

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur  
et de la Recherche Scientifique

Université Akli Mohand Oulhadj - Bouira -  
Institut de Technologie



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
جامعة أكلي محمد أولحاج  
- البويرة -  
معهد التكنولوجيا

## Département de Génie de l'Eau

### Rapport de soutenance

En vue de l'obtention du diplôme

De Licence professionnalisant en hydraulique

Option : Génie de l'Eau

Thème :

# ETUDE HYDROLOGIQUE DU BARRAGE BOUKMOURI WILAYA DE MÉDÉA

Réalisé par :

SID Razika

Encadré par :

Mme. BALOUL. DJ

Examineur :

Mr .DJAFER KHODJA.H

M A A à l'Institut de technologie de bouira

Tuteur de l'entreprise :

Mme. ZAID .Razika

Ing : Agence nationale des barrages et transferts

Année Universitaire : 2018/2019

# Remerciements

*Avant toute personne, nous remercions le bon Dieu de nous avoir prêté vie, santé, force, patience et volonté pour achever ce modeste travail.*

*Nous adressons nos plus sincères remerciements et notre profonde gratitude à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail, notamment notre promotrice Mme **BALOU DJ MOULAS** et Mr **DJAFER KHODJA H** pour ses orientations et son soutien.*

*Nous exprimons nos sincères remerciements à tous les responsables de l'A.N.B. En particulier le directeur générale Mr **A. BERK** pour l'accueil chaleureux tout au long du stage ; aux employés du D.E.T surtout Mme **Zaid Razika** Mr **Luis Fidel Mirand**, pour l'aide et le temps qu'ils ont bien voulu nous consacrer et qu'on ne remercierait jamais assez pour leur soutien et leur patience, qu'ils trouvent en ces lignes l'expression de notre gratitude.*

*Nos profondes remerciements s'adressent aussi aux membres de jury d'avoir accepté d'examiner notre travail.*

*Nous tenons à exprimer notre entière reconnaissance envers tous les enseignants d'institut de technologie qui ont contribué à notre réussite ainsi tous nos collègues de la promotion génie de l'eau 2019.*

# DEDICACE

*Merci Allah de m' avoir donné la capacité d' écrire et de réfléchir, la force d' y croire, la patience d' aller jusqu' au bout de mes rêves.*

*Je dédie ce modeste travail à celle qui m' a donné la vie, le symbole de tendresse, qui s' est sacrifiée pour mon bonheur et ma réussite, à ma mère.*

*À mon père, école de mon enfance, qui a veillé tout au long de ma vie à m' encourager, à me donner l' aide et à me protéger. Tous les mots du monde ne sauraient exprimer l' immense amour que je vous porte, ni la profonde gratitude que je vous témoigne.*

*À mon chères Arbaoui Ahmed Amine*

*À mes sœurs Sarah Motiaa et Abir*

*À mes frères Mchammed , baha adinne adnan et abd raouf*

*À toute ma famille Sid Arbaoui Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce projet soit possible, je vous dis merci.*

*Et enfin, à tout qui connaisse SJD Razika*

*RAZIKA*



Remerciement	
Dédicace	
Résumé	
Sommaire	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Liste d'abréviation	
Introduction générale	

# Sommaire

## Chapitre I : Présentation de l'entreprise

I.Introduction .....	03
I.1 . Présentation de L'Agence Nationale des Barrages et des Transferts (ANBT).....	03
I.2. Missions .....	03
I.3. Organigramme .....	04
I.4. Objectifs et taches visées.....	04
I.5. Conclusion .....	05

## Chapitre II : Caractéristique générale du bassin

II.1 Introduction .....	07
II.2 Etude topographique .....	07
II.2.1. Localisation et but de l'aménagement.....	07
II.2. 2. Choix de l'axe du barrage .....	07
II.3 Etude géologique.....	08
II.3.1 Tectonique.....	08
II.3.2.Géologie de la cuvette.....	08
II.3.3.Présentation du logiciel de l'ArcGIS.....	09
II.4.Caractéristique générale du bassin versant .....	10
II.4.1 Caractéristiques physico-géographiques du bassin versant .....	11

A) Caractéristiques géométriques .....	11
B) Caractéristiques hydro morphologiques.....	11
C) Caractéristiques hydrographiques.....	13
II.4.2.Caractéristique climatique .....	21
II.4.2.1. Condition climatique .....	21
A. Evaporations.....	21
B. Températures.....	22
C. Vent.....	23
I.5. Conclusion.....	24

### **Chapitre III : étude hydrologique**

III.1 Introduction .....	26
III.2 Etude des Précipitations.....	26
III.2.1 Données Existantes.....	26
III.2.2 Qualité Des Séries Pluviométriques .....	26
III.2.3 Evaluation de la pluie moyenne annuelle précipitée sur le bassin versant...	28
III.2.4. Pluies moyennes mensuelles.....	29
III.2.5.Pluies journalières maximales.....	30
III.2.5.1. Ajustement des pluies maximales journalières.....	30
III.2.5.2 Ajustement à la loi de Gumbel.....	34
III.2.5.3 Ajustement à la loi galton.....	31
III.2.5.4. Choix de la loi d'ajustement.....	36
III.2.6.Pluies Fréquentielles de courte durée.....	34
III.3.Etude des apports.....	36
III.3.1apport moyen annuel.....	36
III.3.2 variabilité de l'apport .....	43
III.4.1 détermination des apports solides par les formules empiriques.....	46
III.5.Etude des crues.....	46
III.5.1calcul Du Débit De Crues Par Les Formules Empiriques.....	46
III.5.2 Hydrogramme de crue.....	47

a) Pour le temps de montée .....	48
b) Pour la décrue.....	48
III.5.3 Choix de la crue de projet.....	48
III.6. Etude de régularisation de l'écoulement.....	48
III.6.1 Estimation des besoins.....	48
III.6.1.1 Répartition des besoins en eau.....	48
III.6.1.2 Répartition mensuelle de l'apport A80% (Hm <sup>3</sup> ) .....	49
III.6.2. Courbes caractéristique de la retenue.....	49
III.6.3. Régularisation interannuel.....	51
III.6.3.1. Calcul du volume utile de barrage sans tenir compte des pertes.....	52
III.7. Laminage des crues.....	54
III.7.1. Estimation du débit laminé.....	54
III.7.2 Choix de la largeur du déversoir.....	55
III.9. Conclusion.....	57

## **Chapitre IV : Pré dimensionnement de la digue**

IV.1. Introduction .....	61
IV.2. les différents types de barrage.....	61
IV.3. Le choix du type de barrage.....	62
IV.4 Définition du profil général du barrage.....	62
IV.4.1. Hauteur du barrage.....	62
IV.4.2 .La largeur en crête de la digue.....	63
IV-4.3 La longueur en crête.....	64
IV.4.4 Pente des talus.....	64
IV.4.5 La base de la digue.....	65
IV.4.6 Dimensionnement du noyau.....	65
IV. 5. Conclusion.....	66
Conclusion générale .....	70

Références bibliographiques

Annexe

## Liste des figures

Figure I -1 : logo de l' ANBT.....	03
Figure I -2 : Organigramme de l'agence nationale des barrages et transferts.....	04
Figure II.1 : Situation wilayale et régionale du site du barrage de BOUKMOURI....	07
Figure II-2 : Carte géologique de la région. Extrait de la Carte Géologique de l'Algérie .....	09
Figure II-3 : capture représente logiciel ARC GIS.....	10
Figure II-4 : Bassin versant du barrage BOUKMOURI.....	11
Figure II-5 : plan altimétrique du bassin versant.....	13
Figure II-6 Réseau hydrographique du bassin versant avec classification du cours d'eau principale.....	14
Figure II-7: Courbe Hypsométrique du bassin versant.....	15
Figure II-8: Evaporations mensuelles sur la période 1994-2013 (station de Médéa)..	21
Figure II-9: Températures mensuelles moyennes sur la période 1994-2013(Station Médéa).....	22
Figure II-10: Moyennes mensuelles de la vitesse des vents sur la période 1994-2014 (station de Médéa).....	23
Figure III-1: Critique des données par la méthode des doubles cumuls (Station KHERBA OD HELLAL).....	27
Figure III-2: Critique des données par la méthode des doubles cumuls (Station Bordj El Amir).....	27
Figure III-3 : Critique des données par la méthode des doubles cumuls (Station BOUGHZOUL).....	27
Figure III-4 : Pluies moyennes mensuelles considérées pour le bassin versant de BOUKMOURI.....	29
Figure III-5 : Ajustement à la loi de Gumbel (Maximum de vraisemblance).....	32
Figure III-6: Ajustement à la loi de Galton (Maximum de vraisemblance).....	33
Figure III-7: Courbes Intensité – Durée – Fréquence (IDF).....	<b>35</b>
Figure III-8: Hydrogramme de la crue pour déférentes périodes de retour.....	48

Figure III-9 : courbe des altitudes en fonction des volumes.....	50
Figure III-10: Courbe des altitudes en fonction des surfaces.....	51
Figure III-11: courbe des surfaces en fonction des volumes.....	51
Figure III.12. : Courbe de débit en fonction de la hauteur déversé.....	56
Figure IV -1 : Schéma explique le différent type de barrage.....	61
Figure IV – 2 : profil générale de la digue .....	67

