type de relief	Ds (m)
1	Très faible	$D_s < 10$
2	Faible	$10 < D_s < 25$
3	Assez faible	$25 < D_s < 50$
4	Modéré	$50 < D_s < 100$
5	Assez modéré	$100 < D_s < 250$
6	Fort	$250 < D_s < 500$
7	Très fort	$D_s > 500$

On déduit d'après le tableau (II.4) que le relief de la zone d'étude est fort.

### **II.3. Caractéristiques hydrographiques du bassin versant**

#### **II.3.1. Réseau hydrographique**

La reproduction de réseau hydrographique bassin versant de l'oued de Mestaoua est faite à l'aide du logiciel MapInfo sur deux cartes d'état-major de la région T'kout et M'chouneche (Echelle 1/50000), il apparaît dans la figure (II.3).



*Figure (II.3) : Le réseau hydrographique*

### II.3.2. Temps de concentration

Le temps de concentration est donné par la formule de Giandotti (1937) [6] :

$$T_c = \frac{4\sqrt{S} + 1,5.L}{0,8\sqrt{H_{\text{moy}} - H_{\text{min}}}} \quad (\text{II.11})$$

Avec :

- $T_c$  : temps de concentration

$$T_c = 5,51 \text{ heures}$$

### II.3.3. Vitesse de ruissellement

C'est l'écoulement par gravité à la surface du sol, suivant la pente du terrain, et dans le micro-réseau hydrographique, des eaux météoriques qui ont échappé à l'infiltration, à l'évaporation et au stockage superficiel [7].

$$V_r = \frac{L}{T_c} \quad (\text{II.12})$$

Donc

$$V_r = 8,12 \text{ km/h}$$

### II.3.4. Profil en long du talweg

Les mesures cartographiques altimétriques ont permis de tracer le profil en long du talweg principal. Le profil apparaît dans les figures (II.4), le cours d'eau principal est donné par la figure (II.5) ; et les résultats de calcul sont regroupés dans le tableau (II.5).

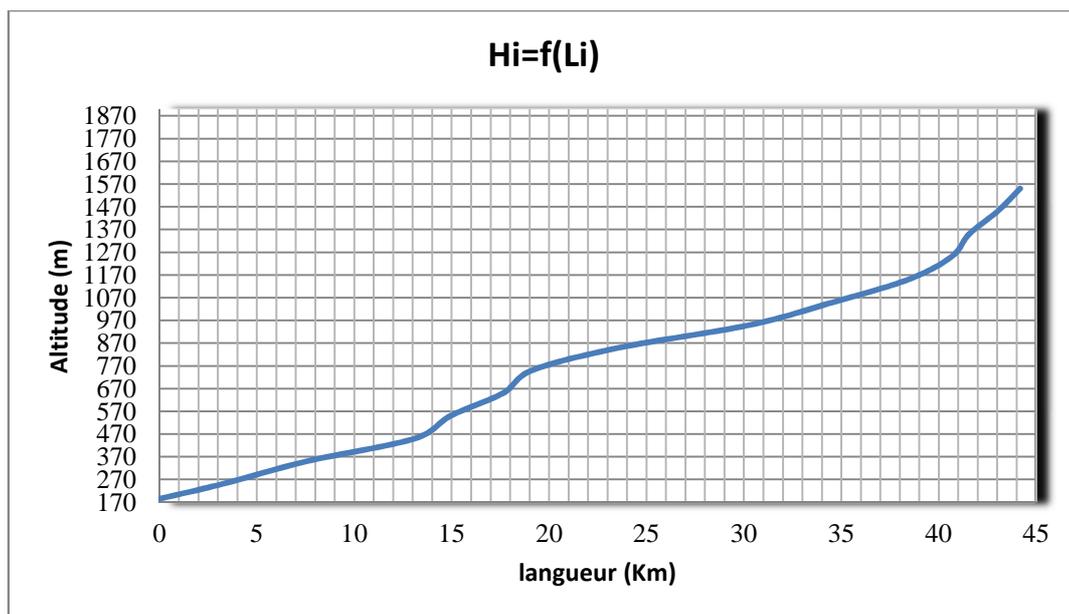


Figure (II.4) : Profil en long du talweg principal

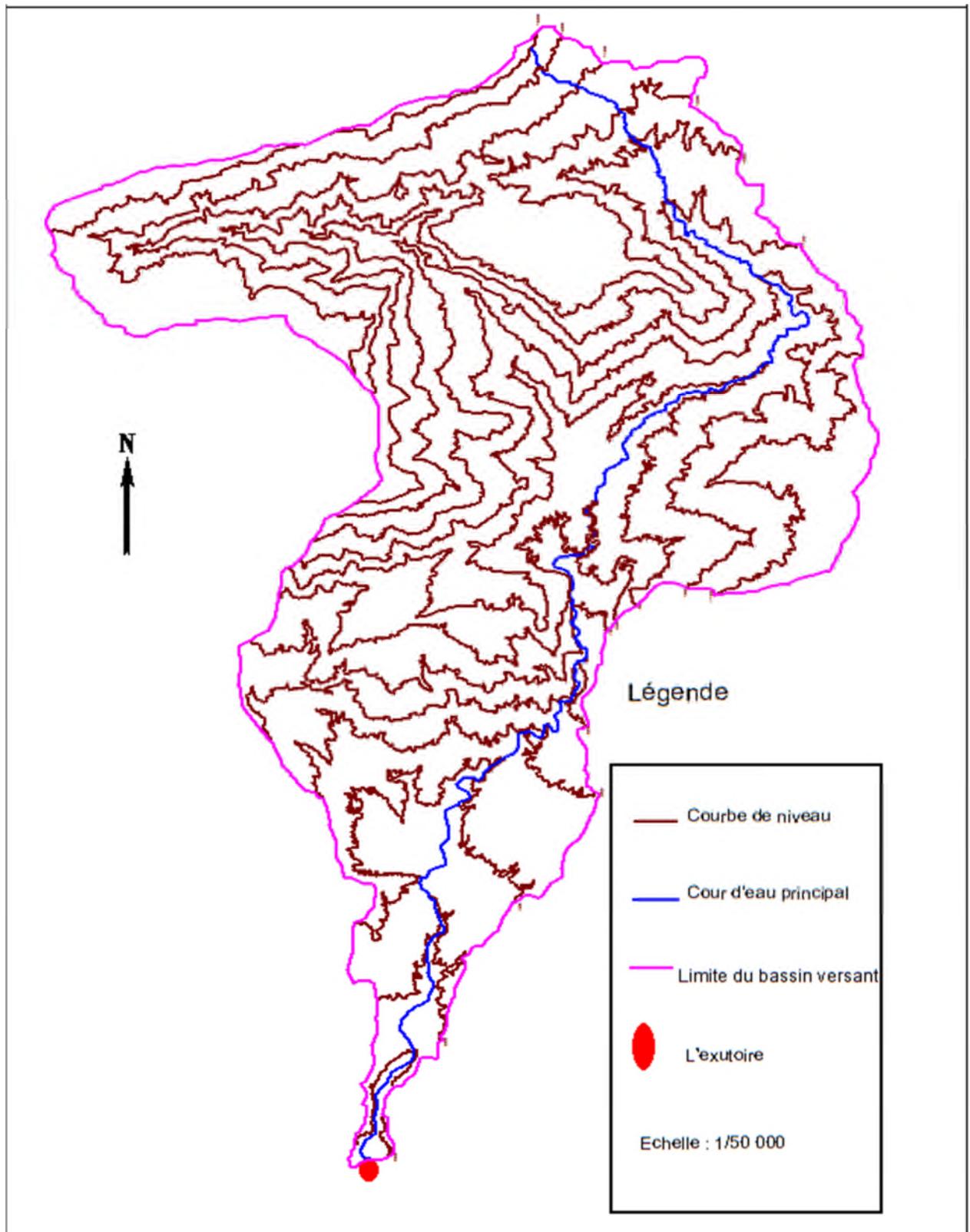


Figure (II.5) : Cours d'eau principal

**Tableau (II.6) : Evaluation de la pente moyenne du bassin versant**

Centre de courbes de niveaux Hi (m)	Delta H(m)	Longueur Li (km)	Longueur cumulée (km)
170	0	0	0
185	30	3,23	3,23
250	100	4,33	7,56
350	100	5,54	13,1
450	100	1,84	14,94
550	100	2,70	17,64
13.1	100	1,47	19,11
750	100	4,48	23,59
850	100	6,73	30,31
950	100	4,26	34,57
1050	100	3,87	38,44
1150	100	2,21	40,65
1250	100	0,91	41,56
1350	100	1,46	43,02
1450	100	1,16	44,18
1550	100	0,55	44,73

**II.3.5. Pente moyenne du cours d'eau**

La pente moyenne du cours d'eau est calculée par la formule suivante [7] :

$$I_c = \frac{\Delta H}{\Delta L} \quad (\text{II.13})$$

- $\Delta L$  : distance entre deux points suffisamment distants (m).

Soit :

$$I_c = \frac{1,5 - 0,185}{44,73} = 0,03$$

$$I_c = 0,03$$

Tous les résultats des calculs de caractéristiques morphologiques sont récapitulés dans le tableau (II.6) ci-dessous.

**Tableau (II.7) : Récapitulatifs des caractéristiques morphologiques du bassin versant**

Désignation		Symbole	Unités	Valeur
Superficie		S	km <sup>2</sup>	231,4
Périmètre		P	Km	94,22
Longueur du talweg principal		L	Km	44,73
Indice de compacité		K <sub>C</sub>	-	1,73
Rectangle équivalent	longueur	L <sub>r</sub>	Km	41,41
	Largeur	l <sub>r</sub>	Km	5,58
Dénivelée		D	m	1222
Altitudes	Maximale	H <sub>max</sub>	m.NGA	1852
	Moyenne	H <sub>moy</sub>	m.NGA	1012,98
	Médiane	H <sub>50%</sub>	m	1100
	Minimale	H <sub>min</sub>	m	170
Indice de pente globale		I <sub>g</sub>	%	2,95
Indice de pente moyenne		I <sub>pm</sub>	%	4,06
Dénivelée spécifique		D <sub>s</sub>	m	321,27
Pente moyenne du cours d'eau principale		I <sub>c</sub>	/	0,03
Temps de concentration		T <sub>c</sub>	H	5,51
Vitesse de ruissellement		V <sub>r</sub>	Km/h	8,12

#### II.4. Caractéristiques climatiques du bassin versant

L'objectif de l'étude climatologique est de fournir des données concernant le climat, les données nécessaires pour la conception du barrage et de ces ouvrages annexes. Les conditions climatiques du bassin jouent un rôle capital dans le comportement hydrologique des cours d'eau. Les facteurs qui déterminent le climat sont [3] :

- La précipitation avec sa distribution dans le temps et dans l'espace,
- l'humidité,
- la température, le vent qui a une influence sur l'évaporation et la transpiration.

### II.4.1. Station de référence

Compte tenu du manque de station climatologique dans la zone du projet, on a eu recours aux observations faites à la station de Biskra qui se trouve au sud de la zone d'étude (Tableau (II.7)).

*Tableau (II.8) : Caractéristiques de la station de référence de la wilaya de Biskra*

Nom de la station	Latitude	Longitude	Altitude	Période
Biskra	54352	345136	124 m	1995-2005

### II.4.2. Données climatologique du projet

#### II.4.2.1. Température de l'air

En Algérie, la présence du Sirocco, un vent chaud et sec qui vient du Sahara. Les températures maximales ont pour objet de ce phénomène particulier, qui est accompagné par une humidité qui s'en trouve réduite. Dans le tableau (II.8) et la figure (II.6), sont portées les températures moyennes annuelles de la station de Biskra pour une période de 11 années.

*Tableau (II.9) Répartition mensuelle des températures moyennes*

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Moy
T °C	11,9	13,7	17,4	20,8	25,8	30,9	34,3	33,6	28,5	23,5	16,8	12,7	22,5

Les températures minimales et maximales mensuelles sont indiquées dans le tableau (II.9) et la figure (II.6) ci-après.

*Tableau (II.10) : Répartition des Températures maximales et minimales*

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Moy
T <sub>min</sub> °C	6,8	08	11,3	14,8	20,1	24,8	27,8	27,7	23,2	18,0	11,8	7,9	16,9
T <sub>max</sub> °C	16.9	19.4	23.5	26.7	31.5	37.0	40.9	39.6	33.8	29.1	21,8	17,4	28,1

La température maximale absolue peut atteindre l'ordre de **40,8°C** pendant les mois de juillet et août. Les températures minimales peuvent descendre jusqu'au **4,2°C**.

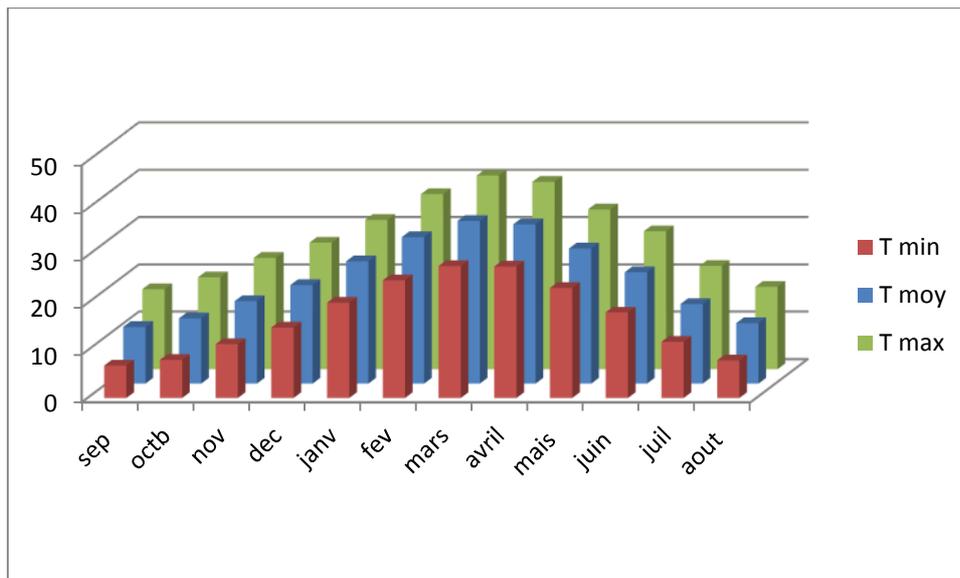


Figure (II.6): Distribution mensuelle des températures moyennes, minimales et maximales

II.4.2.2. Humidité de l'air

Dans le tableau (II.10) sont mentionnées les valeurs des humidités mensuelles pour la station de Biskra, et la figure (II.7) montre la répartition de l'humidité mensuelle.

Tableau (II.11) : Humidités moyennes mensuelle à Biskra

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou
Moyenne %	59	48	42	38	33	29	26	29	40	47	53	61

L'humidité moyenne interannuelle à Biskra est de 42%.

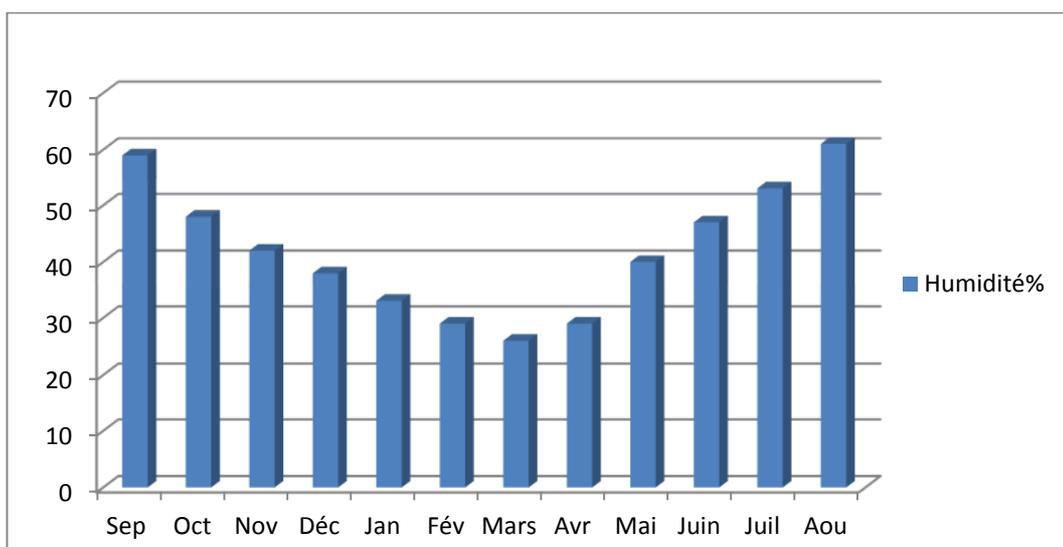


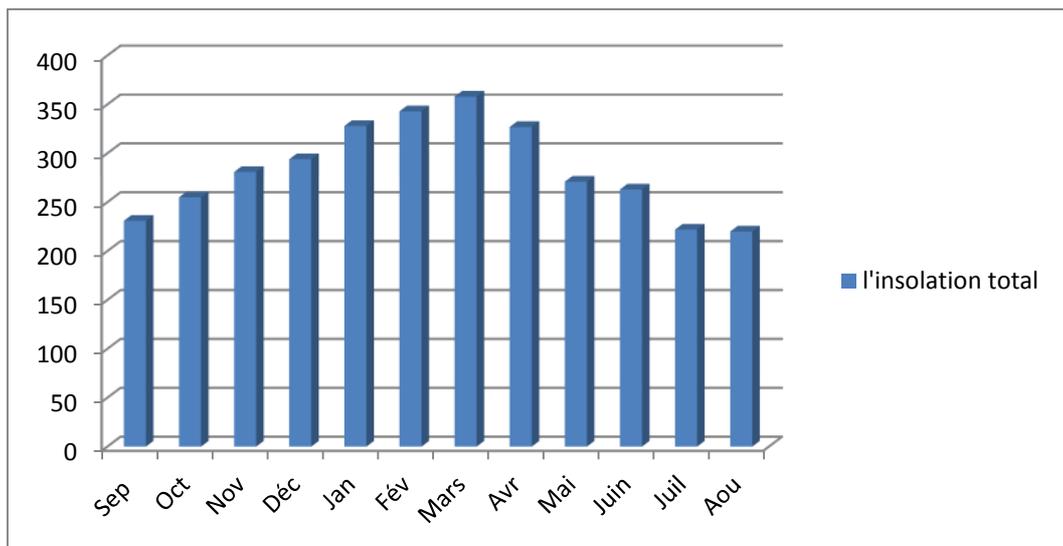
Figure (II.7): Distribution mensuelle de l'humidité moyenne à Biskra

### II.4.2.3. L'insolation

L'insolation moyenne a été mesurée à Biskra pour une période de 11 ans (1995-2005), elle est donnée dans le tableau (II.11) et la figure (II.8).

**Tableau (II.12):** Insolation mensuelles

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou
L'enseillement Total en heure	231	255	281	294	328	343	358	327	271	263	222	220



**Figure (II.8):** Distribution mensuelle de l'insolation à Biskra

### II.4.2.4. Le vent

Les vents observés à la station de Biskra, se caractérisent par une vitesse moyenne variant de 3,78 m/s à 5,7 m/s. Les vents dominants sont de direction nord-ouest sud-est pendant la période de janvier à juin. Aux mois de juillet et août, ce sont des vents de direction nord-est sud-ouest. La répartition mensuelle des vitesses moyennes du vent est donnée dans le tableau (II.12) et la figure (II.9).

**Tableau (II.13) :** Vitesse moyennes mensuelles

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Moy
Moyenne m/s	4,61	4,56	4,70	6,03	5,75	4,53	4,37	4,06	4,41	3,78	4,53	4,29	4,63

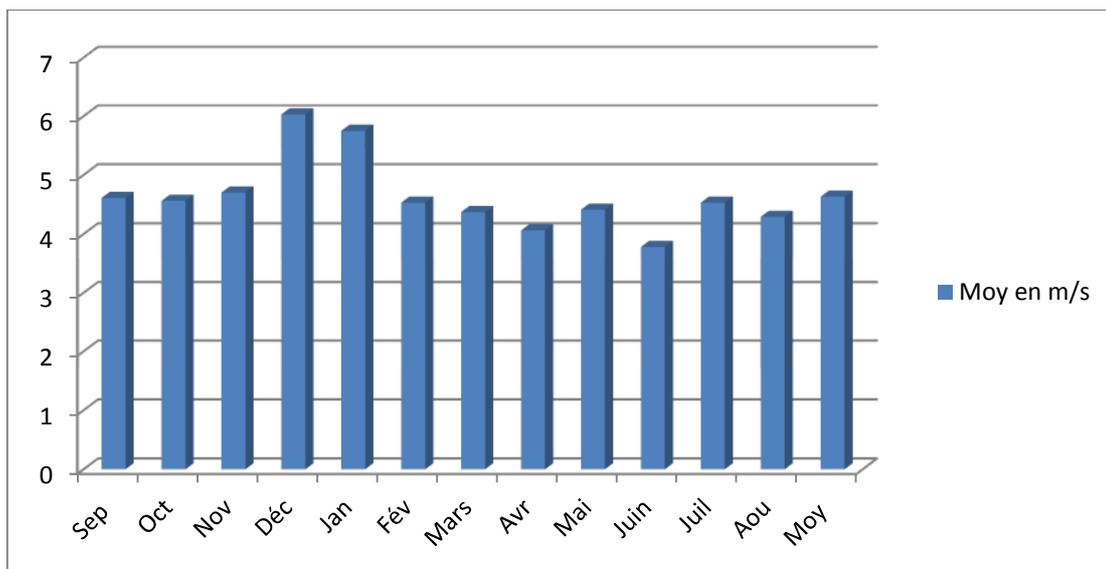


Figure (II.9): Distribution mensuelle des vents à Biskra

II.4.2.5. L'évaporation

Pour l'estimation de la valeur de l'évaporation du plan d'eau, nous avons utilisé les données du poste de jaugeage Foum El Gherza qui se trouve juste près de la zone étudiée (Tableau (II.13) et Figure (II.10)). La valeur moyenne interannuelle de l'évaporation du plan d'eau est admise égale à 2603 mm.

Tableau (II.14) : Répartition mensuelle de l'évaporation du plan d'eau à Foum El Gherza

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Moy
Evp(mm)	285	175	126	103	97	105	159	203	265	343	380	362	2603
Evp(%)	11,0	6,7	4,8	4,0	3,7	4,0	6,1	7,8	10,2	13,2	14,6	13,9	100

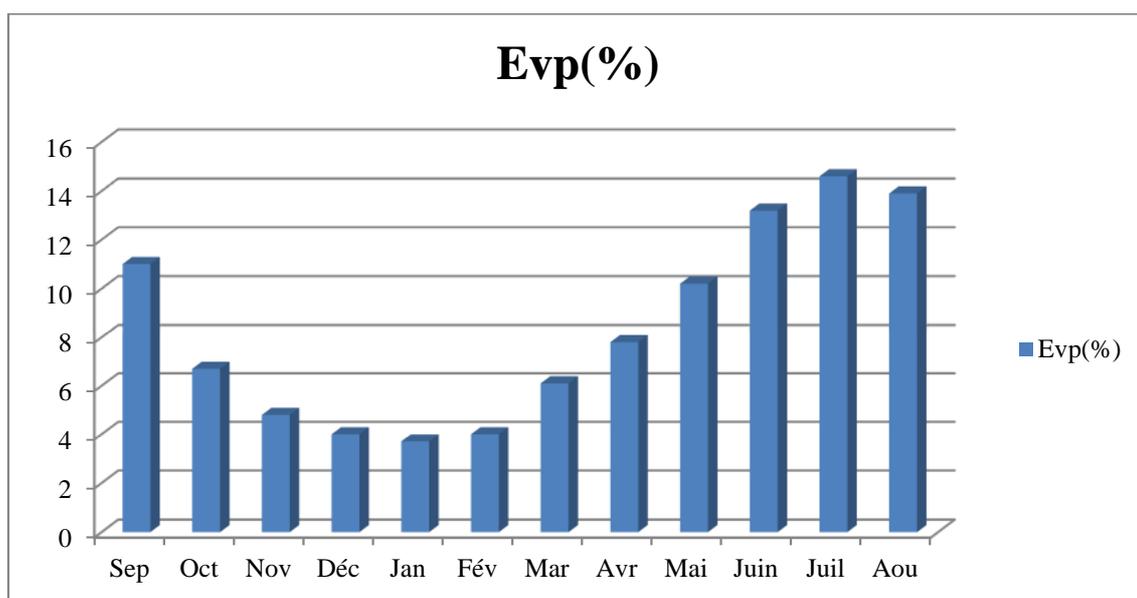


Figure (II.10): Distribution mensuelle de l'évaporation à Foum El Gherza

#### II.4.2.6. La pluviométrie

La pluviométrie qui prévaut au bassin versant de l'oued Mestaouaa été établie en utilisant l'information disponible de la région d'étude.

##### a) Stations pluviométriques

Les stations pluviométriques disponibles figurent dans le tableau (II.14).

**Tableau (II.15) : Stations situées à proximité de la zone d'étude**

Station	Code	Altitude
T'kout	06 15 06	998
Tadjmout	06 16 04	-

##### b) Station de T'kout

La station pluviométrique de T'Kout se situe non loin du bassin versant d'oued Mestaoua au nord-ouest et dispose d'une série pluviométrique de 31 ans qui s'étale de 1968 à 1998, les observations faites à la station sont données dans le tableau (II.15).

**Tableau (II.16) : Observations faites à la station de T'Kout**

Nom de la station	code	X(Km)	Y(Km)	Z(m)	Pluie moy annuelle (mm)	Pj max (mm)	Coeff variation des pluies	Exposant climatique
T'Kout	061506	829,15	210,5	998	245,3	61,9	Cv=0,47	b =0,20

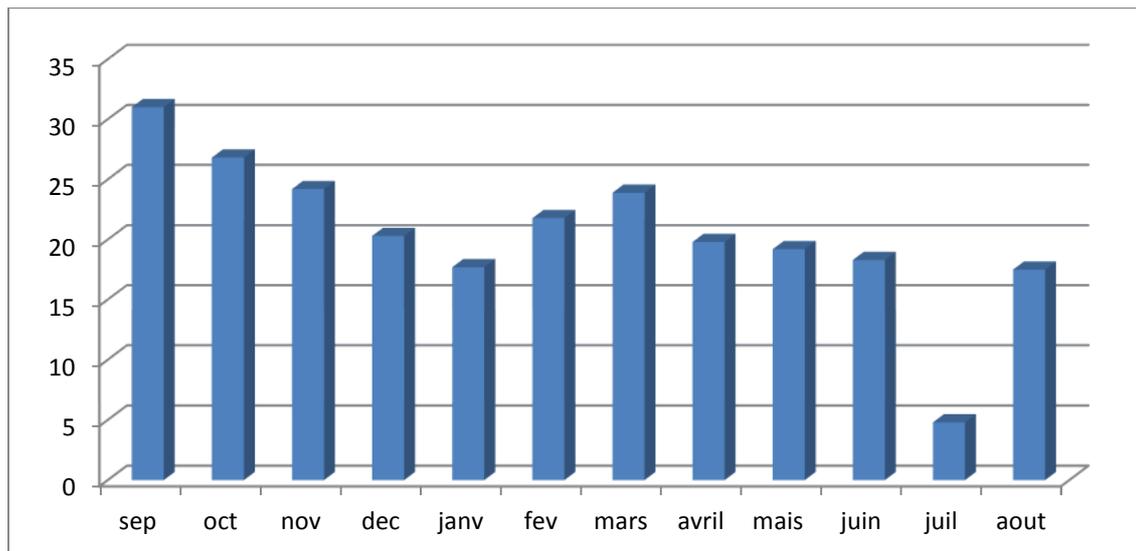
##### c) Pluie moyenne mensuelle

Les années d'observation ont été traitées en tenant compte d'une part de toute la série avec les années connues soit 33 années d'observations qui donnent une pluie moyenne annuelle de 245.3 mm. La répartition mensuelle des pluies est donnée dans le tableau (II.16) et la figure (II.11).

**Tableau (II.17): Distribution des pluies moyennes mensuelles**

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Moy
P(mm)	31	26,8	24,2	20,3	17,7	21,8	23,9	19,8	19,2	18,3	4,8	17,5	245,3
P(%)	12,63	10,92	9,86	8,27	7,21	8,88	9,74	8,07	7,82	7,46	1,95	7,13	100

La distribution moyenne mensuelle des pluies au bassin versant d'oued Mestaoua est celle de la station de T'kout.



**Figure (II.11): Répartition mensuelle de la précipitation**

Le bassin versant se situe entre les isohyètes 140 mm et 250 mm . Trois isohyètes le découpent en trois [3] :

- La première partie de 140 à 150 mm, avec une surface entre les courbes de 26.32 km<sup>2</sup> ;
- La deuxième partie de 150 à 200 mm, avec une surface de 68.69 km<sup>2</sup> ;
- La troisième partie de 200 à 250 mm, avec une surface totale du bassin versant de 231.4 km<sup>2</sup> ;

La pluie moyenne qui tombe sur le bassin versant peut être calculée par la formule suivantes :

$$P_{moy} = \frac{\left( S_1 \cdot \frac{140+150}{2} \right) + \left( S_2 \cdot \frac{150+200}{2} \right) + \left( S_3 \cdot \frac{200+250}{2} \right)}{S_1 + S_2 + S_3} \quad (II.14)$$

$$P_{moy} = 200,7 \text{ mm}$$

Le calcul de la pluie moyenne par la méthode des isohyètes donne une valeur plus précisée.

## II.5. Végétation

Le couvert végétal rencontré à travers la région est de type dégradé, il est constitué de plantes adaptées au sol et au climat, la zone nord de la région de M'ziraa est une zone forestière, où se trouve le point culminant de la Wilaya de Biskra (DjbelTakiout 1942m). Dans la zone sud, la végétation devient plus rare.

## II.6. Conclusion

D'après les résultats de l'étude des caractéristiques morphologiques (forme, relief), réseau hydrographique et conditions climatiques du bassin versant de Mestaoua, on trouve que :

- Le coefficient de Gravillius a montré que le bassin versant est de forme allongé ;
- L'indice de pente moyenne est très fort, donc on assistera à un écoulement rapide avec un temps de concentration  $T_c = 5,51$  heures, et une vitesse de ruissellement  $V_r = 8,12$  km/h;
- La température moyenne annuelle est de  $22,5$  C° ;
- La température minimale est de  $4,2$  C° ;
- La température maximale est de  $40,8$  C° ;
- La vitesse du vent est de  $4.63$  m/s ;
- L'évaporation du plan d'eau est de  $2603$  mm/an ;
- La pluie moyenne annuelle est de  $200.7$  mm.

### III.1. Introduction

Dans cette étude hydrologique nous allons établir les paramètres hydrologiques de conception qui permettent de connaître les potentialités et la capacité du bassin versant, de produire des écoulements, ainsi qu'évaluer en première approximation, les paramètres pour le dimensionnement des différents objets des ouvrages annexes, leur capacité de stockage et les caractéristiques des ouvrages d'évacuation de crues. Dans ce but l'étude hydrologique devra considérer [3]:

1. La détermination de l'apport moyen interannuel
2. La détermination des apports fréquentielles
3. L'estimation des volumes de l'apport solide
4. L'estimation du volume mort pour déterminer la capacité de la retenue
5. Une analyse de crues : l'estimation du débit maximal et le volume de la crue.

### III.2. Etude de la pluviométrie

#### III.2.1. Pluies maximales journalières

##### III.2.1.1. Vérification de l'homogénéité des données

L'homogénéité de la station de T'kout se vérifie par le test analytique non paramétrique de WILCOXON. L'hypothèse de l'homogénéité est vérifiée si [6]:

$$W_{\min} < W_y < W_{\max}$$

Avec :

$$W_{\min} = \frac{(N_1 + N_2 + 1)}{2} - u_{1-\frac{\alpha}{2}} \sqrt{\frac{N_1 N_2 (N_1 + N_2 + 1)}{12}} \quad (\text{III.1})$$

$$W_{\max} = (N_1 + N_2 + 1).N_1 - W_{\min} \quad (\text{III.2})$$

$$W_y = \sum_{i=1}^n \text{rang } i = 1 + 2 + 3 + \dots + 16 + 17 + \dots + n \quad (\text{III.3})$$

Ou :

- $N_1$  : la taille de la série des apports annuels de l'échantillon Y
- $N_2$  : la taille de la série des apports annuels de l'échantillon X
- $U$  : la valeur de la variable centrée réduite de gauss correspondant à une probabilité de  $1 - \frac{\alpha}{2}$  ( $\alpha = 5\%$ ).

Les paramètres du test de WILCOXON sont donnés par le tableau (III.1).

**Tableau (III.1): Paramètres du test de WILCOXON**

Paramètres	$N_1$	$N_2$	$W_{\min}$	$W_{\max}$	$W_y$	$U_{1-2.5\%}$
Valeurs	14	17	174,13	273,87	250	1,96

L'hypothèse de WILCOXON est vérifiée, on peut dire que la série de la station T'kout est homogène.

**III.2.1.2. Choix de la loi d'ajustement des données de la série pluviométrique**

L'ajustement des pluies maximales journalières sera fait à l'aide du logiciel HYFRAN. On a effectué l'ajustement de la série des pluies maximales journalières en utilisant les lois suivantes :

- ✓ Loi Normale
- ✓ Loi de Gumbel

**a) Ajustement à la loi Normale**

- **Test d'adéquation : test de Pearson  $\chi^2$** 
  - Hypothèse :

$H_0$ : L'échantillon provient d'une loi normale

$H_1$ : L'échantillon ne provient pas d'une loi normale

- Résultats :

Résultats de la statistique :  $\chi^2 = 3,5 < \chi_{5\%}^2 (11,07)$

Degrés de liberté : 5

Nombre de classes 08

- Conclusion :

Nous pouvons accepter  $H_0$  au niveau de signification de 5 %

- **Résultats de l'ajustement**

Paramètres :  $\mu$  : 33,36 ;

$\sigma$  : 15,89

Quantiles :  $q = F(X)$  (probabilité au non dépassement) ;

$T=1/(1-q)$  (période de retour)

Les résultats de l'ajustement à la loi Normale sont donnés par le tableau (III.2).

**Tableau (III.2) : Résultats de l'ajustement à la loi Normale**

période de retour	probabilité P	XT	Ecart type	intervalle de confiance
10000	0,9999	92,4673	8,14694	76,4960 – 108,438
2000	0,9995	85,6595	7,33024	71,2893 – 100,030
1000	0,999	82,4772	6,95368	68,8453 – 96,1092
200	0,995	74,304	6,00715	62,5276 – 86,0804
100	0,99	70,3396	5,56213	59,4356 – 81,2436
50	0,98	66,0074	5,0902	56,0286 – 75,9862
20	0,95	59,5077	4,42056	50,8417 – 68,1738
10	0,9	53,7311	3,88109	46,1226 – 61,3396
5	0,8	46,7341	3,33586	40,1945 – 53,2737

La distribution de la série pluviométrique de la station de T'kout selon la loi normale apparaît dans la figure (III.1).

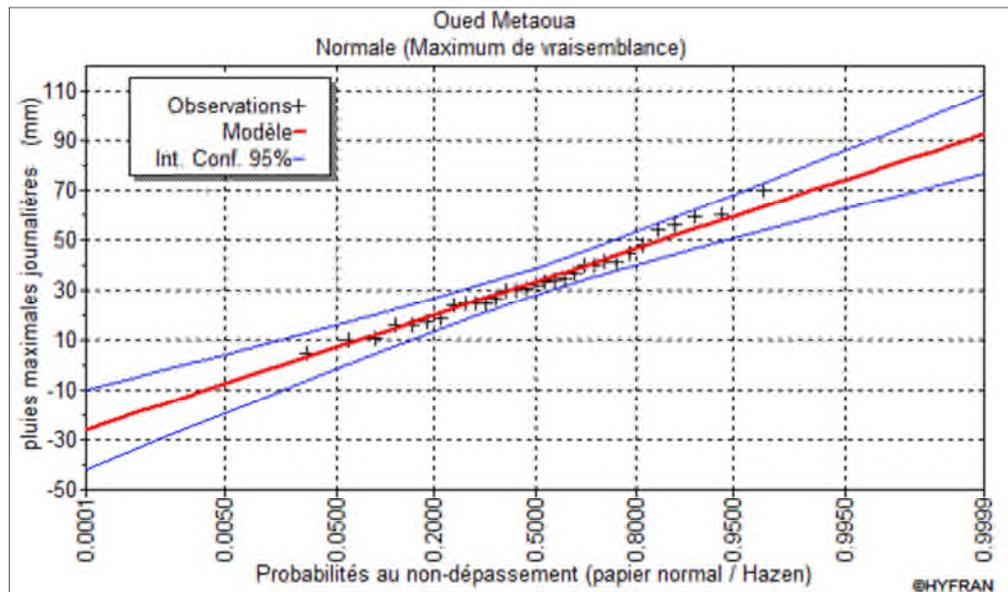


Figure (III.1) : Ajustement à la loi Normale de la série de la pluie maximale journalière

b) Ajustement a loi de GUMBEL

- Test d'adéquation : test de Pearson  $X^2$ 
  - Hypothèse :

$H_0$ : L'échantillon provient d'une loi Gumbel

$H_1$ : L'échantillon ne provient pas d'une loi Gumbel

- Résultats :

Résultats de la statistique :  $X^2 = 1,29 \square X_{5\%} (11.07)$

Degrés de liberté : 4

Nombre de classes 7

- Conclusion :

Nous pouvons accepter  $H_0$  au niveau de signification de 5 %

- Résultats de l'ajustement

Paramètres :  $u = 25,66$ ;

Alpha = 14,10

Quantiles :  $q = F(X)$  (probabilité au non dépassement) ;

$T=1/(1-q)$  (période de retour).

Les résultats de l'ajustement à la loi de Gumbel sont donnés par le tableau (III.3).

**Tableau (III.3) : Résultats de l'ajustement à la loi de Gumbel**

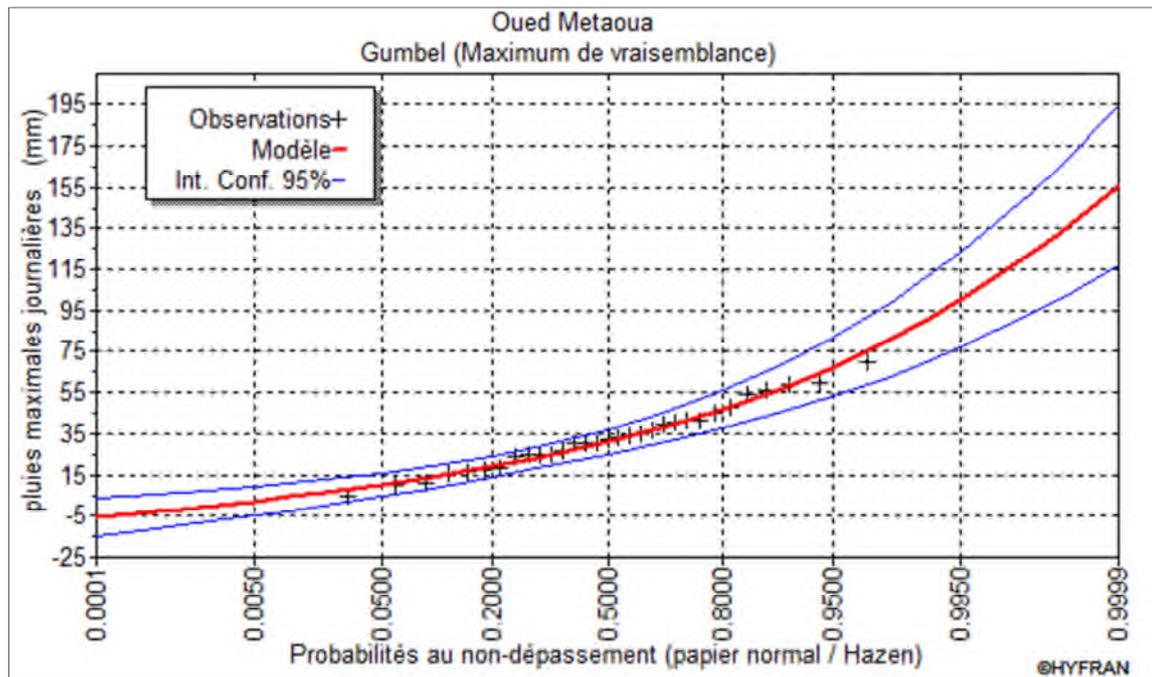
période de retour	probabilité P	XT	Ecart type	intervalle de confiance
10000	0,9999	155,56	19,6287	117,080 – 194,040
2000	0,9995	132,9	16,398	100,712 – 165,005
1000	0,999	123,1	15,0106	93,6526 – 152,506
200	0,995	100,4	11,8032	77,2137 – 123,492
100	0,99	90,5	10,4301	70,0945 – 110,989
50	0,98	80,7	9,06338	62,9267 – 98,4623
20	0,95	67,6	7,26879	53,3041 – 81,8035
10	0,9	57,4	5,92272	45,7910 – 69,0127
5	0,8	46,8	4,59371	37,8129 – 55,8238

la comparaison entre les caractéristiques de la lois de Gumbel et celles de l'échantillon figure dans le tableau (III.4).

**Tableau (III.4) : Comparaison entre les caractéristiques de la loi GUMBEL et de l'échantillon**

Paramètres	Caractéristiques de la loi	Caractéristiques de l'échantillon
Minimum	/	4,5
Maximum	/	69,9
Moyenne	33,804	33,36
Ecart type	18,088	15,892
Médiane	30,833	32
Coefficient de variation	0,535	0,476
Coefficient d'asymétrie	1,139	0,377
Minimum	2,4	2,438

La distribution de la série pluviométrique de la station de T'kout selon la loi de Gumbel apparait dans la figure (III.2).