## Liste des tableaux

Tableau II-1 : les surfaces par tranche d'altitude.....	14
Tableau II-2 : altitude moyenne du bassin versant.....	16
Tableau II-3 : la pente moyenne du bassin versant.....	16
Tableau II-4 : classification des reliefs.....	17
Tableau II-5 : récapitulatif du temps de concentration.....	20
Tableau II-6 : Caractéristiques principales du bassin versant.....	20
Tableau II-7 : Evaporations mensuelles sur la période 1994-2013 (station de Médéa)..	21
Tableau II-8 : Températures mensuelles moyennes sur la période 1994-2013(Station Médéa).....	22
Tableau II-9 : Moyennes mensuelles de la vitesse des vents sur la période 1994-2014(station de Médéa).....	23
Tableau III-1 : Coordonnées des stations pluviométriques.....	26
Tableau III-2 : Calcul de la pluie moyenne par isohyètes.....	27
Tableau III-3 : Pluies moyennes annuelles du bassin versant de BOUKMOURI.....	29
Tableau III-4 : Caractéristiques de la série des Pjmax.....	29
Tableau III-5 : Résultat d'ajustement par la loi de Gumbel.....	30
Tableau III-6 : Résultat d'ajustement par la loi de Galton.....	33
Tableau III-7 : Pluies de courtes durées et intensités des pluies.....	35
Tableau III-8 : séries pluviométriques utilisées sur le bassin versant d'Oued DEURDEUR.....	38
Tableau III-9 : Application de la méthode de Thiessen sur le bassin versant d'Oued DEURDEUR.....	38
Tableau III-10 : récapitulatif du calcul de l'apport moyen interannuel.....	39
Tableau III-11 : Répartition mensuelle de l'apport moyen annuel.....	39
Tableau III-12 : Apports fréquents pour différentes période de retour.....	41
Tableau III-13 : valeur de Z en fonction du degré d'érosion.....	42
Tableau III-14 : Volume mort pour des différentes durées d'exploitation.....	43
Tableau III-15 : Débit maximum de crue pour différents périodes de retour (Formule de SOKOLOVSKY).....	44
Tableau III-16 : Débit maximum de crue pour différents périodes de retour (méthode Rationnelle).....	44

Tableau III-17 : Débit maximum de crue pour différents périodes de retour (Formule de MALLET-GAUTHIER).....	45
Tableau (III-18) : Débits fréquentielles calculés.....	45
Tableau III-19 : débits fréquentielles pour construction l'hydrogramme de crue (montée).....	47
Tableau III-20 : débits fréquentielles pour construction l'hydrogramme de crue (décrue).....	47
Tableau III-21 : Répartition mensuelle des besoins.....	48
Tableau III-22. Répartition mensuelle des apports.....	49
Tableau III-23 : Les caractéristiques topographiques de la retenue.....	49
Tableau III-24 : Les valeurs de coefficient de variation.....	53
Tableau III -25 : Les différents débits laminés pour des largeurs différentes.....	55
Tableau III-26: Les différentes valeur de h.....	56
Tableau IV-1 : Récapitulatif des résultats du calcul de la largeur en crête.....	64
Tableau IV-2 : Valeurs indicatives des types des pentes des talus.....	64

## **Liste des abréviations**

ANBT: Agence Nationale des Barrages et Transferts.

NVM : Niveau du Volume Mort.

NNR : Niveau Normal de la Retenue.

NPHE : Niveau des Plus Hautes Eaux.

BV : Bassin Versant.

*Introduction*  
*Générale*

### Introduction générale

Les études hydrologiques sont très indispensables. Elles sont pour objectif d'étudier les conditions de la réserve d'une part et d'autre part d'estimer la crue contre laquelle il est nécessaire de protéger le barrage. Les études peuvent être basées sur la statistique si l'on dispose déjà d'un certain nombre d'années de mesures sur le site ou dans la région. A défaut, on appliquera les méthodes déterministes.

Le présent travail consiste à l'étude hydrologique du barrage BOUKMOURI. Il est établi dans le cadre d'un projet de fin d'étude au niveau de l'entreprise « Agence nationale des barrages et transferts » ; il est structuré en :

- Le premier chapitre sera consacré pour la présentation de l'entreprise « Agence nationale des barrages et transferts ».
- le deuxième chapitre, représente l'analyse des conditions géologiques et géotechnique du site et des zones d'emprunts, les caractéristiques géomorphologiques, hydrographique et climatiques du bassin versant.
- Ensuite, le troisième chapitre va contenir, le calcul de l'hydro gramme de crue, l'estimation et le choix de la crue de projet et le transport solide. Suivie d'une étude de régularisation des apports en fonction de la destination de l'aménagement hydraulique et une étude de laminage des crues, afin de déterminer le débit laminé, la hauteur des plus hautes eaux et la largeur du déversoir.
- Le pré dimensionnement de Barrage BOUKMOURI fera l'objet du quatrième chapitre. Enfin, on terminera par une conclusion générale.

# **Chapitre I**

## **Présentation de l'entreprise**

**I-Introduction :**

L'étude hydrologique est parmi les études nécessaires dans le domaine hydraulique, pour cela j'ai choisie l'ANBT pour accomplir mon projet professionnel et j'ai préférée de faire cette étude hydrologique pour un barrage au but d'améliorer de mes connaissance précédentes en hydrologie.

**I-1 Présentation de L'Agence Nationale des Barrages et des Transferts (ANBT)**

L'Agence Nationale des Barrages et des Transferts (ANBT) est un établissement public à caractère administratif (E.P.A), crée par le décret n°85-163 du 11 juin 1985.

Ce statut a été réaménagé dans sa structure juridique en un « Etablissement Public à caractère Industriel et Commercial » (EPIC), par décret exécutif n° 05-101 du 23 mars 2005.



Figure I -1 : logo de l' ANBT

**I-2 Missions :**

L'établissement de l'ANBT est chargée de la production et de la fourniture d'eau aux établissements et aux régies communales chargées de sa distribution, Elle compte également d'assurer la prise en charge des activités de gestion, d'exploitation et de maintenance des ouvrages en exploitation , dans le cadre de la mobilisation et du transfert des ressources en eaux superficielles .

A ce titre, l'établissement est chargé de :

- De fournir de l'eau aux établissements de distribution et aux régies communales conformément à des conventions passés avec ces organismes de distribution d'eau dans le cadre de programmes de répartition fixés par l'arrêté du ministre chargé des ressources en eau .

- De veiller à l'application du tarif de l'eau aux établissements chargés de la production de l'eau potable, industrielle et agricole, et a ceux chargés de la production de l'énergie électrique ainsi qu'aux régies communales.
- De mener toute les tache d'auscultation et de contrôle technique et d'assurer ; l'entretien, la maintenance, le dévasement, et la répartition des ouvrages de mobilisation et de transfert des ressources en eau en exploitation, selon les consignes et les normes d'exploitation.
- De tenir à jour l'état des réserves d'eau exploitables et de procéder aux mesures périodiques de control de qualité des eaux ; dans le cadre de la gestion de la ressource en eau dont elle s'en charge.

**I-3 Organigramme :**

Une représentation schématique des liens fonctionnels et organisationnels de l'entreprise est donnée dans l'organigramme suivant :



Figure I -2 : Organigramme de l'agence nationale des barrages et transferts

**I-4 Objectifs et taches visées :**

L'activité de la direction de contrôle de la maintenance et de l'exploitation de l'infrastructure génère un volume important d'information. Celles-ci expriment des donnés

sur les événements chronologiques liées aux activités de l'exploitation des retenues d'eau dans les barrages, les états sur la mobilisation, la qualité des eaux ainsi que la production des bilans hebdomadaires, mensuels et annuels sur toutes les actions y afférentes à l'exploitation des barrages.

Ces informations sont primordiales pour :

- la planification des prélèvements à partir des barrages.
- L'élaboration des règles d'exploitation des réserves mobilisées dans les barrages en exploitation.
- Le suivi de la qualité des eaux.
- Le suivi des activités aquacoles et les opérations d'ensemencement au niveau des retenues.
- L'actualisation des taux d'envasement des barrages.
- L'élaboration des bilans des activités liées à l'exploitation des barrages.
- Les études de dévasement, de protection des bassins versants, les études de confortement et de comportements des barrages, les études des plan ORSEC, les études de faisabilité et de réalisation des barrages.
- Résoudre les problèmes techniques.

Et tous ces données sont envoyées par des directions spéciales aux niveaux de chaque barrage (que ce soit par « **email** » ou par des « **bulletins** ») et sont stockée comme base de données au niveau de l'ANBT afin de les traités par des logiciels comme (exil, panda ...)

## **I-5 Conclusion**

Au cours de mon stage au sein de l'A.N.B.T où on m'a bien accueillie, j'avais la chance d'être bien intégré dans un grand établissement très réputé et possédant un poids considérable au secteur national.

Cette durée d'expérience personnelle m'a permis d'avoir une vision globale sur le monde réel du travail, aussi d'acquérir de nouveaux aspects et outils de gestion et d'enrichir mes connaissances théoriques dans le domaine des ouvrages hydrotechniques.

# **Chapitre II**

## **Caractéristique générale du bassin**

## II.1 Introduction

Dans ce chapitre, on présente la région d'étude où se situe l'emplacement du barrage. Et cette étude a pour objectif d'estimer les différentes caractéristiques morpho métriques, hydrographiques et climatologiques du bassin versant.

## II.2 Etude topographique :

### II.2.1. Localisation et but de l'aménagement

Le site du barrage de BOUKMOURI se trouve à 50 km au sud-ouest de la ville de MEDEA et à 23 km à l'ouest de la ville de KASAR EL BOUKHARI.