**Figure (III.2) :** Ajustement à la loi de Gumbel de la série de la pluie maximale journalière  
**Commentaire :**

D'après les deux droites d'ajustement, on constate qu'elles nous donnent presque le même ajustement, et celle de Gumbel s'accorde mieux.

### III.2.2. Pluie de courte durée

La pluie d'une courte durée  $t$ , pour une telle fréquence est donnée par la formule de MONTANA [7] :

$$P_{(t)\%} = P_{j\%} \left( \frac{t}{24} \right)^b \quad (\text{III.4})$$

Avec :

- $P_t$  : Pluie d'une durée ( $t$ ) pour une fréquence voulue (mm)
- $P_j$  : Pluie maximale journalière pour la même fréquence (mm)
- $t$  : durée de la pluie (heures)
- $b$  : Exposant climatique,  $b = 0.20$

Les résultats de calcul sont donnés par le tableau (III.5).

**Tableau (III.5) :** Pluie de courte durée (mm)

Fréquence	Période de retour	Temps (h)				
		2	4	6	12	24
10	10	34,9	40,1	43,5	49,9	57,4
5	20	41,1	47,1	51,1	58,8	67,6
2	50	49,1	56,3	61,1	70,2	80,7

1	100	55,0	63,2	68,5	78,8	90,5
0.1	1000	74,8	85,9	93,2	107,1	123,1
0.01	10000	94,6	108,7	117,9	135,4	155,6

La pluie de plusieurs périodes de retour apparait dans la figure (III.3).

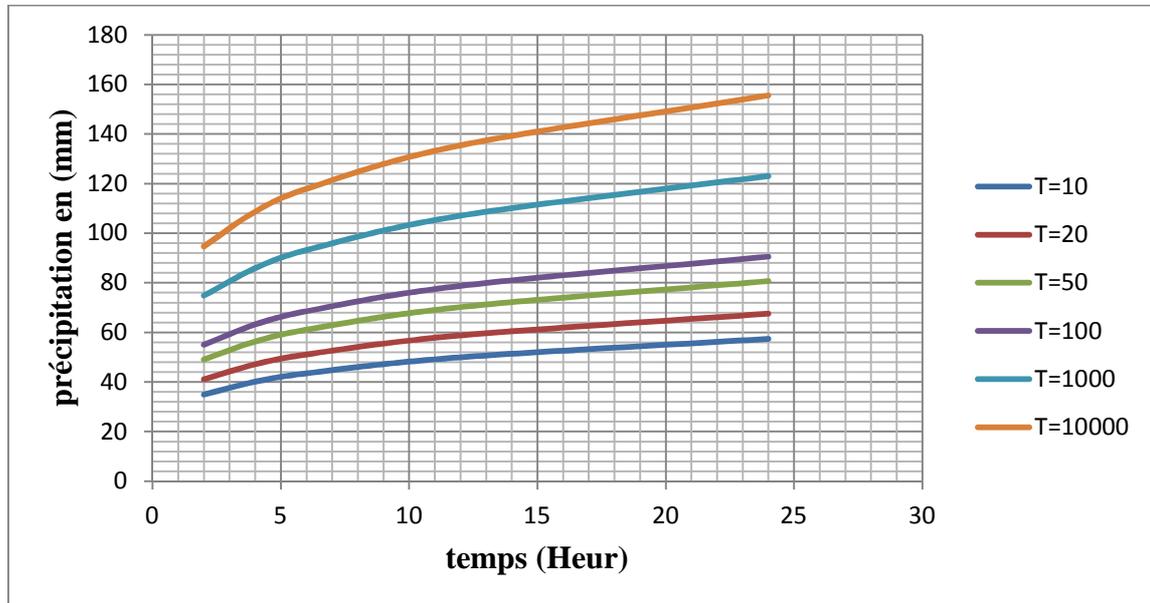


Figure (III.3) : Pluie de courte durée

L'intensité des pluies est donnée par la formule suivante [7] :

$$I_t = \frac{P_t}{t} \quad (III.5)$$

les résultats de calcul sont donnés par le tableau (III.6).

Tableau (III.6) : Intensité des pluies  $I_t$  (mm/h)

Fréquence	Période de retour	Temps (h)				
		2	4	6	12	24
10	10	17,46	10,02	7,25	4,16	2,39
5	20	20,54	11,78	8,52	4,89	2,81
2	50	24,54	14,08	10,18	5,85	3,36
1	100	27,52	15,79	11,42	6,56	3,77
0.1	1000	37,41	21,47	15,52	8,92	5,12
0.01	10000	47,31	27,17	19,64	11,28	6,48

L'intensité de pluie de plusieurs périodes de retour apparait dans la figure (III.4).

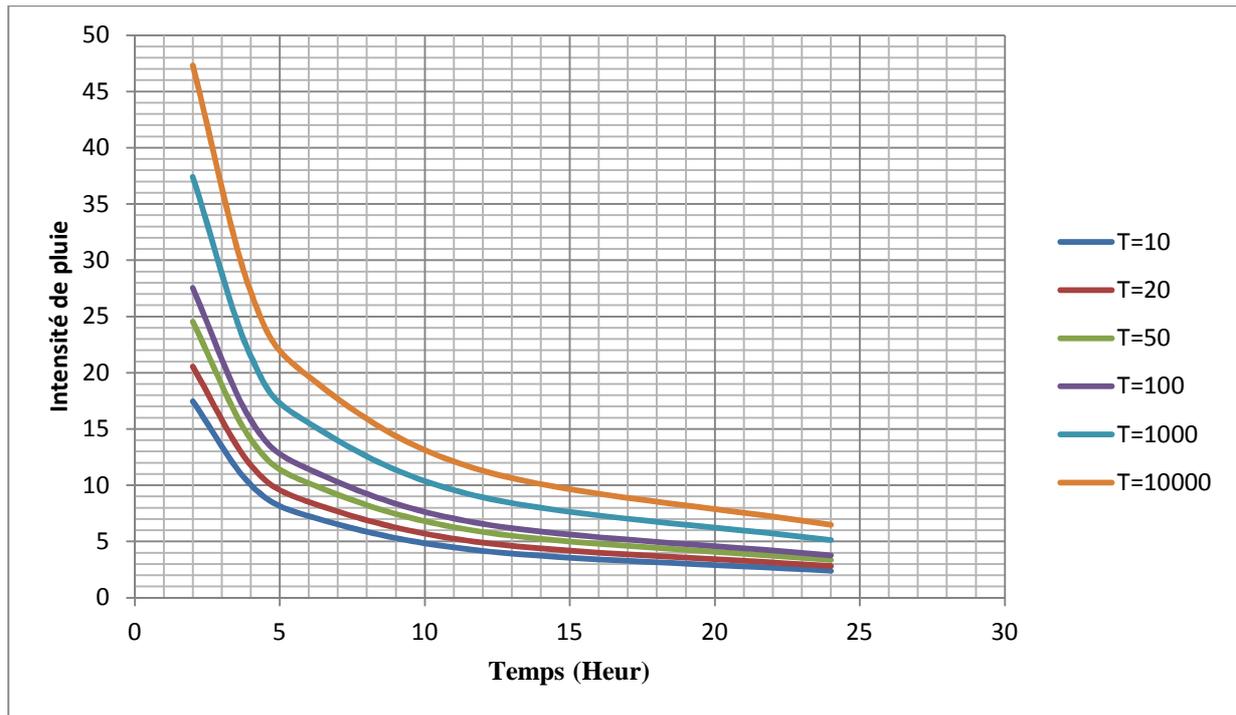


Figure (III.4): Intensité de pluie

### III.3. Etude des apports

#### III.3.1. Apports liquides

##### III.3.1.1. Apport moyen interannuel

L'apport moyen interannuel est donné par les formules suivantes [6] :

a) *Formule de l'ANRH*

$$A_{moy} = 0.195 \cdot P_{moy}^{2.684} \cdot S^{0.842} \quad (III.6)$$

Avec :

- $P_{moy}$  : pluie moyenne annuelle (m)
- $S$  : superficie du bassin versant ( $Km^2$ )

b) *Formule de MEDINGER*

$$Le = 1.024 (P_{moy} - 0.26)^2 \quad \text{où } A_0 = Le \cdot S \quad (III.7)$$

Avec :

- $Le$  : lame d'eau écoulee (mm)

c) *Formule de SAMIE*

$$Le = P_{moy}^2 (293 - 2.2\sqrt{S}) \quad \text{Où } A_0 = Le \cdot S \quad (III.8)$$

d) *Formule de TURC*

$$A_0 = S \cdot Le$$

$$Le = P_{moy} - D \quad (III.9)$$

On a :

- D : Déficit de l'écoulement (mm) tel que :

$$D = \frac{P_{moy}}{\sqrt{0,9 + \left(\frac{P_{moy}}{L_T}\right)^2}} \quad (III.10)$$

$$L_T = 300 + T_{moy} + 0.05(T_{moy})^3 \quad (III.11)$$

Les résultats sont récapitulés dans le tableau (III.7).

**Tableau (III.7) : Récapitulatif des résultats des formules**

Formules	A <sub>0</sub> (hm <sup>3</sup> )
A.N.R.H	1,19
MEDINGER	0,85
SAMIE	2,40
COUTAGNE	6,91
TURC	1,19
Moyenne	2.50

On aura un apport moyen de 2.50 hm<sup>3</sup> qui est la moyenne des résultats des 5 formules.

### III.3.1.2. Répartition mensuelle de l'apport liquide moyen

L'apport moyen a été déterminé à partir du traitement des données observées par la station de T'kout. Donc la répartition mensuelle de l'apport moyen annuel suit la même répartition mensuelle des précipitations mensuelles elle est donnée par le tableau (III.8) et la figure (III.5).

**Tableau (III.8): Répartition mensuelle de l'apport liquide moyen**

mois	sep	oct	nov	dec	jan	Fev	mars	avr	mai	Juin	juil	aout
A(%)	12,63	10,92	9,86	8,27	7,21	8,88	9,74	8,07	7,82	7,46	1,95	7,13
A (hm <sup>3</sup> )	0,32	0,27	0,25	0,21	0,18	0,22	0,24	0,20	0,20	0,19	0,05	0,18

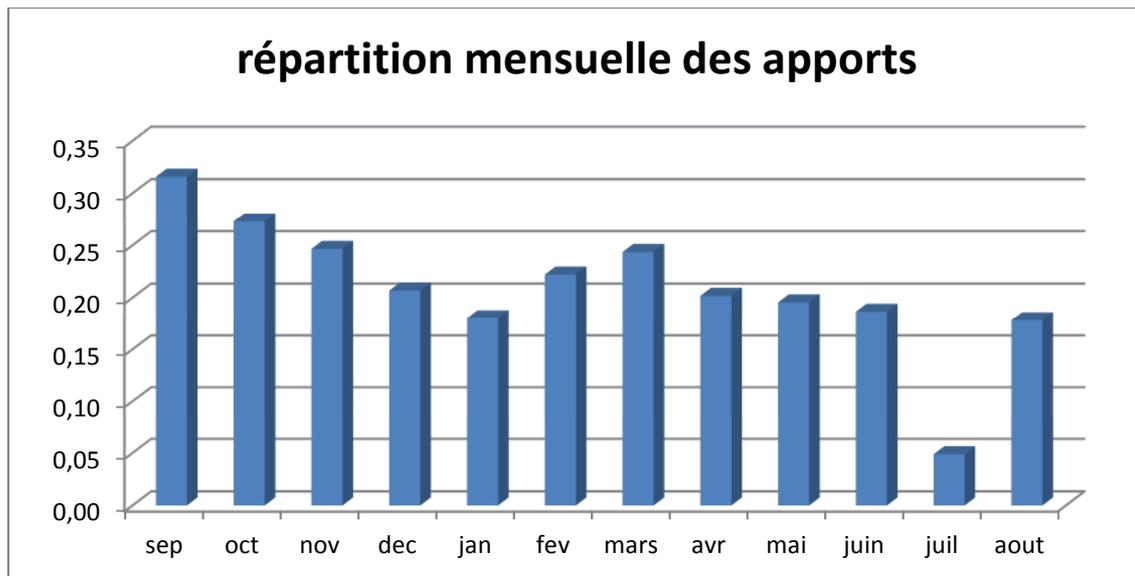


Figure (III.5) : Répartition mensuelle de l'apport liquide moyen

### III.3.1.3. Caractéristiques de l'écoulement

Les différentes caractéristiques de l'écoulement sont calculées ci-dessous [7] :

#### a) Module de l'écoulement

Il est donné par :

$$M_e = \frac{A_0}{T} \quad (\text{III.12})$$

Avec :

- $A_0$ : Apport moyen annuel en (mm)
- $T$  : Temps d'une année en secondes :  $T = 31,536 \cdot 10^6$  s

#### b) Module de l'écoulement relatif (spécifique)

On a :

$$M_0 = \frac{M_e}{S} \quad (\text{III.13})$$

Avec :

- $M_0$  : Module de l'écoulement (l/s)

#### c) Lamme d'eau écoulée

$$L_e = \frac{A_0}{S} \quad (\text{III.14})$$

#### d) Coefficient de l'écoulement

Il est donné par :

$$C_e = \frac{L_e}{P_{moy}} \quad (\text{III.15})$$

e) *Coefficient de variation*

Le coefficient de variation est donné par les formules suivantes [6] :

• *Formule de KRISTKY MENKEL*

$$C_v = \frac{0,83}{(S^{0,06} \cdot M_0^{0,27})} \quad (\text{III.16})$$

• *Formule de L'ANTONOV*

$$C_v = \frac{0,7}{(S + 1000)^{0,09}} \quad (\text{III.17})$$

• *Formule d'OURKGUIPROVODKHOZ*

$$C_v = \frac{0,7}{M_0^{0,09}} \quad (\text{III.18})$$

• *Formule de SOKOLOVSKY*

$$C_v = 0,78 - 0,29 \log_{10}(M_0) - 0,063 \log_{10}(S + 1) \quad (\text{III.19})$$

Les résultats sont regroupés dans le tableau (III.9).

**Tableau (III.9) : Caractéristique de l'écoulement**

Caractéristiques		Valeurs	
Lame d'eau écoulee moyenne Le (mm)		10,80	
Module de l'écoulement: (l/s)		79,27	
Coefficient de l'écoulement Ce		0,053	
Module spécifique M <sub>0</sub>		0,34	
Coefficient de variation Cv	SOKOLOVSKY	0,76	Cv= 0,76
	OURKGUIPROVODKHOZ	0,93	
	ANTONOV	0,36	
	KRISTEKLY MENKEL	0,80	

Pour le coefficient de variation, on prend celui de SOKOLOVSKY vue qu'il est le plus proche de la moyenne.

### III.3.1.4. Etude fréquentielle des apports liquides

a) *Estimation fréquentielle des apports*

Pour déterminer les apports fréquentsiels, il est recommandé d'employer la loi de Galton (Log normale), qui est donnée comme suit [7] :

$$A_{\%} = \frac{A_0}{\sqrt{C_v^2 + 1}} e^{u \sqrt{\ln(C_v^2 + 1)}} \quad (\text{III.20})$$

Avec :

- A% : Apport de fréquence donnée.
- $\mu$  : Variable réduite de Gauss.
- $A_0$  : Apport moyen annuel ( $\text{Hm}^3$ ).
- $C_v$  : Coefficient de variation.  $C_v = 0,76$

$$A_{\%} = \frac{A_0}{\sqrt{0,76^2 + 1}} e^{u \sqrt{\ln(0,76^2 + 1)}}$$

### b) Répartition fréquentielle des apports liquides

Les apports liquides de différentes fréquences sont portés dans le tableau (III.10).

**Tableau (III.10): Répartition fréquentielle des apports liquides**

Période de retour	5	10	20	50	100	1000
Fréquences p(%)	80	10	5	2	1	0.1
Variable de Gauss U	-0,841	1,282	1,643	2,054	2,327	3,091
Apport $\text{Mm}^3$	1,17	4,941	6,3	8,32	10,00	17,66

### c) Répartition de l'apport moyen annuel estimé à une probabilité de 80%

$$A_{80\%} = 1,17 \text{ Mm}^3$$

La répartition de l'apport moyen annuel estimé à une probabilité de 80% est donnée par le tableau (III.11).

**Tableau (III.11): Répartition de l'apport moyen annuel estimé à une probabilité de 80%**

Mois	sep	oct	nov	dec	jan	fev	mars	avr	mai	juin	juil	aout	année
A(%)	12,63	10,92	9,86	8,27	7,21	8,88	9,74	8,07	7,82	7,46	1,95	7,13	100
$A_{80\%}$	0,15	0,13	0,12	0,10	0,08	0,10	0,11	0,09	0,09	0,09	0,02	0,08	1,17

## III.3.2. Apports solides

### III.3.2.1. Détermination du volume mort

Le volume mort est calculé par la formule de TIXERON [3,7] :

$$V_m = (1,05 \div 1,10) \frac{Q_s T}{\delta_s} \quad (\text{III.21})$$

Ou :

- $Q_s$  : Le débit solide (t/an)
- $\delta_s$  : Poids spécifique de la vase humide ( $\delta_s = 1.4 \text{ t/m}^3$ )
- T : Délai de service, T= 30 ans

$$Q_s = \alpha \cdot L_e^{0.15} \cdot S \quad (\text{III.22})$$

Ou :

- $\alpha$ : paramètre empirique qui dépend de la perméabilité ( $\alpha = 350$  faible à moyenne)

Soit :

$$Q_s = 116994.07 \text{ (t /an)}$$

$$V_m = 2632366,57 \text{ m}^3$$

### III.4. Etude des crues

Les paramètres définissant une crue sont :

- Le débit maximum de la crue
- Le volume de la crue
- La forme de la crue (Hydrogramme de crues)
- Le temps de base

#### III.4.1. Détermination des débits maxima fréquentiels par les formules empiriques

La détermination du débit max a été effectuée par les formules suivantes [6] :

##### III.4.1.1. Formule de MALLET-GAUTHIER

On a:

$$Q_{\max, p\%} = \frac{2 \cdot K \log(1 + 20 \cdot P_{\text{moy}}) \cdot S \cdot \sqrt{1 + 4 \log T - \log S}}{\sqrt{L}} \quad (\text{III.23})$$

Ou :

- $Q_{\max\%}$ : Débit maximum pour une fréquence donnée ( $\text{m}^3/\text{s}$ ).
- $L$  : Longueur du talweg principal (44.73 Km)
- $K$  : Constante dépendant des caractéristiques du bassin :  $K$  (1-3), On prend  $K = 2$

Les résultats de calcul par la formule de *MALLET-GAUTHIER* sont récapitulés dans le tableau (III.12).

**Tableau (III.12) : Débits maxima des crues de différentes périodes de retour par la formule de MALLET-GAUTHIER**

Période de retour T	10	20	50	100	1000	10000
$Q_{\max}$ ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	157,04	189,55	225,44	249,18	315,47	370,07

##### III.4.1.2. Formule de TURAZZA

On a :

$$Q_{\max, p\%} = \frac{C_r \cdot I_{tc} \cdot S}{3,6} \quad (\text{III.24})$$

Ou :

- $C_r$  : Coefficient de ruissellement en fonction de la probabilité donnée, des études effectuées à l'A.N.R.H montrent qu'on adopte pour  $C_r$  les valeurs données dans le tableau (III.13).

- $I_{tc}$ : Intensité des pluies pour une fréquence donnée (mm/h)

Les résultats des débits maxima calculés par la formule de TURAZZA sont donnés par le tableau (III.13).

**Tableau (III.13) : Débits maxima des crues de différentes périodes de retour par la formule de TURAZZA**

Période de retour T	10	20	50	100	1000	10000
$I_{tc}$	6,98	8,22	9,8	11	14,96	18,91
Cr	0.5	0,55	0,6	0,7	0,8	0,9
$Q_{\max,p\%}$ ( $m^3/s$ )	224,32	290,59	377,95	494,93	769,27	1093,94

#### III.4.1.3. Formule de SOKOLOVSKY

On a :

$$Q_{\max,p\%} = \frac{0,28.(P_{tc} - H_0).C_r.F.S}{T_c} \quad (III.25)$$

Ou :

- $P_{tc}$  : Précipitation de probabilité P% correspondant à un temps  $T_c$ , en mm
- $T_c$ : temps de concentration.
- F : Coefficient de forme de la crue :  $F = 12 / (4+3.\gamma)$
- $H_0$  : C'est la perte d'eau initiale.  $H_0 = 7$  mm

Pour un bassin boisé avec un sol peu perméable  $2 \leq \gamma \leq 2.5$

Pour un bassin boisé  $3 \leq \gamma \leq 4$ .

On prend :  $\gamma = 2,25$ . D'où :  $F = 1,04$

Les résultats des débits maxima calculés par la formule de SOKOLOVSKY sont donnés par le tableau (III.14).

**Tableau (III.14): Débits maxima des crues de différentes périodes de retour par la formule de SOKOLOVSKY**

Période de retour	10	20	50	100	1000	10000
Cr	0,5	0,55	0,6	0,7	0,8	0,9
$P_{tc}$ (mm)	39,8	46,9	55,9	62,7	85,3	107,8
$Q_{\max,p\%}$ ( $m^3/s$ )	200,56	268,37	358,81	476,82	766,05	1109,45

#### III.4.1.4. Formule de POSSENTI

Elle est donnée par :

$$Q_{\max,p\%} = \frac{\mu \cdot P_{\max,p\%} \cdot S}{L} \quad (\text{III.26})$$

Ou :

- $P_{\max,j,p\%}$  : pluie journalière maximale de la même fréquence (m)
- $\mu$ : Coefficient d'ajustement compris entre 700-800, on prend  $\mu=700$ .

Les résultats de calculs des débits maxima par la formule de POSSENTI sont donnés par le tableau (III.15).

**Tableau (III.15) : Débits maxima des crues de différentes périodes de retour par la formule de POSSENTI**

Période de retour T	10	20	50	100	1000	10000
$P_{\max,p\%}$ (mm)	39,8	46,9	55,9	62,7	85,3	107,8
$Q_{\max,p\%}$ (m <sup>3</sup> /s)	151,3	178,47	213,39	240,55	329,79	415,15

Les résultats des formules précédentes sont récapitulés dans le tableau (III.14).

**Tableau (III.16) : Récapitulatif des résultats des débits max**

Méthodes	Périodes de retour T					
	10	20	50	100	1000	10000
MALLET- GAUTHIER	157,04	189,55	225,44	249,18	315,47	370,07
TURAZZA	224,32	290,59	377,95	494,93	769,27	1093,94
SOKOLOVSKY	200,56	268,37	358,81	476,82	766,05	1109,45
POSSENTI	151,3	178,47	213,39	240,55	329,79	415,15
Moyenne	183,31	231,75	293,90	365,37	545,15	747,15

### III.4.2. Détermination de l'hydrogramme de crues probables par la méthode de SOKOLOVSKY

La forme de l'hydrogramme de crue est déterminée selon la méthode de SOKOLOVSKY qui assimile l'hydrogramme de crues à deux équations paraboliques, l'une traduisant la montée de la crue et qui s'écrit [7] :

$$Q_m = Q_{\max} \left( \frac{t}{t_m} \right)^2 \quad (\text{III.27})$$

Et la seconde équation représentant celle de la décrue :

$$Q_d = Q_{\max} \left( \frac{t_d - t}{t_d} \right)^3 \quad (\text{III.28})$$

Ou :

- $Q_m$ : débit instantané de la montée ( $\text{m}^3/\text{s}$ )
- $Q_d$ : débit instantané de la décrue ( $\text{m}^3/\text{s}$ )
- $Q_{\max}$ : débit maximum de la crue de fréquence considérée en ( $\text{m}^3/\text{s}$ )
- $T_m = T_c$ : temps de la montée de la crue en heures
- $T_d$  : temps de la décrue en heures
- $T_d = \delta T_m$ , avec : Coefficient dépendant des caractéristiques du bassin versant, ( $\delta=2.5$ ).
- Les hydrogrammes de crues pour différentes périodes de retour sont donnés par la figure (III.4).

Les résultats obtenus pour les différentes fréquences sont présentés dans les tableaux (III.17) et (III.18).

**Tableau (III.17) : Hydrogramme de crues (cas de la montée)**

Temps (h)	Période de retour T					
	10	20	50	100	1000	10000
0	0	0	0	0	0	0
1	6.04	7.63	9.68	12.03	17.96	24.61
2	24.15	30.53	38.72	48.14	71.82	98.44
3	54.34	68.70	87.12	108.31	161.61	221.49
4	96.61	122.13	154.89	192.55	287.30	393.75
5	150.95	190.83	242.01	300.86	448.90	615.24
5,51	183.31	231.75	293.9	365.37	545.15	747.15

**Tableau (III.18) : Hydrogramme de crues (cas de la descente)**

Temps (h)	Période de retour T					
	10	20	50	100	1000	10000
0	183,31	231,75	293,90	365,37	545,15	747,15
2	114.48	144.73	183.54	228.17	340.44	466.59
4	65.47	82.78	104.97	130.50	194.71	266.86
6	32.93	41.64	52.80	65.64	97.94	134.24
8	13.49	17.05	21.62	26.88	40.11	54.97
10	3.76	4.76	6.03	7.50	11.19	15.33
12	0.39	0.49	0.62	0.78	1.16	1.59
13.77	0	0	0	0	0	0

L'hydrogramme de crue obtenu pour différentes périodes de retour est donné par la figure (III.4).

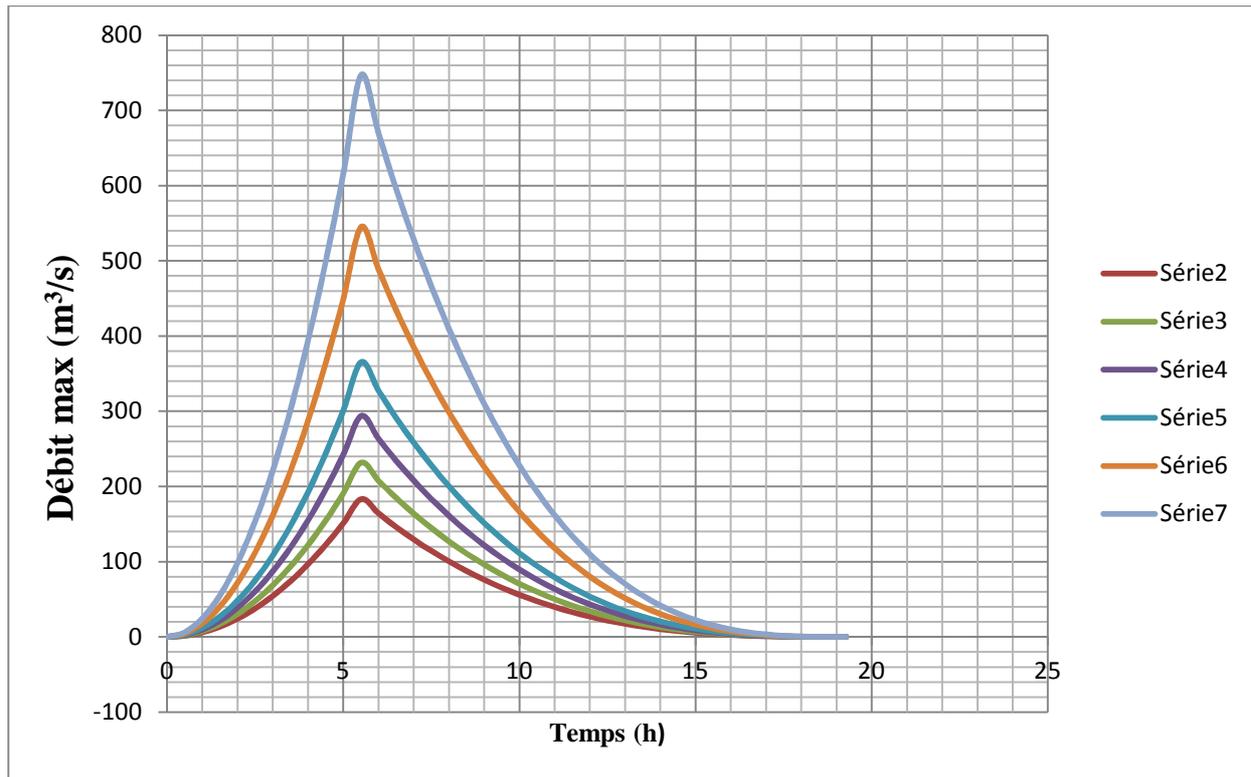


Figure (III.6) : Hydrogramme de crues probables

### III.4.3. Estimation de la crue de projet

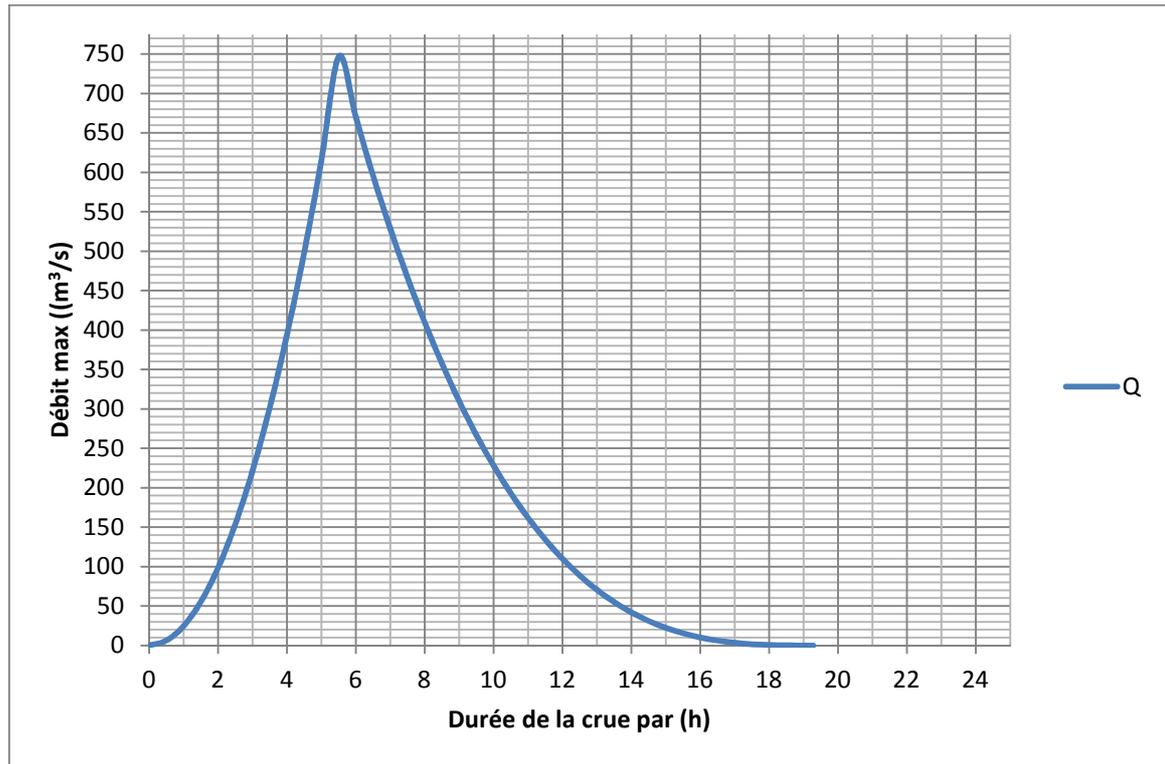
Le choix de la crue de ce projet dépend essentiellement de l'importance de l'ouvrage à réaliser, des conséquences qui peuvent être causées à l'aval et des considérations technico-économiques liées à l'aménagement et à l'environnement, les catégories des dommages qui peuvent être causés et les crues de projet recommandées sont données dans le tableau (III.19) [7].

Tableau (III.19) : Crue de projet recommandée

Catégories des dommages		Crue de projet recommandée de probabilité de dépassement annuelle
Elevés	Perte de vie Dommages considérables	1/100000 à 1/10000
Importants	Pas de perte de vie Dommages importants	1/10000 à 1/1000
Faibles	Pas de perte de vie Dommages légers	1/1000 à 1/100

On considère que les connaissances hydrologiques paraissent moyennes, le risque en aval est élevé (zones urbaines en aval et volume d'emmagasinement relativement important) donc, selon les recommandations du Comité Australien des Grands Barrages, nous optons pour une crue de projet de probabilité de 0,01%) en vérifiant le comportement de l'ouvrage pour la période de retour de 10000 ans.

$$Q_{\max 0.01\%} = 747,15 \text{ m}^3/\text{s}$$



*Figure (III.7) : Hydrogramme de la crue de projet*

### III.5. Conclusion

D'après l'étude hydrologique et l'analyse des résultats obtenus, on constate que :

- Les apports mensuelles reflètent les particularités du régime des apports et son irrégularité, ce qui est confirmé par le coefficient de variation  $C_v = 0,76$  ;
- L'apport moyen interannuel est de  $2.5 \text{ Mm}^3/\text{an}$  ;
- L'apport moyen fréquentiel est de  $1.17 \text{ Mm}^3/\text{an}$  ;
- Le volume mort est de  $2.63 \text{ Mm}^3/\text{an}$  ;

Le débit de la crue maximal qui sera pris en compte pour l'étude de laminage est la crue de 10000 ans,  $Q_{0.001\%} = 747,15 \text{ m}^3/\text{s}$ , déterminée à partir de l'hydrogramme des crues.

## IV.1. Introduction

Le but de la régularisation est de déterminer la capacité optimum de la retenue du barrage qui permet de rendre réguliers les débits de l'oued Mestaoua, afin de satisfaire les besoins en eau d'irrigation avec le moindre risque de défaillance possible.

Par contre l'étude du laminage consiste, à déterminer la côte maximale atteinte par le plan d'eau, ainsi que le dimensionnement optimum de l'évacuateur de crue en fonction des hauteurs laminées sans affecter la sécurité globale du barrage [7].

## IV.2. Etude de la régularisation

Dans la présente étude, les paramètres indispensables au calcul de la régularisation sont :

- La répartition mensuelle de l'apport ( $A_{80\%} \text{ Hm}^3$ ).
- La répartition mensuelle des besoins en eau d'irrigation.
- La répartition mensuelle des pertes par évaporations et infiltrations.
- Les courbes caractéristiques de la retenue.

### IV.2.1. Courbes caractéristiques de la retenue

Les caractéristiques (hauteur-surface-volume) du réservoir ont été estimées pour différentes altitudes à partir du levé topographique de la cuvette à l'échelle 1/2000. Si on suppose que la cuvette est comprise entre une côte minimale de 179.1 m et une côte maximale de 240 m, l'approximation des volumes a été faite selon l'expression des bassins versants accidentés [3]:

$$\Delta V_i = \frac{\Delta h_i}{3} (S_i + S_{i+1} + \sqrt{S_i S_{i+1}}) \quad (\text{IV.1})$$

Avec :

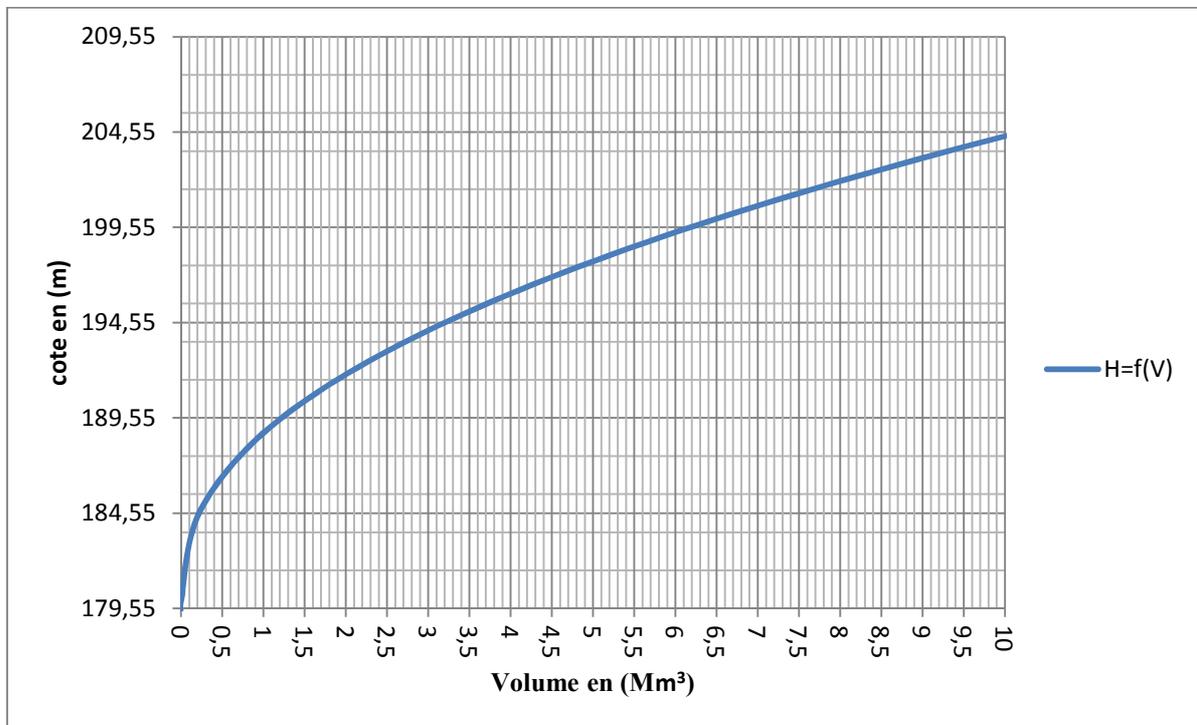
- $S_i$ : Surface du plan d'eau correspondant à la courbe de niveau  $H_i$  en  $\text{m}^2$ .
- $S_{i+1}$  : Surface du plan d'eau correspondant à la courbe de niveau  $H_{i+1}$  en  $\text{m}^2$ .
- $\Delta h_i$  : Différence d'altitude entre les deux courbes de niveau successives.
- $\Delta V_i$  : Volume élémentaire compris entre deux courbes de niveau successives ( $\text{m}^3$ ).

Les caractéristiques topographiques et volumétriques de la retenue sont données dans le tableau (IV.1).

La courbe de surface et de capacité de la retenue est donnée dans les figures (IV.1) et (IV.2) respectivement.

**Tableau (IV.1) : Caractéristiques topographiques et volumétriques de la retenue**

Cotes (m.NGA)	Hauteur de la couche $\Delta h_i$ (m)	Surface $S_i$ ( $m^2$ )	Capacité de la tranche $\Delta V_i$ ( $m^3$ )	Capacité du barrage $V$ ( $m^3$ )	Profondeur moyenne du barrage $H_{moy}$ (m)
179,1	0	0	0	0	0
180	0,9	6782,39	2034,717	2034,717	0,3
185	5	125849,06	269745,258	271779,975	2,16
190	5	323655,29	1085542,24	1357322,22	4,19
195	5	511879,9	2070940,38	3428262,6	6,7
200	5	722211,36	3070181,54	6498444,13	9
205	5	921558,91	4099315,12	10597759,3	11,5
210	5	1085840,14	5012886,37	15610645,6	14,38
215	5	1197499	5706071,37	21316717	17,8
220	5	1312137,3	6271907,7	27588624,7	21,03
225	5	1409069,56	6801578,01	34390202,7	24,41
230	5	1528246,22	7341273,87	41731476,6	27,31
235	5	1633599,67	7903151,65	49634628,2	30,38
240	5	1714596,43	8369673,71	58004301,9	33,83

**Figure (IV.1) : La courbe capacité-hauteur**

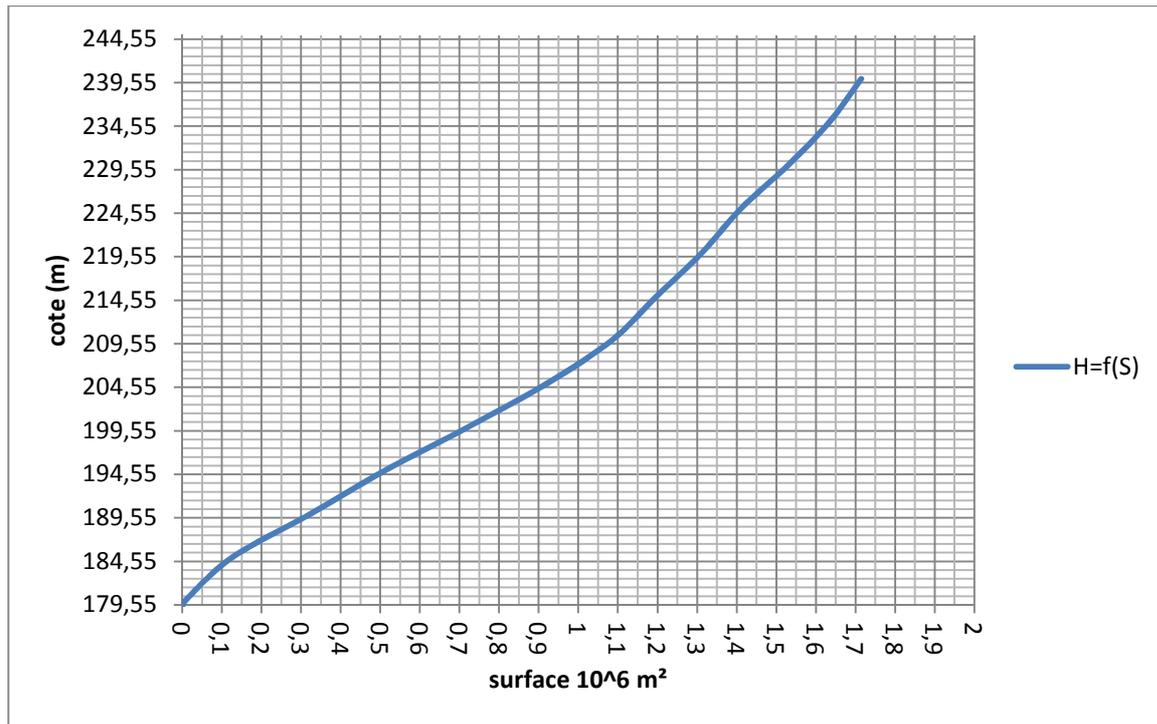


Figure (IV.2) : La courbe surface-hauteur

#### IV.2.2. Choix du type de la régularisation

Le choix de type de régularisation dépend des besoins en eau à satisfaire et de l'apport fréquentiel interannuel. Les besoins en eau à satisfaire sont représentés dans le tableau (IV.2).