L'accès au site du barrage se fait à partir du chemin de la wilaya CW19, prenant une piste carrossable 5km avant la ville de SEBT AZIZ (**figure II-1**)



Figure II.1 : Situation wilayale et régionale du site du barrage de BOUKMOURI

L'aménagement sera réalisé sur l'oued BOUKMOURI, qui est un affluent de l'oued Cheliff. Le barrage BOUKMOURI est destiné à stocker de l'eau pour alimenter la zone en eau potable et pour irriguer les terres agricoles de la région.

### II.2. 2. Choix de l'axe du barrage :

L'axe du barrage qui représente l'exutoire du bassin versant de l'oued limitant la superficie drainée est localisé aux coordonnées Lambert :

$$X=482.0$$

$$Y=282.3$$

$$Z=805$$

Sur les Cartes d'état-major MEDEA : - Ksar El BOUKHARI Ouest

- THENIET EL HAD EST

à l'échelle : 1/50.000

### **II.3 Etude géologique**

#### **II.3.1 Tectonique**

Le site du barrage est situé dans une vaste zone de formations sédimentaires allochtones (Nappe) du Crétacé Supérieur, Paléogène et Néogène, appartenant à la zone externe du Tell. D'après l'esquisse tectonique, présentée dans la carte géologique de DERRAG, ces formations de la nappe appartiennent à l'unité tectonique IIa (zone IIa). Ces formations allochtones surmontent les formations autochtones (anti-nappe) du Miocène inférieur.

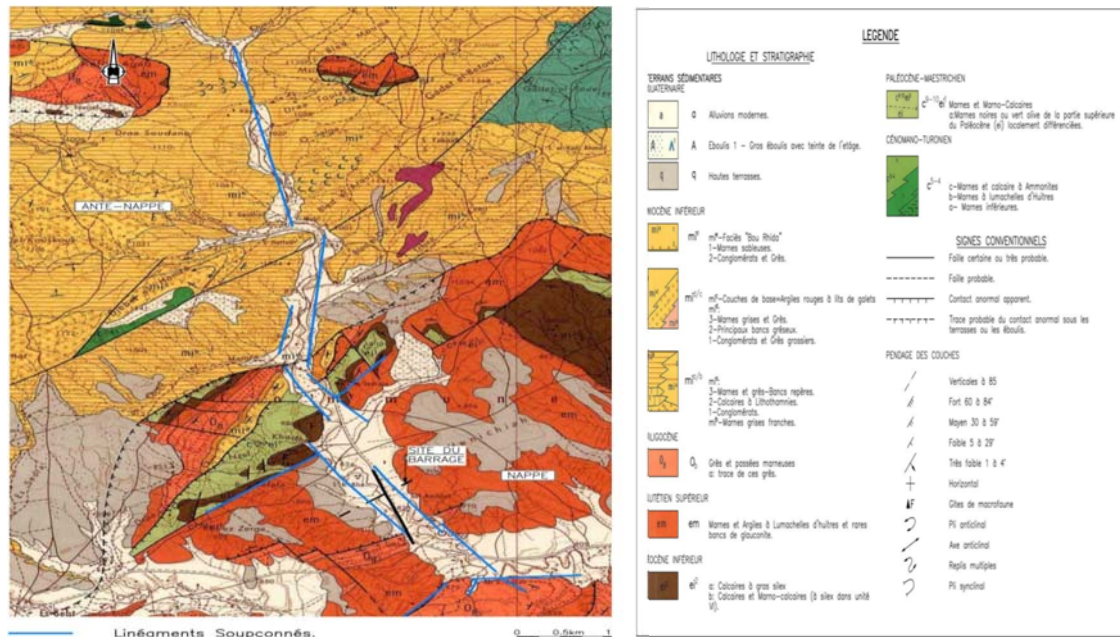
La structure géologique des formations allochtones est caractérisée par des nombreux contacts Anormaux (chevauchements) et des failles décrochement (voir l'extrait de la carte géologique.

De la région présentée dans la Figure ( II.2). Ces accidents sont présents au site du barrage et de La retenue et ils ont été mis en évidence par les travaux de reconnaissance.

#### **II.3.2. Géologie de la cuvette :**

Le levé géologique-géotechnique de surface effectué le long de la future cuvette a permis d'apporter des précisions telles que, Avec un substratum marneux à micrites et marno-calcaire d'âge Crétacé, juxtaposées par contact anormal au fond de la vallée, surmonté par des alluvions actuelles et récentes au fond de la vallée et par des terres arables (colluvions et terrasses), la cuvette se présente avec une relative monotonie lithologique.

Proche du site du barrage, le substratum marneux à micrites et marno-calcaire devient tendre et altéré, ce qui a permis le développement de versants doux et des zones relativement plates aux basses cotes de la vallée, où les matériaux d'emprunt pourront être exploités.



Source ANBT

FigureII-2: Carte géologique de la région. Extrait de la Carte Géologique de l'Algérie [ 1 ]

Le traitement des cartes suivantes a été effectué via le Logiciel ARC GIS :

- Carte de délimitation de bassin versant.
- Carte du plan altimétrique du bassin versant.
- Carte du réseau hydrographique du bassin versant.

### II.3.3.Présentation du logiciel de l'Arc-GIS :

ARCGIS : est un système complet qui permet de collecter, organiser, gérer, analyser, communiquer et diffuser des informations géographiques. En tant que principale plateforme de développement et d'utilisation des systèmes d'informations géographiques (SIG) au monde, ARCGIS est utilisé par des personnes du monde entier pour mettre les connaissances géographiques au service du gouvernement, des entreprises, de la science, de l'éducation et des médias. ARCGIS permet la publication des informations géographiques afin qu'elles puissent être accessibles et utilisables par quiconque. Le système est disponible partout au moyen de navigateurs Web, d'appareils mobiles tels que des smartphones et d'ordinateurs de bureau.

Quelque étape pour faire la délimitation du bassin versant :

- Télécharger la carte de la zone
- Calée les carte
- Aller sur le site <https://earthexplorer.usgs.gov> et choisir la zone à laquelle appartient le bassin versant

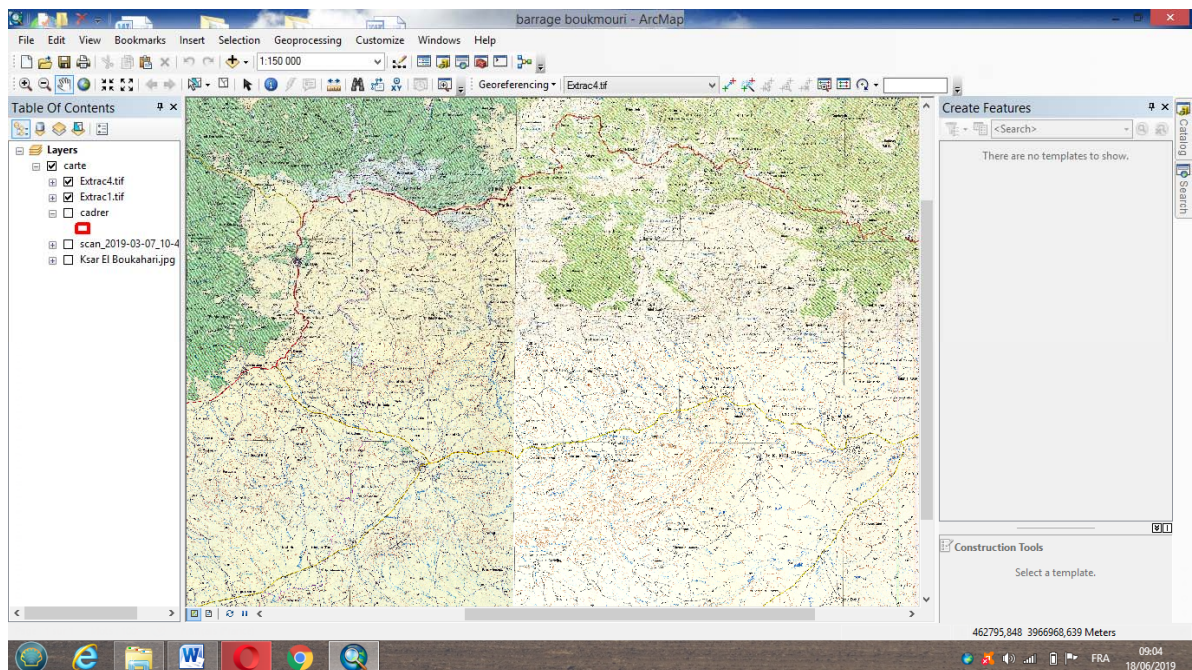


Figure II-3 : capture représente logiciel ARC GIS

#### II.4.Caractéristique générale du bassin versant :

Le bassin versant est caractérisé par un contour quelconque, il est déterminé sur la carte topographique à l'échelle 1/50.000, en suivant le linge conventionnel de partage des eaux.

La (figure II-4) présente la délimitation du bassin versant .Il se caractérise par un relief relativement accidenté dans sa partie Sud avec un dense réseau hydrographie .les pentes du versant et du thalweg principal sont assez importantes. le bassin versant génère une superficie de 128,7 km<sup>2</sup> pour un cours d'eau de 32,10 km.



Figure II-4 : Bassin versant du barrage BOUKMOURI

#### II.4.1 Caractéristiques physico-géographiques du bassin versant :

##### A) Caractéristiques géométriques :

La superficie le périmètre et la longueur de thalweg du bassin versant ont été déterminés après avoir numérisé les deux cartes d'état –major Ksar EL BOUKHARI Ouest et THENIET El HAD Est à l'échelle 1/50.000 à l'aide du logiciel Arc Gis en délimitant le contour du bassin versant (**figure II-4**)

La superficie :  $S=128.7 \text{ Km}^2$ .

Périmètre :  $p=64.60 \text{ Km}$ .

Longueur du Thalweg  $L=32.10 \text{ km}$ .

##### B) Caractéristiques hydro morphologiques : [2]

###### ➤ Paramétré de forme :

###### a) Indice de compacité de graveleuse « $k_c$ »

La forme du bassin joue un rôle important sur la forme de l'hydro gramme résultant d'une averse donnée à l'exutoire du bassin il est égale au rapport du périmètre du bassin versant considéré à celui d'un cercle qui aurait la même surface.

Plus ce coefficient s'approche de 1, plus la forme de bassin versant sera ramassée et plus le temps de concentration des eaux seront court. Elle sera allongée dans le cas contraire.

$$K_C = \frac{P}{2\pi\sqrt{\frac{S}{\pi}}} = \frac{P}{2\sqrt{\pi S}} = 0,28 \frac{P}{\sqrt{S}}$$

P : périmètre du bassin versant (Km)

S : surface du bassin versant (Km<sup>2</sup>)

K<sub>C</sub> : indice de Gravellius

$$K_c = 1,59$$

Si K<sub>C</sub> = 1 => bassin ramassé

Si K<sub>C</sub> > 1 => bassin allongé

Selon la valeur de K<sub>C</sub> on pourra dire que notre bassin est de forme allongé.

### Rectangle équivalent :

La notion de rectangle équivalent a été introduite dans l'étude géomorphologique des bassins et elle permet la comparaison des bassins entre eux de point de vue de l'influence de la forme sur l'écoulement, en possédant la même superficie et le même périmètre que le bassin considéré et par conséquent le même indice de compacité.

Les dimensions sont tirées comme suit :

- Longueur du rectangle :

$$L_r = \frac{K_c \sqrt{S}}{1,12} \left[ 1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1,12}{K_c}\right)^2} \right] = 28,10 \text{ km}$$

- Largeur du rectangle :

$$L_r = \frac{K_c \sqrt{S}}{1,12} \left[ 1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1,12}{K_c}\right)^2} \right] = 4,58 \text{ km}$$

- Coefficient d'allongement

C<sub>a</sub> coefficient est obtenu par la relation :

$$C_a = \frac{L^2}{S} = 7,52$$

Avec :

L : la longueur du talweg principal (L=32.10 km)

S : la superficie du bassin versant (S= 128.70km<sup>2</sup>)

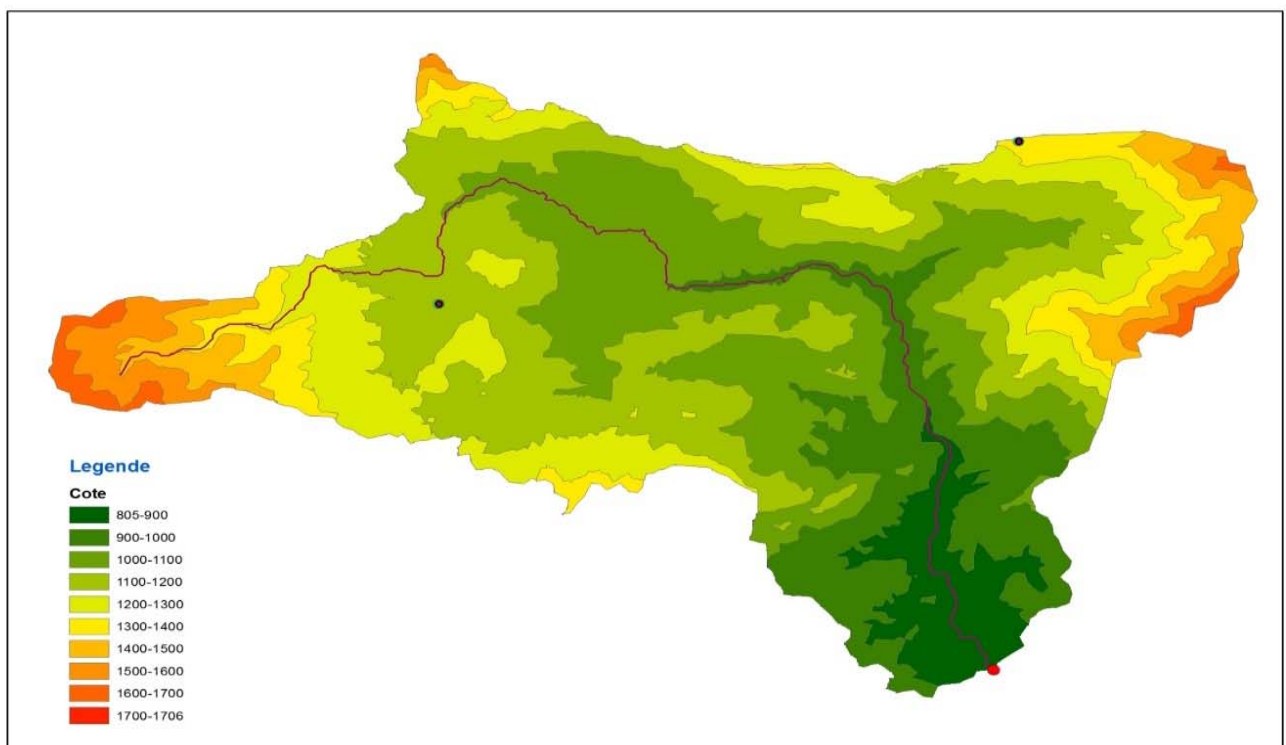
### C) Caractéristiques hydrographiques

#### ➤ Paramétré du relief :

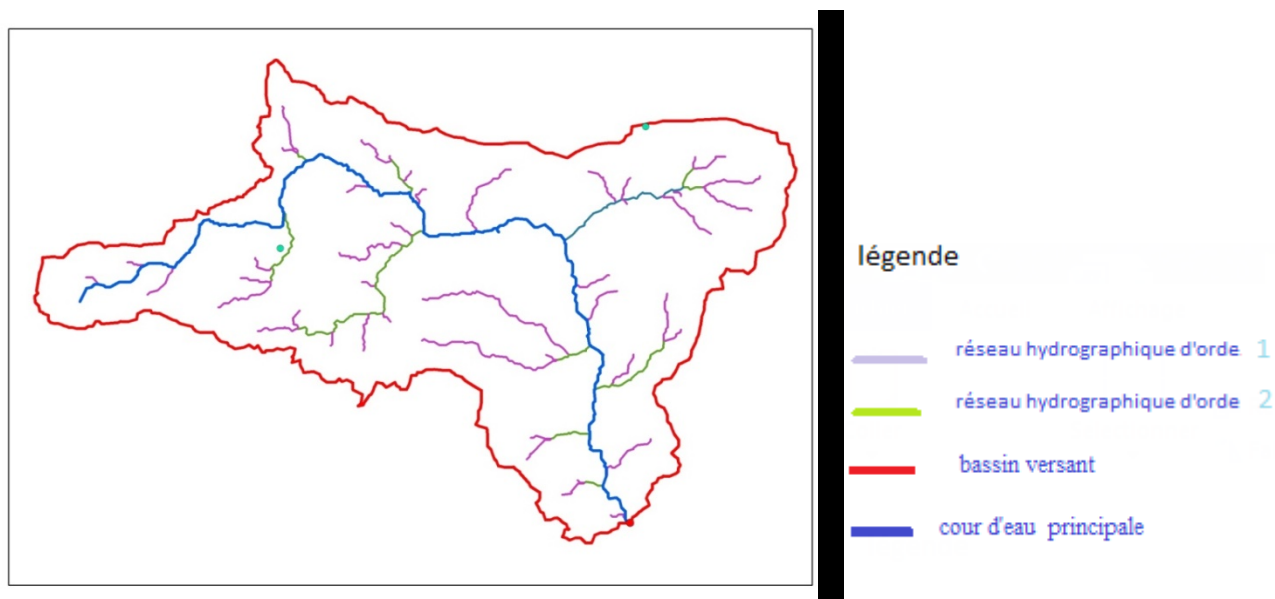
Une pente plus forte provoque un écoulement rapide, donc un temps de concentration plus court et une montée plus rapide des crues.

Notre but recherché est la détermination de la classe de relief.

J'ai réalisé Le plan altimétrique du bassin versant et le réseau hydrographique qui présentent dans la (figure II -5) et la (figure II-6) à l'aide de logiciel Arc gis.