Tableau (IV.2) : Répartition mensuelle des besoins en eau

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou
Irrigation (hm <sup>3</sup> )	0,47	0	0	0	0	0	0	0,16	0,47	0,62	0,79	0,63
Total (hm <sup>3</sup> ) U : 3,125												

$\sum_{i=1}^{12} U > A_{80\%}$ , donc on doit faire une régularisation interannuelle.

#### IV.2.3. Régularisation interannuel

La régularisation interannuelle a pour but de satisfaire la consommation durant plusieurs années. Pour effectuer cette étude, on a choisi la méthode de Kritsky-Menkel.

##### IV.2.3.1. Calcul du volume utile interannuel sans tenir compte des pertes

###### a) Méthode graphique

La première méthode de Kritsky-Menkel prévient l'utilisation des formules suivantes :

$$V_{\text{int.an}} = \beta_{\text{int.an}} \cdot A_0 \quad (\text{IV.2})$$

$$V_{an} = \beta_{an} \cdot A_0 \quad (IV.3)$$

$$V_{u\text{int}} = (\beta_s + \beta_{plur}) A_0 = V_{an} + V_{\text{int.an}} \quad (IV.4)$$

Avec :

- $V_{u\text{int}}$  : volume utile interannuel
- $V_{\text{int.an}}$  : volume interannuel
- $V_{an}$  : volume annuel
- $A_0$  : apport moyen interannuel
- $\beta_s$  : composante saisonnière du volume utile
- $\beta_{plur}$  : composante pluri-annuelle du volume utile

- **La composante saisonnière  $\beta_s$**

La composante saisonnière est déterminée à partir de l'abaque de Kritsky-Menkel, qui est fonction du coefficient de régularisation  $\alpha$  et de  $m$  correspondant au volume relatif de l'écoulement pendant l'étiage au cours de l'année (annexe C) [8].

- ✓ **Calcul de coefficient de régularisation  $\alpha$**

$$\alpha = \frac{U_{p\%}}{A_0} \quad (IV.5)$$

- $U_{p\%}$  : Demande en eau à satisfaire pour une garantie de P% ( $\text{Mm}^3$ )
- $\alpha = 0,80$

- ✓ **Calcul de volume relatif de l'écoulement pendant l'étiage  $m$**

$$m = \frac{\sum_1^{N_{\text{int}}} A_m}{A_0} \quad (IV.6)$$

Avec :

- $m$  : Volume relatif de l'écoulement pendant l'étiage au cours de l'année ( $\text{Mm}^3$ )
- $\sum_1^{N_{\text{ét}}} A_m$  : Apport pendant la période d'étiage ( $\text{Mm}^3$ )

$$m = 0,40 \text{ Mm}^3$$

A partir de l'abaque de Kritsky-Menkel, on constate que la valeur de  $\beta_s$ , est :

$$\beta_s = 0,35$$

Donc, le volume annuel (saisonnier) sera :

$$V_{an} = 0,87 \text{ Mm}^3$$

- **La composante pluri-annuelle  $\beta_{plur}$**

La composante interannuelle est déterminée à partir de l'abaque de Kritsky-Menkel ou de celui de Plechkov, qui est fonction du coefficient de variation  $C_v$ , du coefficient d'asymétrie  $C_s$ , du coefficient de régularisation  $\alpha$  et de la probabilité P (%) (annexe C) [9].

- ✓ **Calcul de coefficient de variation  $C_v$  et le coefficient d'asymétrie  $C_s$**

En utilisant le logiciel de Stokstat on a trouvé les valeurs suivantes :

$$C_v = 0,643$$

$$C_s = 1,5$$

A partir de l'abaque de Kritsky-Menkel, la valeur de la composante pluriannuelle est :

$$\beta_{plu} = 0,6$$

Soit :  $V_{int} = 1,5 \text{ Mm}^3$

Le volume utile interannuel est :

$$V_{u.int} = 2.4 \text{ Mm}^3$$

A partir de l'abaque de Plechkov, la valeur de la composante pluriannuelle est :

$$\beta_{plu} = 0,75$$

Soit :  $V_{int} = 1.87 \text{ Mm}^3$

Le volume utile interannuel est :

$$V_{u.int} = 2.7 \text{ Mm}^3$$

### **b) Modélisation Statistique**

- **Description de la méthode de calcul**

L'objectif de cette modélisation est de déterminer le nombre d'années de sécheresse successives maximales qui peuvent se produire dans le bassin versant. Le procédé de calcul est comme suit [10,11]:

- Créer des valeurs aléatoires par le générateur des variables aléatoire de l'excel ;
- A partir des tables de Foster-Rebkine, on fait sortir les valeurs de (Fp) en fonction du coefficient d'asymétrie et les probabilités ( $P_{20\%}$ ) ;
- Ensuite, on calcul les volumes déficitaires ;
- Puis on calcul le coefficient de variation ainsi que le coefficient d'asymétrie de l'échantillon des volumes déficitaires à l'aide du logiciel Stokstat.

$$C_v = 0,655$$

$$C_s = 2,156$$

$$P(\%)' = 100 - P(\%) \quad (IV.7)$$

$$P(\%)' = 20\%$$

Fp<sub>(20%)</sub> peut être tiré de la table de FOSTER-REBKINE:

$$F_{p(20\%)} = 0,57$$

$$F_{P,20\%} = C_v \cdot F_{p,10\%} + 1 \quad (IV.8)$$

$$K_{P(20\%)} = 1,37$$

$$n_{(20\%)} = K_{P(20\%)} \cdot \bar{n} \quad (IV.9)$$

$$n_{(20\%)} = 2,54$$

$$dv = D - V_s \quad (IV.10)$$

$$dv = 2,25 \text{ Mm}^3$$

- **Calcul du volume interannuel**

$$V_{u.int} = n_{(20\%)} \cdot dv \quad (IV.11)$$

$$V_{uint} = 5,715 \text{ hm}^3$$

**Remarque:** Les résultats obtenus des volumes qui régularisent l'écoulement de la retenue en utilisant la modélisation statistique sont plus satisfaisants, que les résultats obtenus par la méthode graphique, parce que la modélisation statistique tient compte des combinaisons d'années, non favorable (des cycles à gros débit et des cycles à faibles débits) quand obligatoirement les eaux débordent, ou bien ne sont pas suffisantes. Donc, les résultats obtenus par la modélisation statistique sont admis comme résultats représentatifs.

#### IV.2.3.2. Calcul du volume utile interannuel en tenant compte des pertes

Avant de calculer le volume utile en tenant compte des pertes, on va utiliser le volume interannuel calculé par la modélisation statistique.

$$V_{uint} = 5,715 \text{ hm}^3$$

##### a) Calcul du volume évaporé

$$V_{év} = \bar{S} E \quad (IV.12)$$

–  $\bar{S}$  : Surface moyenne qui correspond à  $\bar{V}$  (m<sup>2</sup>)

$$\bar{V} = \frac{V_{u\text{int}}}{2} + V_m \quad (\text{IV.13})$$

- $\bar{V}$  : Volume moyen (hm<sup>3</sup>)
- $V_m$  : volume mort (hm<sup>3</sup>)
- $V_{u\text{int}}$  : volume utile interannuel (hm<sup>3</sup>)

$$\bar{V} = 5,47 \text{ hm}^3$$

A partir des courbes (Hauteur-Capacité-Surface), la valeur de  $\bar{S}$  est :

$$\begin{aligned} \bar{S} &= 660000 \text{ m}^2 \\ V_{\bar{e}} &= 1717980 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

#### b) Calcul de volume infiltré

$$V_{\text{inf}} = 9\bar{V} \quad (\text{IV.14})$$

$$V_{\text{inf}} \cong 1312800 \text{ m}^3$$

Avec :

$$V_{\text{int}} \cong 5,715 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{inf}} = 1312800 \text{ m}^3$$

Soit

$$V_u \cong 8745780 \text{ m}^3$$

On admet un volume utile :  $V_u = 8,745 \text{ m}^3$

- Le volume normal de la retenue est :  $V_{\text{NNR}} = 11,38 \text{ m}^3$
- La cote au niveau normal de la retenue est  $\text{NNR} = 205,85 \text{ m.NGA}$
- La cote au niveau du volume mort est  $\text{NVM} = 193,4 \text{ m.NGA}$

### IV.3. Laminage des crues

Il existe plusieurs procédés de calcul, on cite :

- Méthode de Kotcherine
- Méthode de Step by Step
- Méthode de Hidenblat.

#### IV.3.1. Principe de calcul

$$Q(t).dt = q(t).dt + S(t).dH \quad (\text{IV.15})$$

Avec :

- $Q_c(t)$  : débit de crue entrant à l'instant t (m<sup>3</sup>/s)
- $q(t)$  : débit déversé par l'évacuateur de crue (m<sup>3</sup>/s)
- $S$  : surface du plan d'eau de la cuvette à l'instant t (m<sup>3</sup>/s)

- Le débit cumulé à l'instant t est :

$$(Q - q) dt = S dH \quad \text{ou} \quad Q - q = S \cdot \frac{dH}{dt} \quad (\text{IV.16})$$

Avec :

$\frac{dH}{dt}$  : représente la vitesse de remplissage dans la retenue.

### IV.3.2. Laminage de la crue de projet par la méthode de KOTCHERINE

La méthode de Kotchirine est un procédé grapho-analytique qui se base sur les principes suivants [12] :

- L'hydrogramme de crue est considéré comme un triangle ou un trapèze,
- Les débits transitent par l'évacuateur de crue se déversent selon une fonction linéaire,
- Le laminage commence avec le remplissage de la cuvette au niveau normal de la retenue (NNR).
- Les pertes par infiltration et évaporation sont considérées comme nulles au moment de la crue.

#### IV.3.2.1. Estimation du débit de la crue laminée

$$V_F = V_c \left( 1 - \frac{q}{Q} \right) \quad (\text{IV.17})$$

Avec :

- $V_F$  : le volume de charge sur le déversoir déduit par la courbe capacité hauteur ( $\text{m}^3$ )
- $V_C$  : le volume de la crue correspondant au Q ( $\text{m}^3$ )
- Q : le débit de la crue en  $\text{m}^3/\text{s}$
- q : le débit laminé  $\text{m}^3/\text{s}$

De cette relation déduit le débit de crue laminée :

$$q = Q \cdot \left( 1 - \frac{V_F}{V_c} \right) \quad (\text{IV.18})$$

Cette relation montre une réduction du débit de pointe de la crue au fur et à mesure que le niveau d'eau augmente dans la cuvette.

#### IV.3.2.2. Estimation de la charge au dessus du déversoir

Le débit de crue transitant par l'évacuateur de crue se calcule pour différentes charges (H), et différentes largeurs du seuil déversant (b) de l'évacuateur de crues par la relation :

$$q = m b \cdot \sqrt{2g} H_0^{3/2} \quad (\text{IV.19})$$

Avec :

- $m$  : coefficient de débit, dépendant notamment de l'épaisseur du déversoir par rapport à la charge  $H_0$ , et de la forme de la crête du déversoir, pour notre cas il est constant et égal à 0,49
- $g$  : l'accélération de pesanteur; [ $g = 9,81 \text{ m}^2/\text{s}$ ]
- $b$  : la largeur de déversoir [m]
- $H_0$  : la charge sur le déversoir.

▪ **Procédé de calcul**

- on donne différentes valeurs des lames d'eau  $H = 0.2 ; 0,4 ; \dots ; 4$ .
- puis on définit la cote PHE = NNR+H = 205,85+H
- A l'aide de la courbe capacité-hauteur, on détermine le volume  $V_{\text{PHE}}$  relatif à chaque PHE.
- On définit aussi le volume en charge pour chaque lame tel que :
 
$$V_f = V_{\text{PHE}} - V_{\text{NNR}} = V_{\text{PHE}} - 11,38$$
- Et enfin, définir le volume de la crue pour l'hydrogramme de crue ayant une forme triangulaire.

Les données de départs pour la méthode de KOTCHERINE sont données dans le tableau (IV.3).

Des itérations de différentes largeurs ( $b$ ) donnent des courbes qui peuvent s'entrecroiser avec celle de  $Q_{\text{max,p\%}}$ . Ce sont ces points de croisement qui permettent de définir le débit de crue laminé correspondant à la largeur donnée, les résultats de calcul pour le laminage de la crue de projet par la méthode de KOTCHERINE sont donnés dans les tableaux (IV.4) et (IV.5) et les figures (IV.3) et (IV.4).

**Tableau (IV.3) : Données de départ pour la méthode de KOTCHERINE**

b (m)	H (m)	NHPE (m.NGA)	V <sub>f</sub> (hm <sup>3</sup> )	q (m <sup>3</sup> /s)
3823,9	0,2	206,05	0,17	742,34
1341,7	0,4	206,25	0,37	736,68
724,7	0,6	206,45	0,57	731,02
467,1	0,8	206,65	0,77	725,36
331,6	1	206,85	0,97	719,70
250,3	1,2	207,05	1,17	714,04
197,0	1,4	207,25	1,37	708,38
160,0	1,6	207,45	1,57	702,72
133,0	1,8	207,65	1,77	697,06
112,6	2	207,85	1,97	691,40
96,8	2,2	208,05	2,17	685,74
84,3	2,4	208,25	2,37	680,08
74,1	2,6	208,45	2,59	673,85
65,7	2,8	208,65	2,79	668,19
58,7	3	208,85	2,99	662,53
52,9	3,2	209,05	3,19	656,87
47,9	3,4	209,25	3,39	651,21
43,5	3,6	209,45	3,59	645,55
39,7	3,8	209,65	3,85	638,19
36,4	4	209,85	4,05	632,53

**Tableau (IV.4) : Débits déversant en fonction de H, b et le volume de la crue**

H	q(35)	q(40)	q(45)	q(50)	q(55)
0.2	6.79451747	7.76516282	8.73580817	9.70645352	10.6770989
0.4	19.2177975	21.9631971	24.7085968	27.4539964	30.1993961
0.6	35.3053484	40.3489696	45.3925908	50.436212	55.4798332
0.8	54.3561397	62.1213025	69.8864654	77.6516282	85.416791
1	75.9650146	86.8171596	97.6693045	108.521449	119.373594
1.2	99.858605	114.12412	128.389635	142.65515	156.920665
1.4	125.836224	143.812828	161.789431	179.766035	197.742638
1.6	153.74238	175.705577	197.668774	219.631971	241.595169
1.8	183.451972	209.659396	235.866821	262.074245	288.28167
2	214.861508	245.556009	276.25051	306.945011	337.639512
2.2	247.883516	283.295447	318.707377	354.119308	389.531239
2.4	282.442787	322.791757	363.140726	403.489696	443.838666
2.6	318.473755	363.970005	409.466256	454.962506	500.458757
2.8	355.918591	406.764103	457.609616	508.455129	559.300642
3	394.725795	451.115194	507.504593	563.893993	620.283392
3.2	434.849118	496.97042	559.091723	621.213025	683.334328
3.4	476.246724	544.281971	612.317217	680.352463	748.387709
3.6	518.880533	593.006323	667.132113	741.257904	815.383694
3.8	562.715685	643.10364	723.491595	803.87955	884.267505
4	607.720117	694.537277	781.354436	868.171596	954.988756

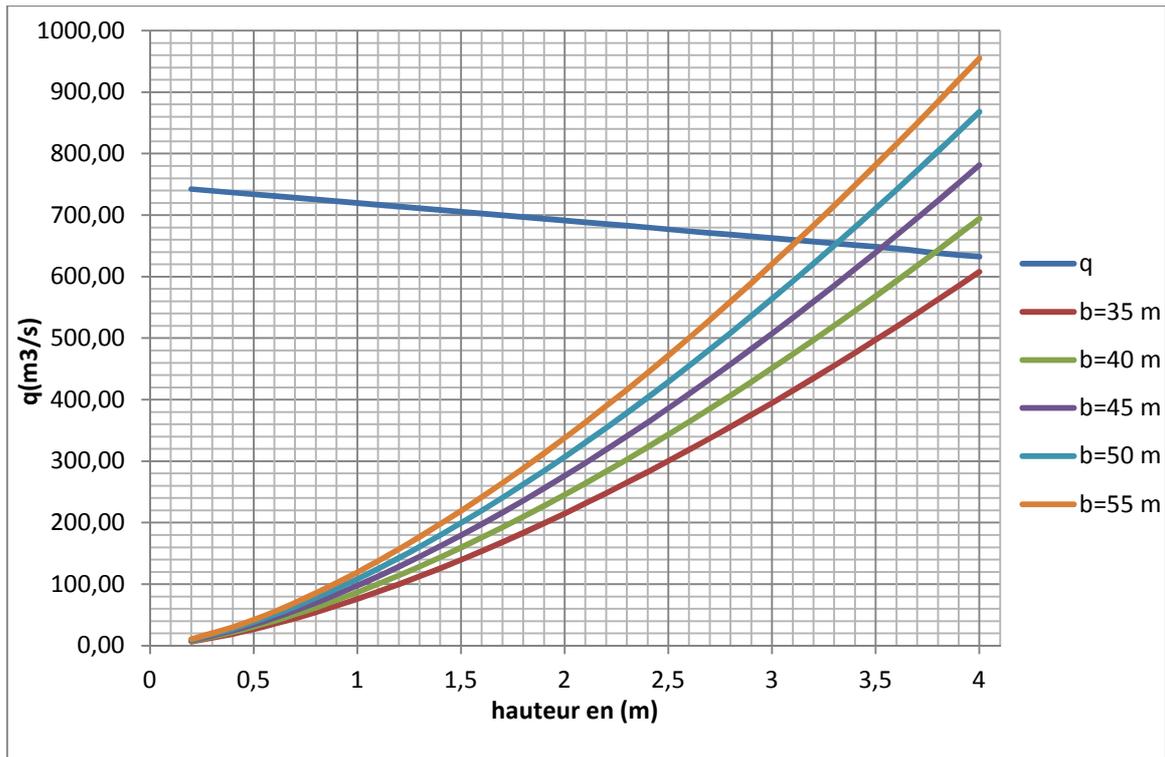


Figure (IV.3): Laminage de la crue de projet pour différentes largeurs du déversoir

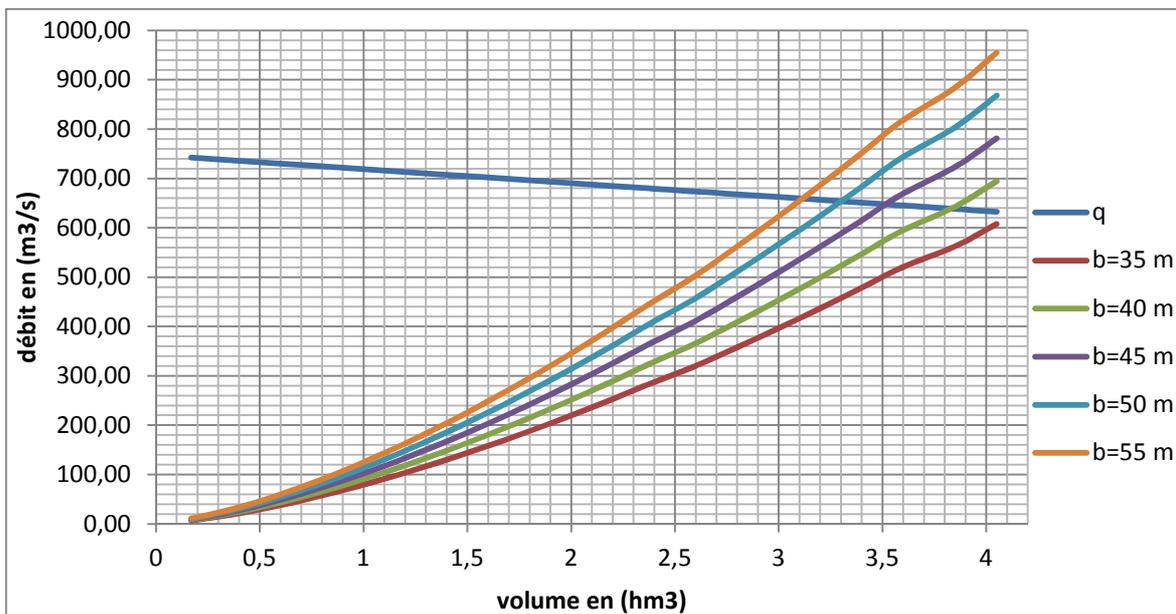


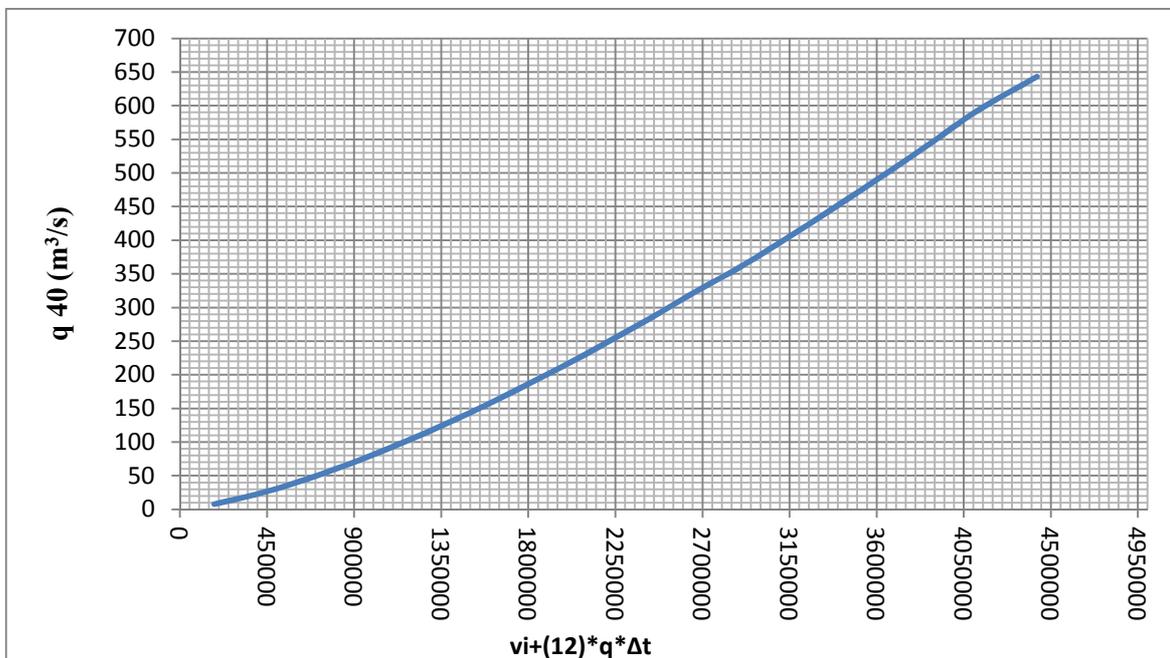
Figure (IV.4) : Courbes  $V=F(Q,q)$  avec différentes largeurs du déversoir

On opte pour une largeur de déversoir de  $b = 40$  m, correspondant à un débit laminé  $q = 639 \text{ m}^3/s$ , une charge de 3,78 m et un volume forcé de  $3,79 \text{ hm}^3$ .