FigureII-5 : plan altimétrique du bassin versant



FigureII-6 Réseau hydrographique du bassin versant avec classification du cours d'eau principale

J'ai obtenu la somme des longueurs de tous les cours d'eau  $L = 413,73$  km

- Courbe hypsométrique :

Pour estimer ces paramétré on doit présenter la répartition hypsométrique après planimétrage des aires partielles compisses entre les courbes de niveau maitresses et les différentes cotes (tableau II-1)

Tableau II-1 : les surfaces par tranche d'altitude

Altitude	$S_i$ (km <sup>2</sup> )	$S_i/S$ (%)	$S_i/S$ cumul (%)
1706-1700	0,173	0,1344	0,13
1700-1600	1,768	1,3739	1,51
1600-1500	3,872	3,0089	4,52
1500-1400	5,608	4,3579	8,88
1400-1300	8,242	6,4048	15,28
1300-1200	20,208	15,7034	30,98
1200-1100	35,022	27,2152	58,20
1100-1000	29,776	23,1386	81,34
1000-900	17,333	13,4693	94,81
900-805	6,685	5,1948	100,00

La courbe hypsométrique est présentée dans la figure **II-6**, en abscisses les surfaces cumulées en % et en ordonnées les altitudes en NGA

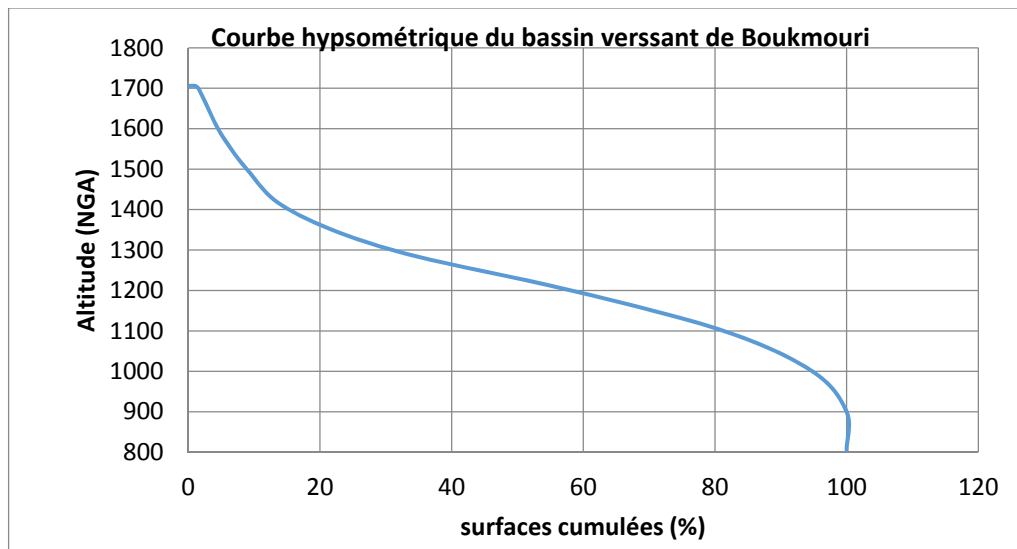


Figure II-7: Courbe Hypsométrique du bassin versant

**Interprétation de la courbe hypsométrique :**

D'après la courbe hypsométrique du bassin versant j'ai obtenu que c'est un vieux bassin à faible potentiel érosive.

**Altitude moyenne du bassin versant**

- Altitude médiane

$$H_{50\%} = 1180 \text{ m}$$

- Altitude moyenne

$$H_{\text{moy}} = \sum S_i \cdot H_i / S = 1145,60 \text{ m}$$

Avec :

$S_i$  = surface partielle entre deux courbes de niveau ( $\text{km}^2$ )

$H_i$  = altitude moyenne entre deux courbes de niveau consécutives (i-1) et i en (m)

S : superficie du bassin versant ( $\text{km}^2$ )

Tableau II-2 : altitude moyenne du bassin versant

Altitude	S <sub>i</sub> (km <sup>2</sup> )	S <sub>i</sub> *H <sub>i</sub>
1706-1700	0,173	294,619
1700-1600	7,768	2916,87
1600-1500	3,872	6001,6
1500-1400	5,608	8121,6
1400-1300	8,242	11126,43
1300-1200	20,208	25259,75
1200-1100	35,022	40275,07
1100-1000	29,776	31264,59
1000-900	17,333	16466,16
900-805	6,685	5698,792
	Somme	147435,48

- La pente du bassin versant est déduite de l'équation :

$$I = \frac{D \cdot Ln}{S} = 207,26 \text{ m/km}$$

Avec :

D : dénivelés entre deux courbes de niveaux successives (m) ;

L : les longueurs des courbes de niveaux (km) ;

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

Tableau II-3 : la pente moyenne du bassin versant

Altitude (m)	D (m)	Longueur de la courbe de niveau (km)
900	100,00	33,04
1000	100,00	44,12
1100	100,00	64 ,63
1200	100,00	62,33
1300	100,00	27,71
1400	100,00	20,46
1500	100,00	8,07
1600	100,00	5,92
1700	100,00	0,43

Indice de pente

- Indice de pente globale  $I_g$

A partir de la courbe hypsométrique, nous déduisant les fréquences 5% et 95% de la surface du bassin versant.

$$I_g = \frac{H_{5\%} - H_{95\%}}{L} = 20,89 \text{ m/km} = 2,10\%$$

Avec :

L : longueur du rectangle équivalent (km)

$H_{5\%}$  : 1535m

$H_{95\%}$  : 948m

- Indice de pente moyenne  $I_{pm}$  :

L'indice de pente moyenne est le rapport entre la dénivelée et la longueur de rectangle équivalent.

$$I_{pm} = \frac{H_{max} - H_{min}}{L} = 3,21 \%$$

- Dénivelée spécifique :

elle est donnée par la formule suivante :

$$D_s = I_g \sqrt{S} = 236,95 \text{ m}$$

Tableau II-4 : classification des reliefs

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

J'ai déduit d'après le tableau précédent que notre relief est assez fort.

- La densité de drainage :

Elle est définie pour un bassin versant donnée de surface « s », comme la longueur totale des cours d’eaux de tous les ordres sur la surface drainée , et est exprimée en km/km<sup>2</sup> .

$$D_d = \frac{\sum_{i=1}^n L_i}{S} = 3,215 \text{ km/km}^2$$

Avec :

$\sum_{i=1}^n L_i$  : somme des longueurs de tous les cours d’eau d’ordre i (=413,73km)

S : surface du bassin versant (km<sup>2</sup>)

- La coefficient de torrentialité  $C_t$

$$C_t = D_d \frac{N}{S} = 13,31$$

Avec :

$D_d$  : la densité de drainage.

N : nombre des talwegs d’ordre 1 (N=533)

S : surface de bassin versant.

- **Temps de concentration :**

On appelle temps de concentration  $T_c$  d’un bassin versant, la durée nécessaire pour que la pluie tombée sur le point le plus éloigné hydrologiquement de l’exutoire atteigne celui –ci .

Le temps de concentration est une caractéristique principale de toutes les formules permettant le passage des pluies aux débits de crue.

Plusieurs formules de détermination du temps de concentration ont été mises au point , les plus courantes sont :

**a) Formule de giandotti :**

$$T_c = \frac{4\sqrt{S} + 1.5L}{0,8 \sqrt{H_{moy} - H_{min}}} = 6,30 \text{ heures}$$

Avec :

$T_c$  : temps de concentration (heures)

S : surface du bassin versant (km<sup>2</sup>)

L : longueur du talweg principal (km)

$H_{moy}$  : l’altitude moyenne du bassin versant (m)

$H_{min}$  : l’altitude minimale du bassin versant (m)

**b) Formule de kirpich :**

$$T_C = 0.6615L^{0.77}I_g^{-0.385} = 7,10 \text{ heures}$$

Avec :

$T_C$  : temps de concentration (heures)

$L$  : longueur du talweg principal (km)

$I_g$  : pente globale du bassin versant (%)

**c) Formule de l'ANRH :**

$$T_C = \left[ \frac{S \cdot L}{(10I)^2} \right]^{0.25} = 8,26 \text{ heures}$$

Avec :

$T_C$  : temps de concentration (heures)

$S$  : surface du bassin versant (km<sup>2</sup>)

$L$  : longueur du talweg principale (km)

$I$  : pente moyenne du talweg principal

**d) Formule de ventura :**

$$T_C = 0.1272 \sqrt{\frac{S}{\frac{H_{\max} - H_{\min}}{L}}} = 8,6 \text{ heures.}$$

Avec :

$T_C$  = temps de concentration (heures) ;

$S$  : surface du bassin versant (km<sup>2</sup>) ;

$L$  : longueur du talweg principal (km) ;

$H_{\min}$  : l'altitude maximale du bassin versant (m) ;

$H_{\max}$  : l'altitude minimale du bassin versant (m) ;

Tableau II-5: récapitulatif du temps de concentration

Formule ou méthode	Valeur(h)
Giandotti	6,30
Kirpich	7,10
ANRH	8,30
Ventura	8,60

Etant donné que la valeur moyenne des méthodes est 7.56 heures, ainsi que le fait qu'il ne soit pas nécessaire dans la pratique d'estimer le temps de concentration d'un bassin versant avec une très grande précision, nous retiendrons pour la suite de nos calculs la valeur obtenue par la formule de l'ANRH qui est proche de la valeur moyenne :

$$T_c = 8,30 \text{ heures.}$$

Après traitement cartographique, on a déterminé les caractéristiques morphologiques du bassin versant comme le montre (le tableau II -6 )

Tableau II-6 : Caractéristiques principales du bassin versant

DESIGNATION	SYMBOLE	UNITE	VALEURS	
Superficie	S	Km <sup>2</sup>	128,7	
Périmètre	P	Km	64,60	
Longueur du thalweg	L	M	32,10	
Altitude	Moy	Hmoy	M	1145,60
	Max	Hmax	M	1706
	Min	Hmin	M	805
Indice de compacité	Kc	-	1,61	
Rectangle équivalent	L	Km	28,10	
	B	Km	4,58	
Pente du thalweg	I	%	1,77	
Indice de pente globale	I <sub>G</sub>	%	2,10	
Pente du bassin versant	I	(Km/Km)	0,21	
Temps de concentration	T <sub>c</sub>	(heure)	8,3	
Température moyenne	T <sub>moy</sub>	°C	15 ,70	

**II.4.2. Caractéristique climatique**

**II.4.2.1. Condition climatique :**

Les conditions climatiques qui prévalent dans la région d'étude seront décrites par les mesures et observations disponibles dans les stations et sites de mesures les plus proches.

Ainsi pour le barrage d'oued BOUKMOURI, les caractéristiques climatiques en question peuvent être approchées par les mesures effectuées à la station de MEDEA.