Le résultat du laminage de la crue de projet par la méthode de KOTCHERINE avec une largeur  $b = 40$  m, est donné dans le tableau (IV.5), alors que la figure (IV.5) montre la courbe du débit déversant.

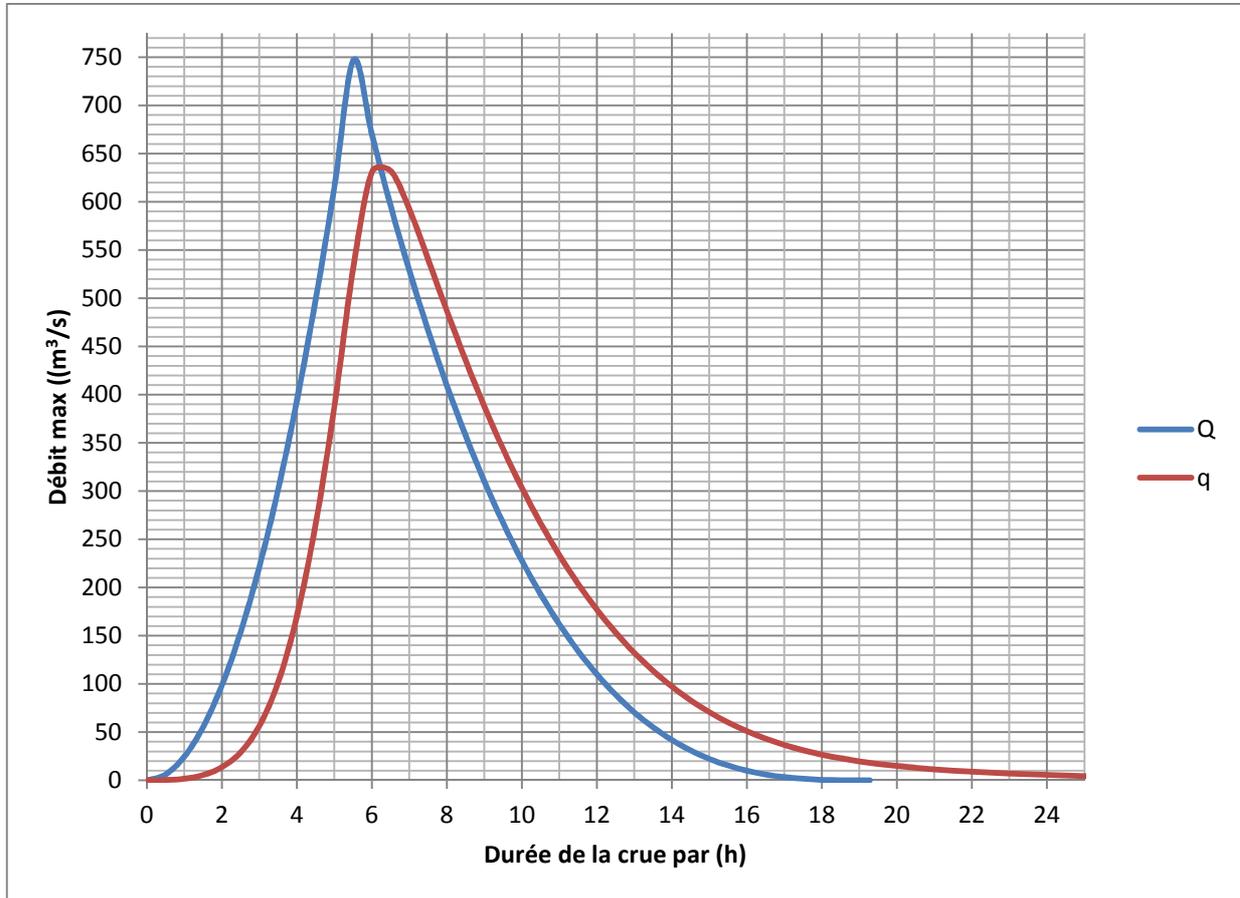
**Tableau (IV.5) : Résultat du laminage par la méthode de KOTCHERINE  $b=40$  m**

$V_f$	$q$ ( $b=40$ )	$v_i+(1/2).q.\Delta t$
0	0	0
0,17	7,76516282	176989
0,37	21,9631971	389767
0,57	40,3489696	606314
0,77	62,1213025	825909
0,97	86,8171596	1048135
1,17	114,12412	1272712
1,37	143,812828	1499432
1,57	175,705577	1728135
1,77	209,659396	1958693
1,97	245,556009	2191000
2,17	283,295447	2424966
2,37	322,791757	2660513
2,59	363,970005	2917573
2,79	406,764103	3156088
2,99	451,115194	3396004
3,19	496,97042	3637273
3,39	544,281971	3879854
3,59	593,006323	4123706
3,85	643,10364	4428793

**Figure (IV.5) : Courbe des débits déversant avec  $b=40$**

### IV.3.3. Laminage pour un déversoir de largeur $b = 40\text{m}$ :

Une fois la largeur du déversoir est fixée, la courbe des débits déversant en fonction de la variation du volume d'eau au-dessus du déversoir sera calculée et tracée par la méthode de HILDENBLAT, elle illustrée dans la figure (IV.6), (Annexe C).



*Figure (IV.6) : Laminage des crues par la méthode de HILDENBLAT*

## IV.4. Conclusion

Finalement on recommande à choisir les paramètres suivants :

- La capacité totale du barrage :  $VNNR = 11,38 \text{ Mm}^3$
- La cote au niveau normal de la retenue est  $NNR = 205,85 \text{ m.NGA}$
- La cote au niveau du volume mort :  $NVM = 193,4 \text{ m.NGA}$
- La cote des plus hautes eaux :  $NPHE = 209.63 \text{ m.NGA}$

## V.1. Introduction

Les barrages en terre peuvent être constitués de matériaux de construction de caractéristiques très diverses, à la différence des barrages en béton ou même en enrochements dont les matériaux constitutifs restent contenu dans des fourchettes beaucoup plus étroites.

Le terme terre couvre tous une gamme de matériaux allant de l'argile pure très fine à des éléments très grossiers, dans certains cas même on utilise des roches altérées facilement compactables, tels que les latérites, des schistes et grés tendres,...etc.

Le choix du type de barrage se fait en fonction des caractéristiques locales, en particulier de la nature du sol de fondation et de la forme de la vallée, des problèmes de transport d'approvisionnement, de l'extraction des matériaux de construction de leurs zones d'emprunts ainsi que des conditions économiques.

L'étude géologique et géotechnique est la base fondamentale de cette étude, en effet c'est en fonction de la nature du sol de fondation et des matériaux de construction disponible au site du barrage.

## V.2. Le choix du type de barrage

Pour le choix du type de barrage, on a pris en considération les conditions géologiques de la fondation du barrage et la disponibilité des matériaux pour le remblai du corps du barrage, et on a opté pour un barrage en terre hétérogène noyau imperméable. C'est un barrage composé de différents matériaux, dans la plus part des cas composé de deux matériaux, l'un imperméable et l'autre résistant et perméable.

## V.3. Définition du profil général du barrage

### V.3.1. Hauteur du barrage

Pour déterminer la hauteur du barrage on va suivre les étapes suivantes [1] :

#### V.3.1.1. Calcul de la hauteur de la digue

$$H_b = \text{HNR} + H_d + R + H_S + T_a(\text{m})$$

Avec :

- $H_b$  : Hauteur de la digue de col ;
- HNR : Niveau normal de la retenue,  $\text{HNR} = \text{CNR} - C_f = 205,85 - 179,10 = 26,75 \text{ m}$  ;
- $H_d$  : Charge sur l'évacuateur de crues ;
- R : Revanche ;
- $H_S$  : Hauteur de sécurité,  $H_S = 0.5$  ;
- $T_a$  : Coefficient de tassement des barrages ;
- $C_f$  : Cote du fond (m) ;

### V.3.1.2. Calcul de la revanche

La revanche est une tranche de sécurité prévue au-dessus du niveau des plus hautes eaux (NPHE) afin d'éviter que les vagues submergent la digue. Plusieurs formules sont utilisées pour le calcul de la revanche :

#### a) Formule de STEVENSON GAILLIARD

$$R = 0,75H_v + \frac{V^2}{2g} \quad (\text{V.1})$$

Avec :

- R : Revanche (m) ;
- $H_v$  : Hauteur des vagues (m) ;
- V : Vitesse des vagues (m/s) ;
- g : Accélération de la pesanteur ( $\text{m}^2/\text{s}$ ) ;

Pour calculer la hauteur des vagues ( $H_v$ ), on a les formules empiriques suivantes :

$$H_v = 0,75 + 0,34\sqrt{F} - 0,26\sqrt[4]{F} \quad (\text{V.2})$$

Avec :

- $F_t$  : La distance entre le point le plus éloigné du réservoir et l'axe du barrage suivant laquelle le vent souffle fréquemment et direction du barrage, appelée Fetch,  $F = 1,58 \text{ km}$

#### Application numérique :

$$H = 0,75 + 0,34\sqrt{1,58} - 0,26\sqrt[4]{1,58} = 0,91$$

Et 
$$V = 1,5 + 2H = 1,5 + 2 \cdot 0,91 = 3,32 \text{ m/s}$$

Donc :

$$R = 0,75 \cdot 0,91 + \frac{3,32^2}{2 \cdot 9,81} = 1,24 \text{ m}$$

#### b) Formule de KALAL

$$R = H_v + H_{DV} \quad (\text{V.2})$$

$$H_{DV} = \frac{3,2.H_v.K_t}{m_{AM}} \quad (V.3)$$

- $H_{DV}$  : Hauteur de déferlement des vagues sur le talus ;
- $K_t$  : Coefficient qui dépend de type de surface des talus ;
- $m_{AM}$  : fruit amont, on prend  $m_{AM} = 3$

D'après le tableau (V.1) on va choisir le coefficient  $K_t$  :

**Tableau (V.1) : Valeur de  $K_t$  en fonction du type de surface des talus**

Type surface talus	$K_t$
Rip-Rap (bloc de pierres)	0.6 à 0.65
Pierres rangées	0.80
Dalles en béton armé	0.90
Pavé de béton bitumineux	1.00
Surface lisse (géomembrane)	1.4

On prend  $K_t = 0,6$

Le calcul de  $H_v$  se fait par la formule de STEVENSON :

$$H_v = 0,75 + 0,34\sqrt{1,58} - 0,26\sqrt[4]{1,58} = 0,91$$

Et  $H_{DV} = 0,58$  m

Donc :  $R = 1,49$  m

**c) Formule de MALLET et PAQUANT**

$$R = 0,75H_v + \frac{V^2}{2g} \quad (V.4) \quad \text{Avec :}$$

$$H = 0,5 + 0,33\sqrt{F} \quad (V.5)$$

$$H = 0,91 \text{ m}$$

Et  $V = 3,32 \text{ m/s}$

Donc :  $R = 1,24 \text{ m}$

**d) Formule simplifiée**

$$R = 1 + 0,3\sqrt{F} \quad (\text{V.6})$$

$$R = 1 + 0,3\sqrt{1,58} = 1,38\text{m}$$

Les résultats de calcul de la revanche sont donnés dans le tableau (V.2).

**Tableau (V.2) : Récapitulatif des résultats de calcul de la revanche**

Formule	$H_v(\text{m})$	R(m)
STEVENSON GAILIARD	0,91	1,24
KALAL	0,91	1,49
MALLET et PAQUANT	0,91	1,24
Formule simplifiée	/	1,38

On prend  $R = 1,49 \text{ m}$

Le niveau normal de la retenue (NNR) et la charge maximum sur le déversoir  $H_d$  ont été calculés dans le chapitre IV.

$$\text{NNR} = 205,85 \text{ m}$$

$$H_d = 3,78 \text{ m}$$

$$H_b = 26,75 + 3,78 + 1,49 + 0,5 = 32,52 \text{ m}$$

• **Calcul du tassement du barrage**

Pour les barrages dont la hauteur ne dépasse pas 40 m, on peut préalablement prendre le tassement égal à  $0,5 \div 1,5 \%$  de la hauteur du barrage [7] :

$$\text{D'où : } T_a = 0,005.H_b = 0,005.33,49 = 0,16\text{m} \quad (\text{V.7})$$

La hauteur totale du barrage est :

$$H_b = 32,68 \text{ m}$$

**V.3.2. La largeur en crête**

Pour les digues dont les hauteurs sont inférieures à 10 m, la largeur de la crête ne doit pas être inférieure à 3 m. Pour les digues de hauteur supérieure à 10 m, la largeur de la crête sera égale à  $1/3$  de la hauteur de la digue [1].

Différentes formules sont utilisées pour le calcul de la largeur en crête :

a) *Formule de KNAPENT*

$$b_{cr} = 1,65 \cdot \sqrt{H_b} \quad (\text{V.8})$$

b) *Formule d'E- F-PREECE*

$$b_{cr} = (1,1 \cdot \sqrt{H_b}) + 1 \quad (\text{V.9})$$

c) *Formule Anonyme (simplifiée)*

$$b_{cr} = 3,60 \cdot \sqrt[3]{H_b} - 3 \quad (\text{V.10})$$

d) *Formule pratique*

$$b_{cr} = \frac{5}{3} \sqrt{H_b} \quad (\text{V.11})$$

Avec :

- $H_b$  : Hauteur du barrage (m) ;

Les largeurs de la crête calculées sont regroupées dans le tableau (V.3) ci-dessous.

**Tableau(V.3) : Récapitulatif des résultats du calcul de la largeur en crête**

Formule	$b_{cr}$ (m)
KNAPENT	9,43
E- F-PREECE	7,28
Simplifiée	8,50
Pratique	9,52

On opte pour une largeur de crête égale à :

$$b_{cr} = 9 \text{ m}$$

### V.3.3. La longueur en crête

La longueur en crête est tirée à partir de la carte topographique de la région. Elle est égale à :

$$L_c = 60 \text{ m.}$$

### V.3.4. Pente des talus

Dans le tableau (V.4) on va choisir les pentes des talus suivant la hauteur du barrage [1] :

**Tableau (V.4) : Valeurs indicatives des types des pentes des talus**

Hauteur du barrage	Fruit des talus	
	Amont $m_1$	Aval $m_2$
$< 5$	$2 \div 2,5$	$1,5 \div 1,75$
$5 < H < 10$	$2,25 \div 2,75$	$1,75 \div 2,25$
$10 < H < 15$	$2,5 \div 3$	$2,0 \div 2,5$
$15 < H < 50$	$3 \div 4$	$2,5 \div 4$
$> 50$	$4 \div 5$	$4 \div 4,5$

Pour les calculs préliminaires, nous adoptant les valeurs suivantes :

- Talus amont :  $m_1 = 3$
- Talus aval :  $m_2 = 3$

### V.3.5. La base de la digue

La base de la digue est calculée par la formule suivante :

$$B = b_{cr} + 2mH_b \quad (V.12)$$

D'où :  $B = 205,08 \text{ m}$

### V.3.6. Bermes

Sur le talus amont on peut prévoir une berme pour permettre d'effectuer des contrôles sur la digue et de procéder à l'éventuelle réparation sur le talus et d'augmenter la stabilité du parement, aussi pour protéger le talus aval contre l'érosion due au ruissellement des eaux pluviales.

Les bermes sont exécutées pour des hauteurs de 10 à 15 m, leur largeur varie de 2 à 9 m, avec une pente de l'ordre de 3% [7].

Les cotes des bermes amont et aval sont :

$$CB_{am} = 194,1 \text{ m}$$

$$CB_{av} = 194,1 \text{ m}$$

La largeur des bermes aval et amont sont de 5 m.

La berme aval doit avoir une pente de 1% dans le sens du talus amont dont il est conçu un collecteur des eaux de ruissellements.

#### V.4.7. Dimensionnement du noyau

Pour dimensionner le noyau on doit suivre les étapes suivantes [7] :

*a) Hauteur à la crête*

$$H = H_b = 32,68 \text{ m}$$

*b) Largeur en crête*

Elle est donnée en fonction de la hauteur de la retenue, elle ne doit pas être inférieure à 2 m. Pour calculer la largeur du noyau on a la formule suivante :

$$l_n = \frac{1}{6} H_b \quad (\text{V.13})$$

Avec :

- $l_n$ : Largeur du noyau en crête ;

D'où :

$$l_n = 5,45 \text{ m}$$

*c) La base du noyau*

Pour calculer la base du noyau on a la formule suivante :

$$L_N = 6 + c.H_b \quad (\text{V.14})$$

Avec :

$L_N$  : La base du noyau ;

$c$  : coefficient  $0,30 \leq c \leq 0,75$ , on prend  $c = 0,7$  ;

Donc :  $L_N = 28,88 \text{ m}$

*d) Pente des talus*

La pente des talus du noyau à la fondation :

$$m_f = 1 \div 1,5$$

*e) Profondeur de fondation*

La profondeur de fondation est :

$H_f = 1,5 \div 6,5 \text{ m}$ , on prend  $H_f = 3 \text{ m}$

Le profile général du barrage est montré par la figure (V.1).

## V.5. Conclusion

D'après les résultats du dimensionnement, on a trouvé que :

- La hauteur totale du barrage  $H_b = 32,68$  m
- La largeur en crête  $b_{cr} = 9$  m
- La longueur en crête  $L = 60$  m
- La pente des talus  $m_1 = m_2 = 5$
- La base de la digue  $B = 205,08$  m
- La hauteur de la crête du noyau  $H_b = 32,68$  m
- La largeur en crête  $l_n = 5,45$  m
- La base du noyau  $L_N = 28,88$  m.