**A. Evaporations**

L'évaporation est la transformation de l'eau en vapeur d'eau par un processus spécifiquement physique. L'évaporation est exprimée généralement en mm/jour, mm/mois ou mm/an. La détermination de l'évaporation du plan d'eau du barrage d'oued BOUKMOURI sera estimée d'après les mesures effectuées sur l'évaporomètre au niveau de la station de MEDEA Le tableau ci-dessous donne les valeurs moyennes de l'évaporation mensuelle (tableau II-7)

Tableau II-7: Evaporations mensuelles sur la période 1994-2013 (station de Médéa)

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	jan	Fev	Mars	avril	mai	juin	Juil	Aout	Année
Evap(m)	122,7	96,9	50,9	37,7	43,5	72,1	81,1	118,0	174,1	226,1	226,17	210,2	1271,2
%	9,65	7,62	4,00	2,98	2,97	3,42	5,67	6,38	9,28	13,70	17,79	16,54	100

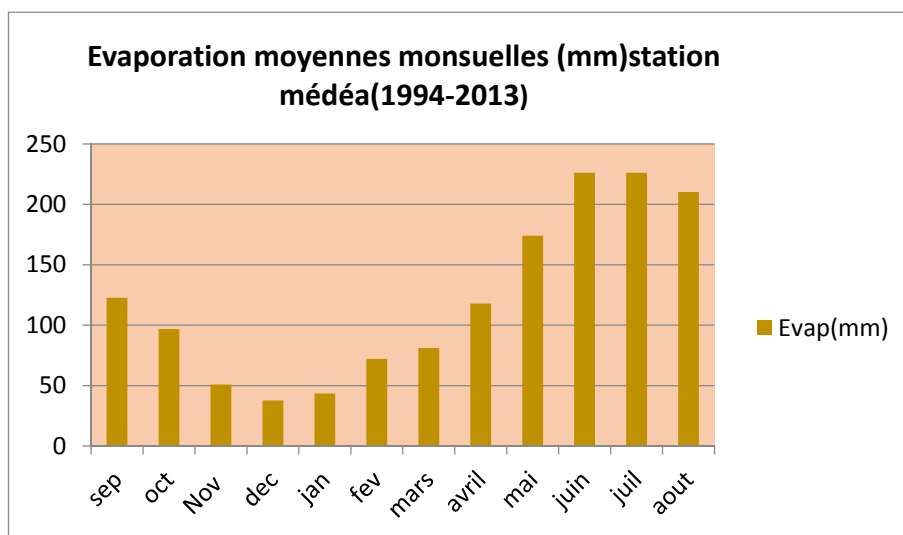


Figure II-8: Evaporations mensuelles sur la période 1994-2013 (station de Médéa)

Le graphique représentatif de l'évaporation prend presque la même allure avec l'évolution de la température. Ceci bien sûr est dû à la relation exponentielle existante entre ces deux paramètres. L'évolution de l'évaporation adapte une valeur minimale de 37,7 mm enregistrée pendant la période froide, et une valeur maximale de 226,17 mm mesurée durant la période chaude. Le taux moyen de l'évaporation peut atteindre 120 mm.

**B. Températures**

La température est variable d'un mois à un autre, mais l'ensemble présente toujours un maximum et un minimum.

De manière générale le climat de la région est caractérisé par un été chaud et un hiver froid.

Les valeurs moyennes de la température en (°c) sont données dans (le tableau II-8)

Tableau II-8: Températures mensuelles moyennes sur la période 1994-2013(Station Médéa)

Mois	Sep	Oct	nov	déc	jan	fev	mar	avr	Mai	juin	Juill	Aout	année
Temp moy c°	21,1	17,2	10,7	7,6	6,7	7,1	10,3	12,3	17,1	22,8	26,7	26,5	15,7

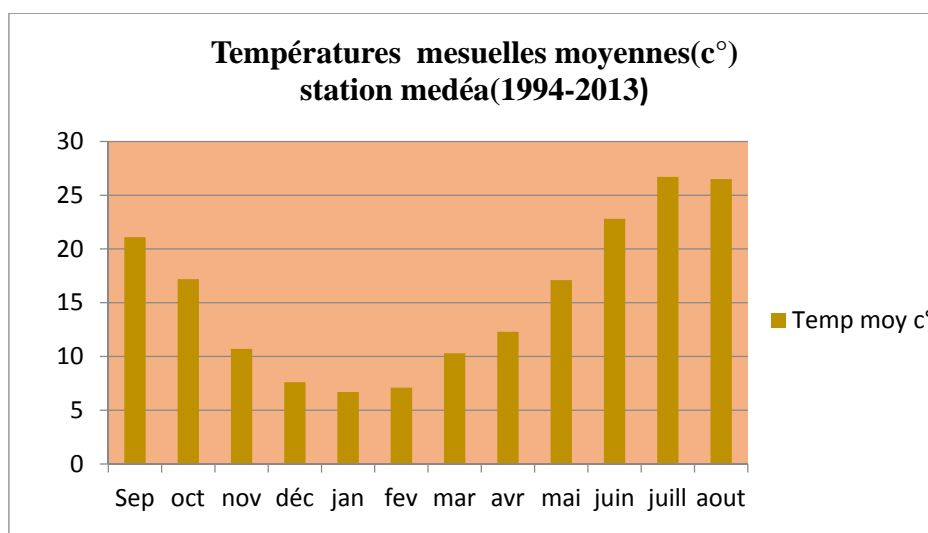


Figure II-9: Températures mensuelles moyennes sur la période 1994-2013(Station Médéa)

D’après la figure le climat de la région est caractérisé par un été chaud et un hiver froid.

La température varie entre 7 °C en janvier et 27 °C en juillet, avec une moyenne qui atteint

20 °C. La saison chaude s’étend de Mai à Octobre, et la période froide s’étend entre

Novembre et Avril, mois pendant lesquels la température est inférieure à la moyenne.

**C. Vent :**

Les moyennes mensuelles des vitesses des vents de la station de MEDEA, sont récapitulées ci-dessous (pour période 1995-2014) :

Tableau II-9 : Moyennes mensuelles de la vitesse des vents sur la période 1994-2014(station de Médéa)

Mois	sep	oct	nov	dec	jan	fev	mars	avr	mai	juin	Juil	Aout	Année
Vitesse vent (m/s)	1,50	1,50	1,90	1,80	1,80	1,80	1,80	1,90	1,60	1,60	1,40	1,40	1,67

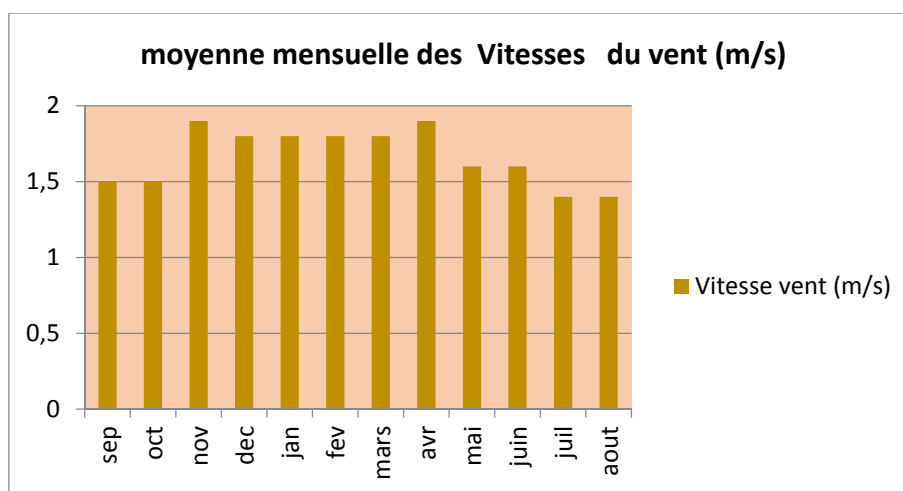


Figure II-10: Moyennes mensuelles de la vitesse des vents sur la période 1994-2014 (station de Médéa)

On a construit l'histogramme de la répartition mensuelle de la vitesse des vents (figure II-10), qui représente les moyennes mensuelles de la vitesse des vents sur la période 1994-2014. La vitesse des vents varie entre 1,4m/s et 1,6 m/s en septembre, octobre, mai, juin, juillet et aout, et avec une moyenne qui atteint 1,8 m/s pendant les mois de décembre jusqu'à avril.

### **I.5. Conclusion**

D'après les conditions topographiques, géologiques et tectoniques, on a constaté que le site est favorable pour la réalisation d'un barrage de mobilisation.

Après le traitement des données, la cartographie du bassin versant nous a permis de déduire les caractéristiques morphologiques et hydrographiques. Ceci va nous permettre d'aborder les calculs ultérieurs.

# **Chapitre III**

## **Etude hydrologique**

### III.1 Introduction :

L'étude hydrologique a pour objectif d'étudier statistiquement les précipitations maximales journalières afin d'estimer le débit maximaux probable de projet et les précipitations total annuel qui vont nous permettre la détermination des écoulements liquide et solide.

D'autre part, La régularisation de l'écoulement a pour objectif la détermination de la capacité optimum de la retenue ainsi que le niveau correspondant qui permettent de rendre réguliers les débits de l'oued de BOUKMOURI, ce dernier permettra de satisfaire les besoins d'irrigation et d'alimentation en eau potable avec le moindre risque de défaillance possible. Par contre l'étude de 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.