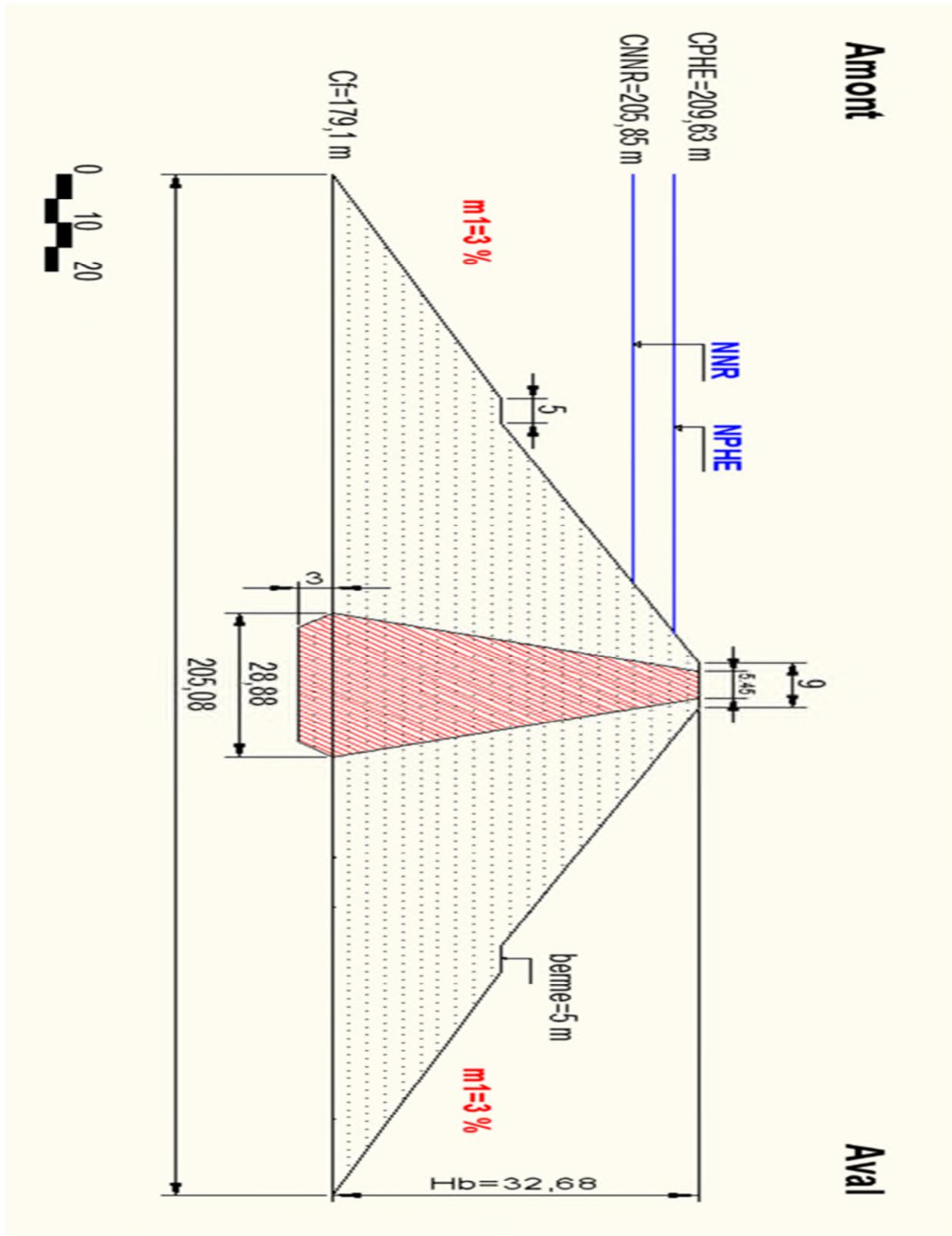


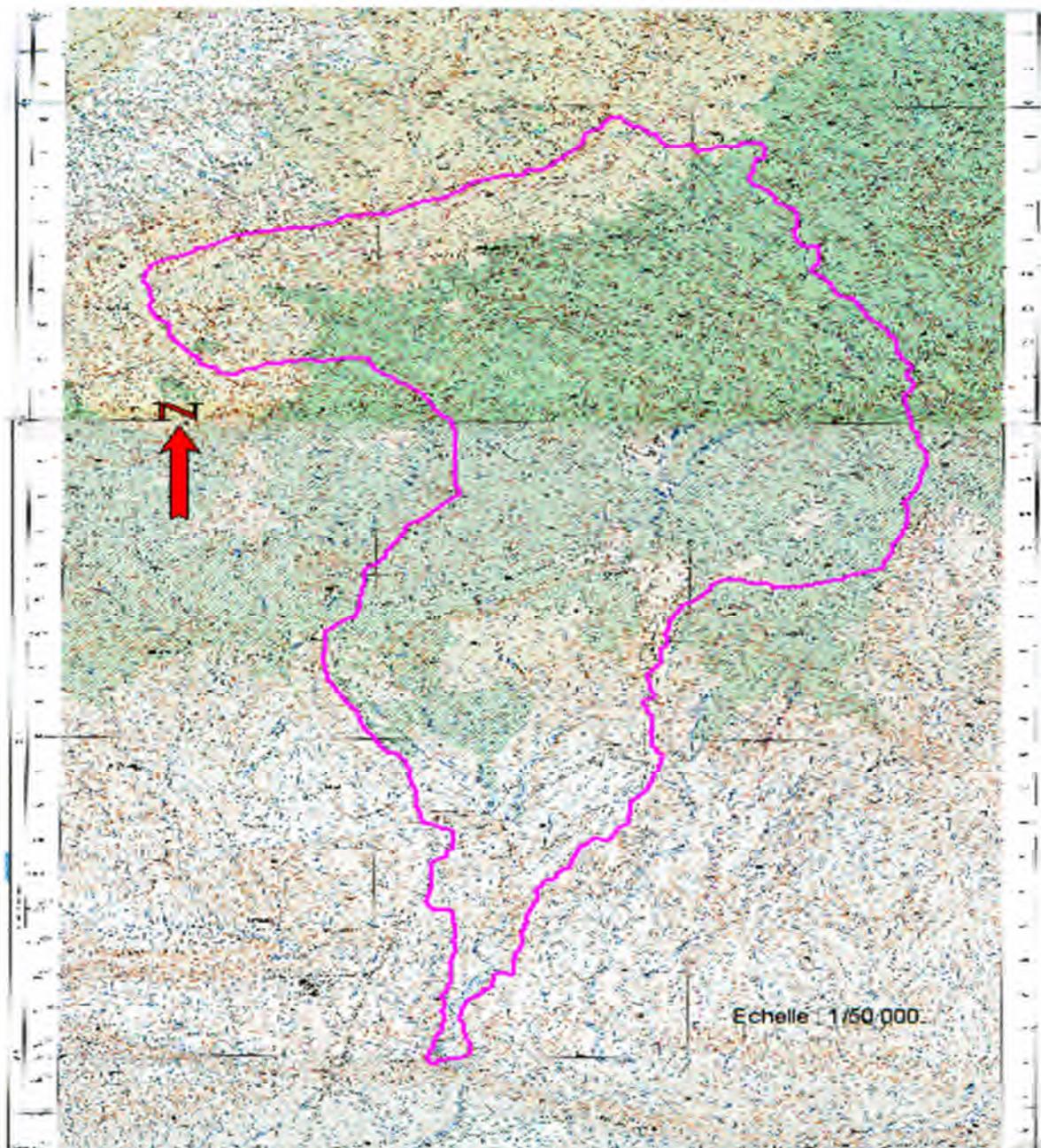
Figure (V.1) : Profil général d la digue

## CONCLUSION GENERALE

L'étude de faisabilité d'un projet d'un aménagement hydraulique important dans la wilaya de Biskra est le principal objectif du présent mémoire de fin d'études. Cet ouvrage d'envergure n'est autre que le barrage de Mestaoua, destiné essentiellement à l'irrigation de la région en question. On signale que la dite région est essentiellement à vocation agricole.

Les résultats des analyses et des investigations exécutées dans le cadre de l'étude de faisabilité du barrage Mestaoua (Biskra), permet de tirer les conclusions suivantes :

- Site favorable à la réalisation d'un barrage sur l'Oued Mestaoua dans le but de mobiliser les eaux de surface et leur utilisation à des fins d'irrigation, d'écarter les crues qui menacent les terres agricoles et d'alimenter les nappes alluvionnaires.
- La construction du barrage de Mestaoua est réalisable et n'implique aucune difficulté technique particulière. De plus, le choix d'un barrage du type "en terre" comme digue principale permet l'utilisation exclusive de matériaux disponibles in situ.
- Grâce à la capacité de sa retenue qui est de  $11.38 \text{ Mm}^3$ , le barrage peut assurer la pérennité de l'irrigation, permettant ainsi le développement du secteur de l'agriculture avec la mise en valeur de nouvelles terres.
- Pour sauvegarder les habitats situés en aval, le débit maximal de la crue maximal qui sera pris en compte pour l'étude de laminage est la crue de 10000 ans,  $Q_{0.001\%} = 747,15 \text{ m}^3/\text{s}$ , par contre le débit laminé est de  $639 \text{ m}^3/\text{s}$ .
- Après la détermination de la cote des plus hautes eaux, on a pu calculer la hauteur totale du barrage qui est de 32,68 m.



*Figure 1 : la carte topographique de Tkout et Mchouneche*

**Tableau 1 : Série des pluies maximales journalières de la station de T'kout**

année/ mois	sep	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mais	juin	juil	aout	Pmax
1968	9	0	4.5	3	2	32	7.5	1	28.5	0	8	8	32
1969	13	12	4.5	2.5	8	0	0	9	25	0	5	0	25
1970	0	30	0	14	40	0	1.6	0	0	0	0	0	40
1971	5	12.6	15.6	18.5	8	0	8	18	0	8	0	8	18.5
1972	32.8	28	24	45	10	0	8	3.1	0	0	0	0	45
1973	0	0	1	4.5	0	4	3.5	0	0.6	2.3	0	0	4.5
1974	8.2	3.7	5.1	1.4	4	2.5	3.5	2.5	10.2	0	0	0	10.2
1975	7.3	0	6.9	4	0	8	8	8	13.5	15.5	16.3	8.2	16.3
1976	48.5	13.2	16.4	13.3	22.9	3.2	0	8.3	69.9	16.4	2.1	6	69.9
1977	0	10.3	13.5	0	7.2	24.6	2.4	11.9	8	0	0.0	14.5	24.6
1978	0.3	7.3	0	1	8.5	7.1	5.6	33.5	2.1	18.7	4.5	1.7	33.5
1979	28.4	15.2	8.7	0	3.2	15.3	34.7	21.5	18.2	0	0	2.3	34.7
1980	54	14.2	24.9	48	0	10.5	14.1	8	0	27.5	0	9.4	54
1981	19.1	7	0	24.4	13.8	6.5	6.9	4.1	4.2	2.2	1.9	3.4	24.4
1982	15.4	16.4	18.3	0	0	5.4	3.5	2.2	9.4	9.5	0	30.2	30.2
1983	7	24	5.5	6.7	2	30.2	4.5	5.7	0.7	19.5	8	10.5	30.2
1984	3.2	27	2.4	2.5	23.2	6.2	25	9.4	24.2	1.6	0	0	27
1985	8.6	12.5	12.9	4.6	11.7	13.2	60	28.6	2.5	6.5	0.5	6.8	60
1986	29.7	41.2	4.8	7.7	7	14.6	6	5.5	8.5	0.5	2.4	1	41.2
1987	1	24	13	21	4.5	1	4.5	6	14.5	16.5	1.5	19.7	24
1988	9.8	2.5	39	9	2.5	17.2	8.3	18.5	5	26.8	1.4	59.2	59.2
1989	10.1	4.9	5.6	5.8	17.6	0	14.2	28.1	33	2.5	11.6	48.1	48.1
1990	5.9	2.6	30.5	7.4	0	7.6	20.5	11.1	1.4	8.3	4.8	12.1	30.5
1991	12.5	36.6	7.5	10.1	4.5	15.6	9.3	16.3	13.6	3.2	7.6	2.8	36.6
1992	18.8	5.5	33.7	2.6	0	13.9	6	6.6	9.1	3.4	0	1.7	33.7
1993	4.5	2.1	9.8	12.1	17.2	10.5	15.2	14.4	0.3	5.8	0.6	7.6	17.2
1994	19.5	13.5	11.6	1.6	9	0	41.4	5.4	4.7	15.7	3.1	7.4	41.4
1995	24.5	23.2	21.9	14.7	13.4	22.7	34.7	30.1	7.4	25.3	39.8	4.3	39.8
1996	4.9	0	0.1	6.6	2.4	6.8	8.4	10.7	3.2	0	0.2	3.6	10.7
1997	13.1	8.8	56	12.2	4.8	6.9	5.7	16.1	17	21.2	0	7.8	56
1998	0	7	0.5	3.1	6.5	5.3	3.6	3.3	12.2	15.8	10.7	6.3	15.8

**Tableau :Hydrogramme de crue de différentes périodes de retour**

T (heur)	Qmax, T=10	Qmax, T=20	Qmax, T=50	Qmax, T=100	Qmax, T=1000	Qmax, T=10000
0	0	0	0	0	0	0
0.5	1.50946473	1.90834352	2.42011719	3.00863634	4.4890333	6.15
1	6.04	7.63	9.68	12.03	17.96	24.61
1.5	13.5851825	17.1750916	21.7810547	27.077727	40.4012997	55.37
2	24.15	30.53	38.72	48.14	71.82	98.44
2.5	37.7366181	47.7085879	60.5029298	75.2159084	112.225833	153.81
3	54.34	68.7	87.12	108.31	161.61	221.49
3.5	73.9637715	93.5088323	118.585742	147.42318	219.962632	301.47
4	96.61	122.13	154.89	192.55	287.3	393.75
4.5	122.266643	154.575825	196.029493	243.699543	363.611698	498.34
5	150.95	190.83	242.01	300.86	448.9	615.24
5.51	183.31	231.75	293.9	365.37	545.15	747.15
6	164.429055	207.879731	263.628276	327.736861	488.999506	670.19
6.5	146.203251	184.837725	234.406935	291.409534	434.797349	595.91
7	129.693445	163.965172	207.936847	258.502503	385.698441	528.62
7.5	114.47581	144.72625	183.53849	228.171	340.44235	466.58994
8	100.49769	127.05439	161.12744	200.31008	298.87249	409.61677
8.5	87.70643	110.88302	140.61928	174.81479	260.83226	357.4811
9	76.04938	96.14556	121.92959	151.58017	226.16507	309.96832
9.5	65.47387	82.77546	104.97393	130.50128	194.71432	266.8638
10	55.92726	70.70614	89.66789	111.47315	166.32342	227.95293
10.5	47.35688	59.87103	75.92705	94.39084	140.83577	193.02109
11	39.71009	50.20355	63.66699	79.14939	118.09479	161.85365
11.5	32.93422	41.63715	52.80327	65.64386	97.94387	134.23601
12	26.97662	34.10524	43.25148	53.76929	80.22642	109.95354
12.5	21.78464	27.54127	34.9272	43.42072	64.78586	88.79162
13	17.30561	21.87865	27.746	34.49322	51.46557	70.53564
13.5	13.48689	17.05082	21.62346	26.88181	40.10898	54.97097
14	10.27581	12.99121	16.47516	20.48155	30.55949	41.883
14.5	7.61973	9.63326	12.21667	15.1875	22.66049	31.05712
15	5.46598	6.91037	8.76358	10.89469	16.25541	22.27869
15.5	3.76191	4.756	6.03145	7.49817	11.18763	15.3331
16	2.45486	3.10357	3.93587	4.89299	7.30058	10.00574
16.5	1.49219	1.8865	2.39242	2.9742	4.43765	6.08198
17	0.82122	1.03823	1.31667	1.63685	2.44226	3.34721
17.5	0.38932	0.4922	0.62419	0.77598	1.1578	1.58681
18	0.14381	0.18181	0.23057	0.28664	0.42769	0.58616
18.5	0.03205	0.04052	0.05139	0.06389	0.09532	0.13064
19	0.00138	0.00175	0.00222	0.00275	0.00411	0.00563

19.28	0	0	0	0	0	0
-------	---	---	---	---	---	---

**Tableau : Laminage des crues par la méthode de Hildenblat**

$\Delta t$ (h)	Q	Q, bar	$(Q, \text{bar} - q) * \Delta t$	$V_i + (1/2)q_i / \Delta t$	q
0	0	3.08	5535.00	0.00	0
0.5	6.15	15.38	27183.6442	5535.00	0.28
1	24.61	39.99	68960.2453	32718.64	1.68
1.5	55.37	76.91	128533.521	101678.89	5.50
2	98.44	126.13	202490.045	230212.41	13.63
2.5	153.81	187.65	285346.117	432702.46	29.12
3	221.49	261.48	368916.878	718048.57	56.53
3.5	301.47	347.61	442803.549	1086965.45	101.61
4	393.75	446.05	496707.88	1529769.00	170.10
4.5	498.34	556.79	524163.266	2026476.88	265.59
5	615.24	681.20	528178.296	2550640.15	387.76
5.51	747.15	708.67	316015.485	3078818.44	533.11
6	670.19	633.05	4162.33488	3394833.93	630.74
6.5	595.91	562.27	-125661.305	3398996.26	632.08
7	528.62	497.60	-170371.165	3273334.96	592.26
7.5	466.58994	438.10	-183924.371	3102963.79	540.28
8	409.61677	383.55	-185822.427	2919039.42	486.78
8.5	357.4811	333.72	-183159.261	2733216.99	435.48
9	309.96832	288.42	-178557.488	2550057.73	387.61
9.5	266.8638	247.41	-173028.931	2371500.24	343.54
10	227.95293	210.49	-166981.681	2198471.31	303.25
10.5	193.02109	177.44	-160587.21	2031489.63	266.65
11	161.85365	148.04	-153920.387	1870902.42	233.56
11.5	134.23601	122.09	-147015.755	1716982.04	203.77
12	109.95354	99.37	-139891.498	1569966.28	177.09
12.5	88.79162	79.66	-132560.396	1430074.78	153.31
13	70.53564	62.75	-125035.484	1297514.39	132.22
13.5	54.97097	48.43	-117333.416	1172478.90	113.61
14	41.883	36.47	-109476.89	1055145.49	97.29
14.5	31.05712	26.67	-101496.76	945668.60	83.05
15	22.27869	18.81	-93433.9329	844171.84	70.71
15.5	15.3331	12.67	-85341.1883	750737.90	60.08
16	10.00574	8.04	-77284.9573	665396.72	50.98
16.5	6.08198	4.71	-69346.819	588111.76	43.24
17	3.34721	2.47	-61624.6551	518764.94	36.70
17.5	1.58681	1.09	-54233.3139	457140.28	31.22
18	0.58616	0.36	-47304.5573	402906.97	26.64
18.5	0.13064	0.07	-40986.1957	355602.41	22.84
19	0.00563	0.00	-35437.1948	314616.22	19.69
19.5	0	0.09	-30575.8588	279179.02	17.08
20	0.18	0.10	-26644.1392	248603.16	14.90
20.5	0.02	0.01	-23505.4505	221959.02	13.07
21	0	0.00	-20696.4568	198453.57	11.50
21.5	0	0.00	-18273.1673	177757.12	10.15

22	0	0.00	-16184.8849	159483.95	8.99
22.5	0	0.00	-14375.4087	143299.07	7.99
23	0	0.00	-12799.8634	128923.66	7.11
23.5	0	0.00	-11422.0424	116123.79	6.35
24	0	0.00	-10212.4545	104701.75	5.67
24.5	0	0.00	-9146.86905	94489.30	5.08
25	0	0.00	-8205.21823	85342.43	4.56
25.5	0	0.00	-7370.75957	77137.21	4.09
26	0	0.00	-6629.43022	69766.45	3.68
26.5	0	0.00	-5969.34415	63137.02	3.32
27	0	0.00	-5380.39709	57167.68	2.99
27.5	0	0.00	-4853.95344	51787.28	2.70
28	0	0.00	-4382.5963	46933.32	2.43
28.5	0	0.00	-3959.92621	42550.73	2.20
29	0	0.00	-3580.39821	38590.80	1.99
29.5	0	0.00	-3239.18881	35010.40	1.80
30	0	0.00	-2932.08691	31771.22	1.63
30.5	0	0.00	-2655.40362	28839.13	1.48
31	0	0.00	-2405.89753	26183.72	1.34
31.5	0	0.00	-2180.71218	23777.83	1.21
32	0	0.00	-1977.3237	21597.12	1.10
32.5	0	0.00	-1793.49663	19619.79	1.00
33	0	0.00	-1627.24645	17826.29	0.90
33.5	0	0.00	-1476.80781	16199.05	0.82
34	0	0.00	-1340.60724	14722.24	0.74
34.5	0	0.00	-1217.2399	13381.63	0.68
35	0	0.00	-1105.44942	12164.39	0.61
35.5	0	0.00	-1004.11057	11058.94	0.56
36	0	0.00	-912.214178	10054.83	0.51
36.5	0	0.00	-828.854025	9142.62	0.46
37	0	0.00	-753.215409	8313.77	0.42
37.5	0	0.00	-684.565134	7560.55	0.38
38	0	0.00	-622.242714	6875.98	0.35
38.5	0	0.00	-565.652639	6253.74	0.31
39	0	0.00	-514.257547	5688.09	0.29
39.5	0	0.00	-467.572188	5173.83	0.26
40	0	0.00	-425.158076	4706.26	0.24
40.5	0	0.00	-386.618734	4281.10	0.21
41	0	0.00	-351.595468	3894.48	0.20
41.5	0	0.00	-319.763599	3542.89	0.18
42	0	0.00	-290.829102	3223.12	0.16
42.5	0	0.00	-264.52559	2932.29	0.15
43	0	0.00	-240.611629	2667.77	0.13
43.5	0	0.00	-218.868318	2427.16	0.12
44	0	0.00	-199.097121	2208.29	0.11
44.5	0	0.00	-181.117923	2009.19	0.10
45	0	0.00	-164.76727	1828.07	0.09
45.5	0	0.00	-149.896797	1663.31	0.08