### III.2 Etude des Précipitations :[2]

#### III.2.1 Données Existantes :

La série d'observation contient des années lacunaires ce qui nécessite un traitement préalable. Il est donc utile de faire une corrélation avec d'autres séries de station se trouvant au voisinage du bassin versant objet d'étude, pour avoir une série plus longue que possible (voir le Tableau III-1).

Tableau III-1 : Coordonnées des stations pluviométriques

Station	Altitude (NGA)	X	Y	Nombre d'année d'observation	P <sub>moy</sub> (mm)
Derrag	1150	472,15	289,85	61	549,70
Kherba od hellal	1250	482,25	293,3	34	390,4
Bordj El Amir	1080	461,10	285,30	68	457,7
Boughzoul	643	507,10	272,25	50	223,4

#### III.2.2 Qualité Des Séries Pluviométriques :

Les séries pluviométriques citées plus haut ont été toutes soumises à des tests d'homogénéisation en ce qui concerne les pluies annuelles (voir annexe 1).

L'analyse des figures III-1-III-2-III-3 permet de constater qu'il existe une bonne corrélation de notre station d'étude avec la station de Bordj El Amir qui possède un nombre d'observation intéressant (68). Les deux autres stations marquent une hétérogénéité.

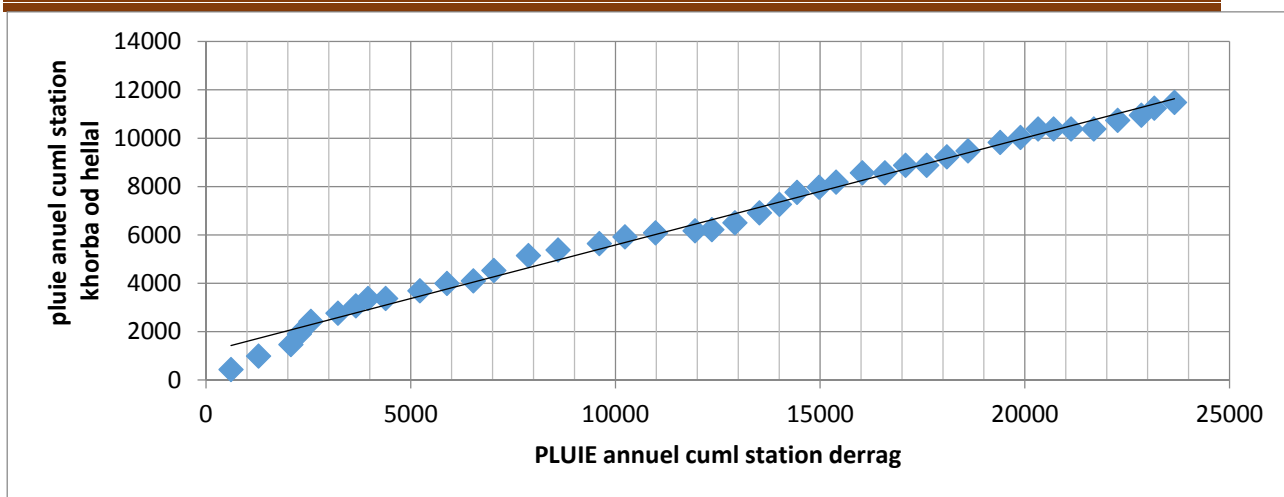


Figure III-1: Critique des données par la méthode des doubles cumuls  
(Station KHERBA OD HELLAL)

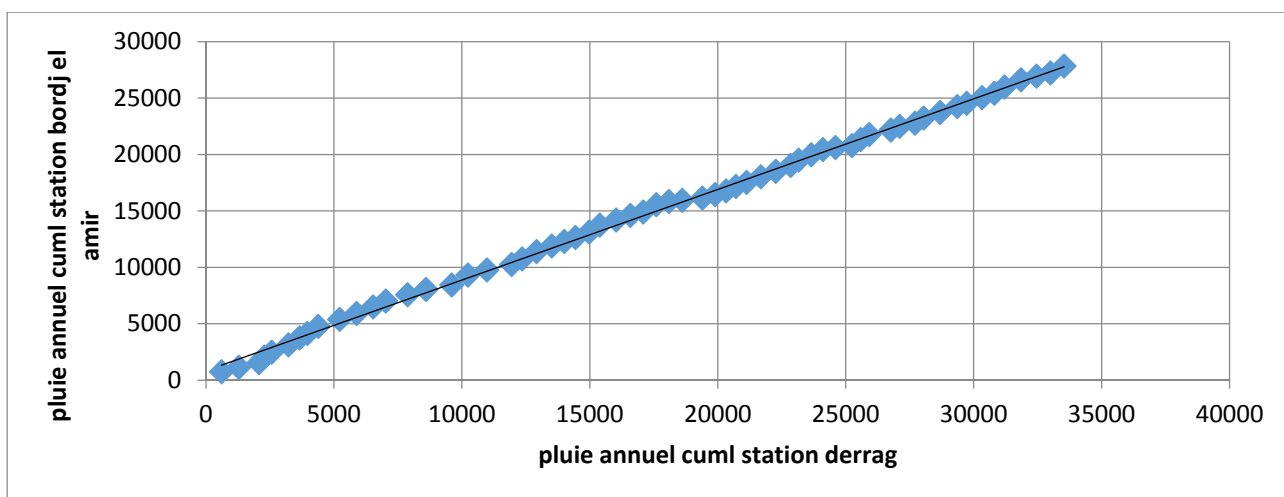


Figure III-2: Critique des données par la méthode des doubles cumuls (Station Bordj El Amir)

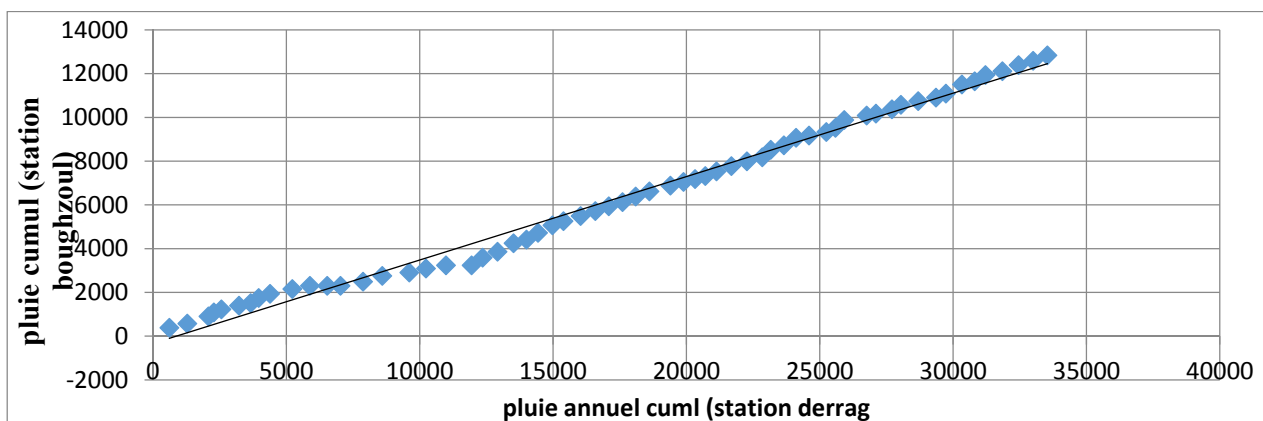


Figure III-3 : Critique des données par la méthode des doubles cumuls (Station BOUGHZOUL)

**III.2.3 Evaluation de la pluie moyenne annuelle précipitée sur le bassin versant :**

- **Détermination de la pluie moyenne annuelle par la méthode des isohyètes**

Selon la carte pluviométrique de l'ANRH, établie en 2005, le bassin d'étude se situe entre les isohyètes 300 mm et 500 mm.

$$P = \frac{\sum s_i p_i}{S} = 428 \text{ mm}$$

Avec :

P : pluie moyenne tombée sur bassin versant (mm) ;

P<sub>i</sub> : précipitation moyenne entre les isohyètes successives (mm) ;

S<sub>i</sub> : surface comprise entre deux isohyètes successives (km<sup>2</sup>) ;

S : surface totale du bassin versant (km<sup>2</sup>) ;

Tableau III-2 : Calcul de la pluie moyenne par isohyètes

Hauteur (mm)	Surface entre les isohyètes (km <sup>2</sup> )	(P <sub>i</sub> +P <sub>i+1</sub> )/2	S*(P <sub>i</sub> +P <sub>i+1</sub> )/2
300-350	0.74	325	240.50
350-400	17.98	375	6742.50
400-450	83.36	425	35429.30
450-500	26.62	475	12643.10
		<b>Somme</b>	<b>55055.40</b>
		<b>p<sub>moy</sub></b>	<b>428.00</b>

- **Détermination de la pluie moyenne annuelle par la méthode de la moyenne arithmétique :**

C'est l'une des méthodes la plus rapide et la plus utilisée, elle exprimé par la relation suivante :

$$P_{\text{moy}} = \frac{\sum P_i}{N} = 470 \text{ mm}$$

Avec :

P<sub>moy</sub> : pluie moyenne sur l'ensemble du bassin (mm)

P<sub>i</sub> : hauteur de précipitation à la station (mm)

N : nombre de station

**Remarque :**

La méthode de Thiessen ne peut être établie puisque notre bassin n'est pas centré par rapport aux autres stations.

La pluviométrie moyenne annuelle selon la carte pluviométrique de l’Algérie du nord (méthode des isohyètes) est de 428 mm.

La pluviométrie moyenne annuelle par la méthode de la moyenne arithmétique est de 470 mm.