46	0	0.00	-136.3718	1513.41	0.08
46.5	0	0.00	-124.069957	1377.04	0.07
47	0	0.00	-112.880167	1252.97	0.06
47.5	0	0.00	-102.701503	1140.09	0.06
48	0	0.00	-93.4422663	1037.39	0.05
48.5	0	0.00	-85.0191322	943.94	0.05
49	0	0.00	-77.3563743	858.93	0.04
49.5	0	0.00	-70.3851636	781.57	0.04
50	0	0.00	-64.042934	711.18	0.04
50.5	0	0.00	-58.2728066	647.14	0.03
51	0	0.00	-53.0230681	588.87	0.03
51.5	0	0.00	-48.2466982	535.84	0.03
52	0	0.00	-43.9009402	487.60	0.02
52.5	0	0.00	-39.9469119	443.70	0.02
53	0	0.00	-36.3492524	403.75	0.02
53.5	0	0.00	-33.0758015	367.40	0.02
54	0	0.00	-30.0973082	334.33	0.02
54.5	0	0.00	-27.3871667	304.23	0.02
55	0	0.00	-24.9211759	276.84	0.01
55.5	0	0.00	-22.6773213	251.92	0.01
56	0	0.00	-20.6355768	229.24	0.01
56.5	0	0.00	-18.7777243	208.61	0.01
57	0	0.00	-17.0871905	189.83	0.01
57.5	0	0.00	-15.5488973	172.74	0.01
58	0	0.00	-14.1491271	157.19	0.01
58.5	0	0.00	-12.8753998	143.04	0.01
59	0	0.00	-11.7163606	130.17	0.01
59.5	0	0.00	-10.6616784	118.45	0.01
60	0	0.00	-9.70195366	107.79	0.01
60.5	0	0.00	-8.82863402	98.09	0.00

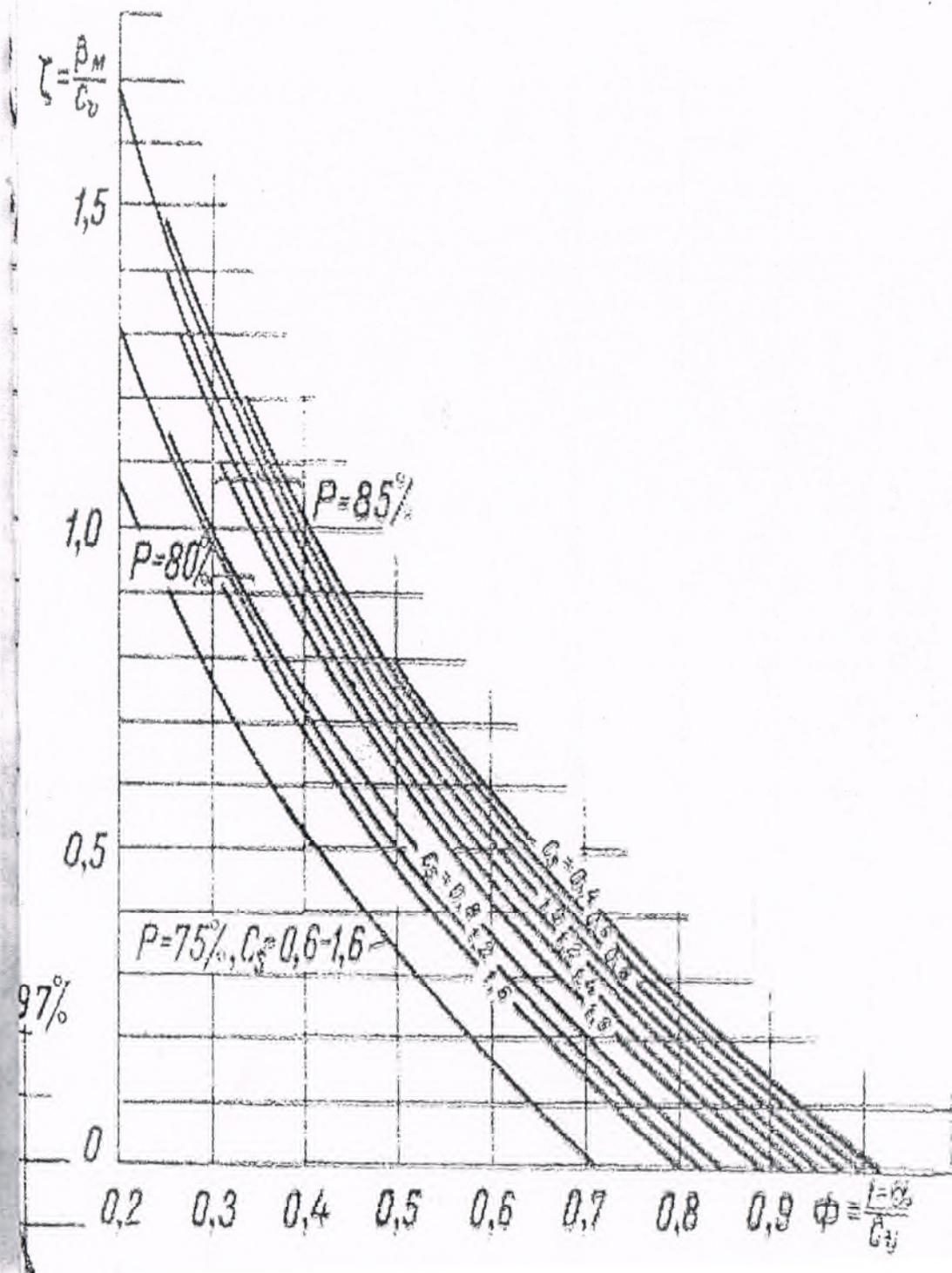


Figure 2 : Abaque de la composante interannuelle (Kristky-Menkel)

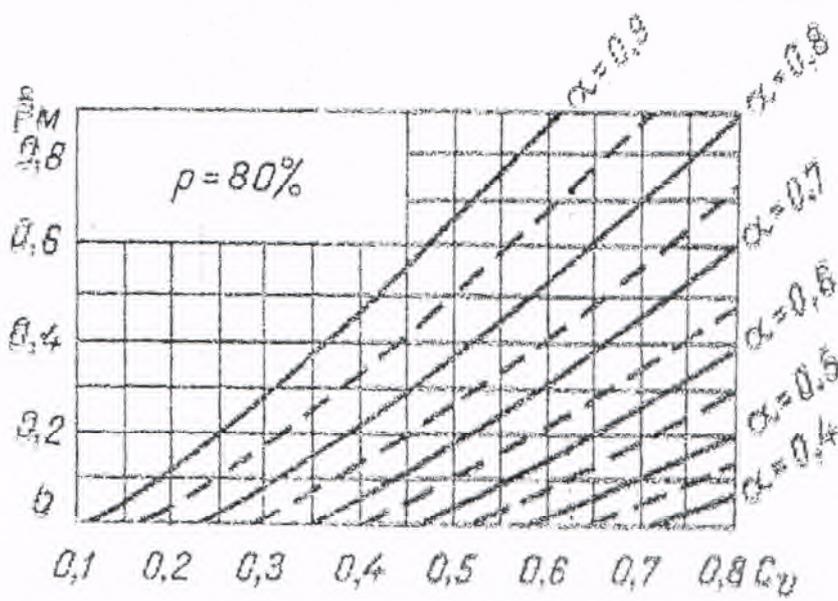


Рис. 38. Графики Я. Ф. Плешкова для опре

Figure 3 : Abaque de la composante interannuelle (Plechkov)

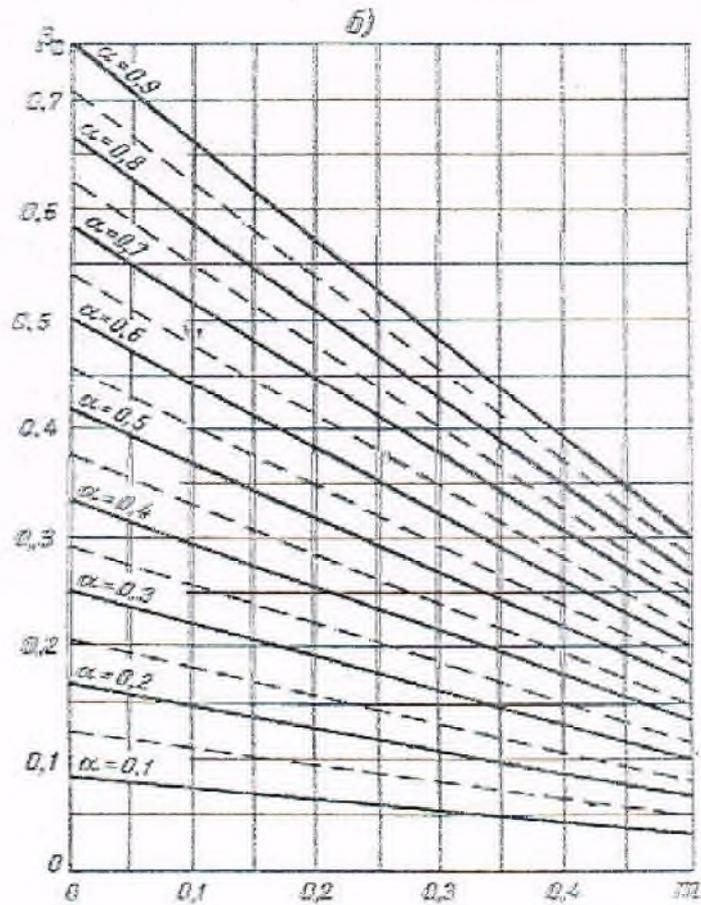
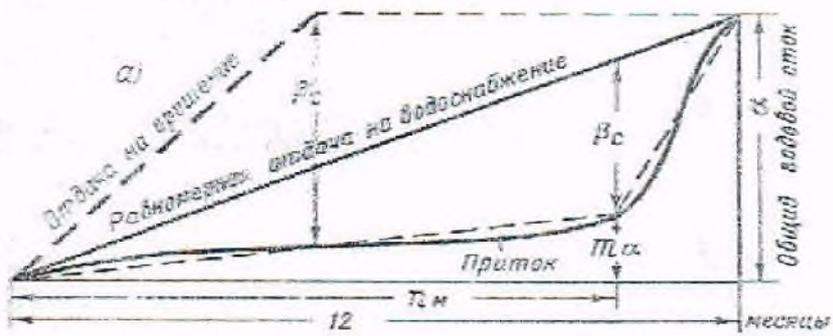


Рис. 46. Определение сезонной емкости водохранилища при полном годовом и многолетнем регулировании.

$\alpha$  — значение графика водопотребления на величину сезонной емкости,  
 $\beta_c$  — график к определению сезонной емкости  $V_c = (0,833 - \alpha) \alpha T_0 = \beta_c T_0$   
 при отдаче  $Q_{от} = const$  в течение года.

Figure 4 : Abaque de la composante saisonnière (Kristky-Menkel)

Tableau Foster-Rebkiné

Cs	0.1%	1%	3%	5	10%	20	30	40	50	60	70	75	80	90	95	99	99.9	Cs
0.00	3.09	2.33	1.88	1.64	1.28	0.84	0.52	0.25	0.00	-0.25	-0.52	-0.67	-0.84	-1.28	-1.64	-2.33	-3.09	0.00
0.10	3.23	2.40	1.92	1.67	1.29	0.84	0.51	0.24	-0.02	-0.27	-0.53	-0.68	-0.85	-1.27	-1.61	-2.25	-2.95	0.10
0.20	3.38	2.47	1.96	1.70	1.30	0.83	0.50	0.22	-0.03	-0.28	-0.55	-0.69	-0.85	-1.26	-1.58	-2.18	-2.81	0.20
0.30	3.52	2.54	2.00	1.72	1.31	0.82	0.48	0.20	-0.05	-0.30	-0.56	-0.70	-0.85	-1.24	-1.55	-2.10	-2.67	0.30
0.40	3.66	2.61	2.04	1.75	1.32	0.82	0.47	0.19	-0.07	-0.31	-0.57	-0.71	-0.85	-1.23	-1.52	-2.03	-2.54	0.40
0.50	3.81	2.68	2.03	1.77	1.32	0.81	0.46	0.17	-0.08	-0.33	-0.58	-0.71	-0.85	-1.22	-1.49	-1.96	-2.40	0.50
0.60	3.96	2.75	2.12	1.80	1.33	0.80	0.44	0.16	-0.10	-0.34	-0.59	-0.72	-0.85	-1.20	-1.45	-1.88	-2.27	0.60
0.70	4.10	2.82	2.15	1.82	1.33	0.79	0.43	0.14	-0.12	-0.36	-0.60	-0.72	-0.85	-1.18	-1.42	-1.81	-2.14	0.70
0.80	4.24	2.89	2.18	1.84	1.34	0.78	0.41	0.12	-0.13	-0.37	-0.60	-0.73	-0.86	-1.17	-1.38	-1.74	-2.02	0.80
0.90	4.38	2.96	2.22	1.86	1.34	0.77	0.40	0.11	-0.15	-0.38	-0.61	-0.73	-0.85	-1.15	-1.35	-1.66	-1.90	0.90
1.00	4.53	3.02	2.25	1.88	1.34	0.76	0.38	0.09	-0.16	-0.39	-0.62	-0.73	-0.85	-1.13	-1.32	-1.59	-1.79	1.00
1.10	4.67	3.09	2.28	1.89	1.34	0.74	0.36	0.07	-0.18	-0.41	-0.62	-0.74	-0.85	-1.10	-1.28	-1.52	-1.68	1.10
1.20	4.81	3.15	2.31	1.91	1.34	0.73	0.35	0.05	-0.19	-0.42	-0.63	-0.74	-0.84	-1.08	-1.24	-1.45	-1.58	1.20
1.30	4.95	3.21	2.34	1.92	1.34	0.72	0.33	0.04	-0.21	-0.43	-0.63	-0.74	-0.74	-1.06	-1.20	-1.38	-1.48	1.30
1.40	5.09	3.27	2.37	1.94	1.34	0.71	0.31	0.02	-0.22	-0.44	-0.64	-0.73	-0.83	-1.04	-1.17	-1.32	-1.39	1.40
1.50	5.23	3.33	2.39	1.95	1.33	0.69	0.30	0.00	-0.24	-0.45	-0.64	-0.73	-0.82	-1.02	-1.13	-1.26	-1.31	1.50
1.60	5.37	3.39	2.42	1.96	1.33	0.68	0.28	-0.02	-0.25	-0.46	-0.64	-0.73	-0.81	-0.99	-1.10	-1.20	-1.24	1.60
1.70	5.50	3.44	2.44	1.97	1.32	0.66	0.26	-0.03	-0.27	-0.47	-0.64	-0.72	-0.81	-0.97	-1.06	-1.14	-1.17	1.70
1.80	5.64	3.50	2.46	1.98	1.32	0.64	0.24	-0.05	-0.28	-0.48	-0.64	-0.72	-0.80	-0.94	-1.02	-1.09	-1.11	1.80
1.90	5.77	3.55	2.49	1.99	1.31	0.63	0.22	-0.07	-0.29	-0.48	-0.64	-0.72	-0.79	-0.92	-0.98	-1.04	-1.05	1.90
2.00	5.91	3.60	2.51	2.00	1.30	0.61	0.20	-0.08	-0.31	-0.49	-0.64	-0.71	-0.78	-0.90	-0.95	-0.99	-1.00	2.00
2.10	6.04	3.65	2.53	2.01	1.29	0.59	0.18	-0.10	-0.32	-0.50	-0.64	-0.70	-0.76	-0.87	-0.914	-0.945	-0.953	2.10
2.20	6.14	3.68	2.54	2.02	1.27	0.57	0.16	-0.12	-0.33	-0.50	-0.64	-0.69	-0.75	-0.842	-0.882	-0.905	-0.91	2.20
2.30	6.26	3.73	2.57	2.01	1.26	0.55	0.14	-0.13	-0.34	-0.50	-0.63	-0.68	-0.74	-0.815	-0.85	-0.867	-0.87	2.30
2.40	6.37	3.78	2.60	2.00	1.25	0.52	0.12	-0.14	-0.35	-0.51	-0.62	-0.67	-0.72	-0.792	-0.82	-0.83	-0.834	2.40
2.50	6.5	3.82	2.62	2.00	1.23	0.50	0.10	-0.16	-0.36	-0.51	-0.62	-0.66	-0.71	-0.768	-0.79	-0.80	-0.8	2.50
2.60	6.54	3.86	2.63	2.00	1.21	0.48	0.085	-0.17	-0.37	-0.51	-0.61	-0.66	-0.70	-0.746	-0.764	-0.77	-0.77	2.60
2.70	6.75	3.92	2.64	2.00	1.19	0.46	0.07	-0.18	-0.38	-0.51	-0.61	-0.65	-0.68	-0.724	-0.736	-0.74	-0.74	2.70

1 noubé

Figure 5 : Table de Foster-Rebkiné

## Références bibliographiques

- [1] Anton J. Schleiss et Henri Pougatsch., Les barrages volume 17 Du projet a la mise en service, Edition Presses Polytechnique Et Universitaires Romandes, Ecole polytechnique Fédérale de Lausanne, Suisse, 714 pages, 2011.
- [2] Padaux.S., Technique des barrages en aménagement rural, Edition Eyrolles, Paris, France, 325 pages, 1985.
- [3] Données hydrologiques, Agence nationale des Ressources hydriques (ANRH).
- [4] Données géologiques et géotechniques, Agence nationale des barrages et transfert (ANBT).
- [5] Données des essais de laboratoire HPE, Agence nationale des barrages et transfert (ANBT).
- [6] B. TOUAIBIA, Manuel pratique d'hydrologie. Edition ENSH Blida. 164 pages, Mars 2004
- [7] Bouchenafa.W., Etude de faisabilité d'un petit barrage sur Oued Saf saf Wilaya de Blida, Projet de fin d'étude, Ingénieur d'état en hydraulique, ENSH Blida, Algérie, 237 pages, septembre 2007.
- [8] Kritsky S. N, Menkel M. F ; Apropos des approches de recherche des variations aléatoires de l'écoulement fluvial. Travaux de NIOU GOUGS, n° 29, 1946
- [9] Plechkov Ia. F, la régularisation de l'écoulement fluvial. Guidrométéozdat, Leningrad, 1975.
- [10] La modélisation statistique dans les calculs de régularisation de l'écoulement des oueds. 3 ème colloque international « les géosciences au service du développement durable », 18-19 novembre 2013, Tebessa.
- [11] Ratkovitch D. Ia, La variation interannuelle de l'écoulement fluvial. Guidrométéoizdat, Leningrad, 1979.
- [12] B. TOUAIBIA et B. BENLAOUKLI : introduction au dimensionnement des retenus collinaires. ENSH Blida. Avril 2004.

## ملخص:

في إطار الإستراتيجية الوطنية التي تهدف إلى الحفاظ على الموارد المائية من أجل تخزين الملايين المكعبة المبددة في الصحراء، ترى الوكالة الوطنية للسدود و التحويلات ضرورة إنشاء سدود و حواجز مائية بالمنطقة. قمنا في هذا العمل بدراسة تقنية و ديناميكية مفصلة على مستوى واد مستوى (ولاية بسكرة) لإنشاء سد من أجل تزويد المنطقة بالمياه لسقي الأراضي الفلاحية لبلدية مزيرعة. بعد دراسة جيولوجية و هيدرولوجية معمقة قمنا بتصميم السد الذي يبلغ ارتفاعه 32.68 م و ذو سعة تقدر ب 11.38 مليون متر مكعب.

**الكلمات المفتاحية :** السد، جيولوجيا، الهيدرولوجيا، التسوية، التصفيح.

## **Résumé**

Dans le cadre de la stratégie nationale en matière de conservation des eaux et afin de mobiliser les millions de mètres cube d'eau qui se perdent inutilement dans les déserts, l'Agence Nationale des Barrages et Transfert (ANBT) voit l'obligation de construire des barrages. Toutefois l'étude, le choix et le dimensionnement des ouvrages de stockage, méritent d'être approfondis. Ainsi, le travail que nous avons mené dans ce Mémoire est une étude de faisabilité d'un barrage dans la wilaya de Biskra et principalement sur l'Oued Mestaoua, destiné principalement à l'irrigation des terres agricoles situées en aval dans la commune de M'ziraa. Cet aménagement est d'une hauteur de 32.68 m et avec une capacité de 11.38 Mm<sup>3</sup>.

**Mots clés :** Barrage, Géologie, Hydrologie, Régularisation, Laminage.

## **Abstract**

In the setting of the national strategy concerning the water conservation, in order to mobilize an important quality of water that is lost in deserts, the ANBT see necessity of achieving dams. However the survey, the choice and the dimensionality of the storage works deserve to be deepened. So to survey we led in this work is a feasibility of a dam in the wilaya of Biskra on Oued Mestaoua. This dam is of a 32.68 m height and a capacity of 11.38 Mm<sup>3</sup>.

**Keywords:** Dam, Geology, Hydrology, Regularization, Rolling.