Etant donnée l’incertitude inhérente aux valeurs obtenues par les deux méthodes, nous considérons, pour la suite de l’étude, la valeur intermédiaire arrondie de 450 mm. **Donc P0 = 450 mm.**

**III.2.4. Pluies moyennes mensuelles :**

La répartition mensuelle de la pluie moyenne annuelle proposée pour le bassin versant de BOUKMOURI est inspirée de la répartition mensuelle de la pluviométrie moyenne de la station DERRAG présenter dans le tableau suivant :

Tableau III-3 : Pluies moyennes annuelles du bassin versant de BOUKMOURI

Année	sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	juill	aout	Année
P(mm)	24,795	41,895	48,69	62,775	62,82	54,36	51,345	43,02	39,24	12,15	2,745	6,21	450
%	5,51	9,31	10,82	13,95	13,96	12,08	11,41	9,56	8,72	2,7	0,61	1,38	100

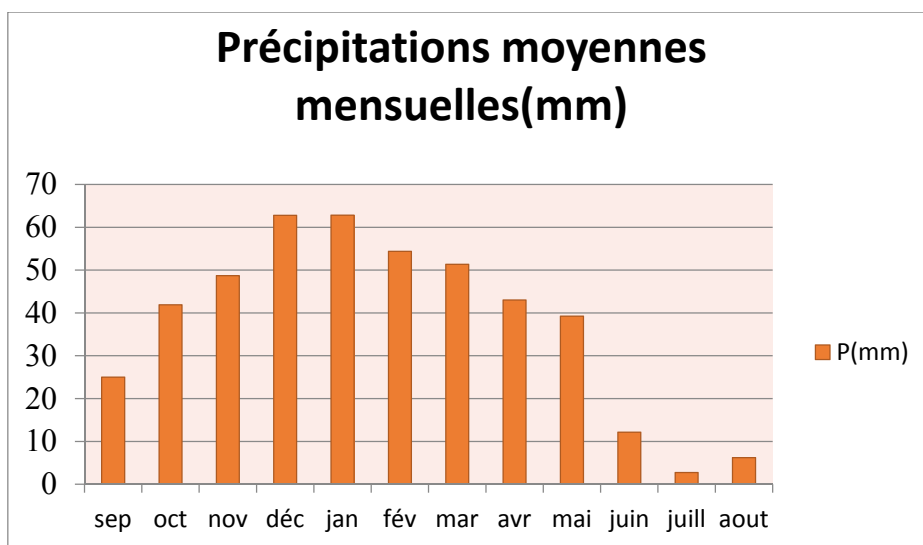


Figure III-4 : Pluies moyennes mensuelles considérées pour le bassin versant de BOUKMOURI

La période humide dure du mois d’octobre au mois de mai, alors que la période sèche s’étale du mois de juin au mois de septembre. Le mois décembre est en général le plus arrosé, alors que les mois de juillet et août sont les plus secs.

### III.2.5. Pluies journalières maximales :

Le traitement des pluies journalières, suppose que la durée et l'origine des pluies sont fixes, par contre qu'elles soient continuées ou non, n'a pas d'intérêt, car un arrêt bref de l'intérieur d'une averse n'a pas d'effet sur l'hydrogramme.

#### Remarque :

Dans le but de déterminer la pluie moyenne journalière maximale du bassin versant de barrage BOUKMOURI. J'ai écarté la station de BOUGHZOUL pour les réseaux suivants :

- La station de BOUGHZOUL est trop écartée de notre bassin versant
- Elle a une altitude significativement inférieure
- La pluie moyenne journalière maximale de cette dernière est de 23,6 mm qui est trop inférieur à celle de DERRAG.

(Série des pluies journalières maximales de BOUGHZOUL et DERRAG: Voir l'annexe2)

Je vais utiliser la station de DERRAG ( $P_{jmax}$  moyenne = 50,7 mm) pour la détermination des crues.

#### III.2.5.1. Ajustement des pluies maximales journalières :

On a effectué l'ajustement de la série des pluies journalières ( $P_{jmax}$ ) à la loi de Gumbel et Galton en utilisant le logiciel Hyfran, avec une comparaison des deux graphiques de régression obtenues par les deux ajustements.

Les caractéristiques de la série des  $P_{jmax}$  sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau III-4 : Caractéristiques de la série des  $P_{jmax}$

Statistique de base	Nombre d'observation
Minimum	21,10
Maximum	123,0
Moyenne	50,73
Ecart-type	21,05
Médiane	46,05
Coefficient de variation $c_v$	0,4150
Coefficient de d'asymétrie $c_s$	1,227
Coefficient d'aplatissement $c_k$	4,380

### III.2.5.2 Ajustement à la loi de Gumbel

L'ajustement de la série des Pjmax à la loi de Gumbel d'expression :

$$F(x) = e^{-e^{-u}}$$

Avec :

$$u = \frac{x - X_0}{s}$$

$$s = 0,78\sigma_x \text{ (gradex)}$$

$$\sigma_x = \left( \frac{\sum (x - X_m)}{n-1} \right)^{0.5}$$

Où :

X : représente la variable pluviométrique

Xm: la pluie journalière maximale moyenne (Pjmax)

Paramètres du logiciel :

T: Période de retour.

Q: Fréquence.

Xt: Pluie journalière maximale correspondante à la période de retour donnée.

#### Résultat de l'ajustement

Gumbel (Maximum de vraisemblance)

Nombre d'observation: 61

Paramètres: U = 41.417

Alpha = 15.69

Quantiles : Q = F(x) probabilité au non dépassement

T=1/(1-q)

Tableau III-5: Résultat d'ajustement par la loi de Gumbel

T (ans)	Q	XT (mm)	Ecart -type	Intervalle de confiance (95%)	
10000	0,9999	186,7	15,49	156,3	217,1
1000	0,9990	150,4	11,85	127,1	173,6
100	0,9900	113,9	8,245	97,78	130,1
50	0,9800	102,9	7,169	88,87	117,0
20	0,9500	88,21	5,757	76,93	99,50
10	0,9000	76,85	4,698	67,64	86,06
5	0,8000	65,01	3,653	57,85	72,17
2	0,5000	47,12	2,368	42,48	51,76

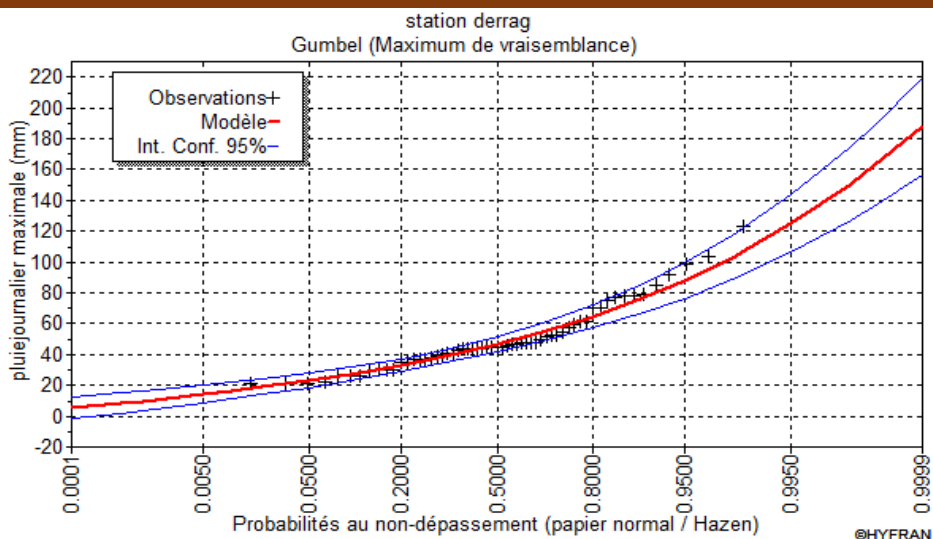


Figure –III-5 : Ajustement à la loi de Gumbel (Maximum de vraisemblance)

**Test d’adéquation (test de Khi 2)**

- Hypothèses

**H0** : l’échantillon provient d’une loi Gumbel

**H1**: l’échantillon ne provient pas d’une loi Gumbel

**Résultat**

Résultat de la statistique:  $X^2 = 10.90$

- value: 0.1429

Degrés de liberté: 7

Nombre de classes: 10

**Remarque**

Nous pouvons accepter H0 au niveau de signification de 5%

**III.2.5.3 Ajustement à la loi galton :**

Paramètres d'ajustement à la loi Log–normale

$$\overline{\log P_j \max} = \frac{\sum(\log P_j \max - \overline{\log P_j \max})^2}{N}$$

L’équation de la droite d’ajustement.

$$\log P_j \max = \overline{\log P_j \max} + \sigma \log U_{P\%}$$

Avec :

UP% : variable de GAUSS pour différentes fréquences.

- Résultats de l'ajustement :

Nombre d'observations : 61

- Paramètres :

Mu =3.849

Sigma=0.395

- Quantiles :

Q = F(x) (probabilité au non-dépassement)

$$T = 1/(1-q) \text{ (Période de retour)}$$

Tableau III-6: Résultat d'ajustement par la loi de Galton

T(ans)	q	XT(mm)	Ecart-type	Intervalle de confiance(95%)	
10000	0,9999	206,2	29,81	147,8	264,7
1000	0,9990	160,5	19,81	121,7	199,4
100	0,9900	118,4	11,70	95,50	141,4
50	0,9800	106,2	9,610	87,41	125,1
20	0,9500	90,28	7,097	76,36	104,4
10	0,9000	78,11	5,396	67,53	88,69
5	0,8000	65,54	3,898	57,90	73,18
2	0,5000	46,88	2,391	42,19	51,56

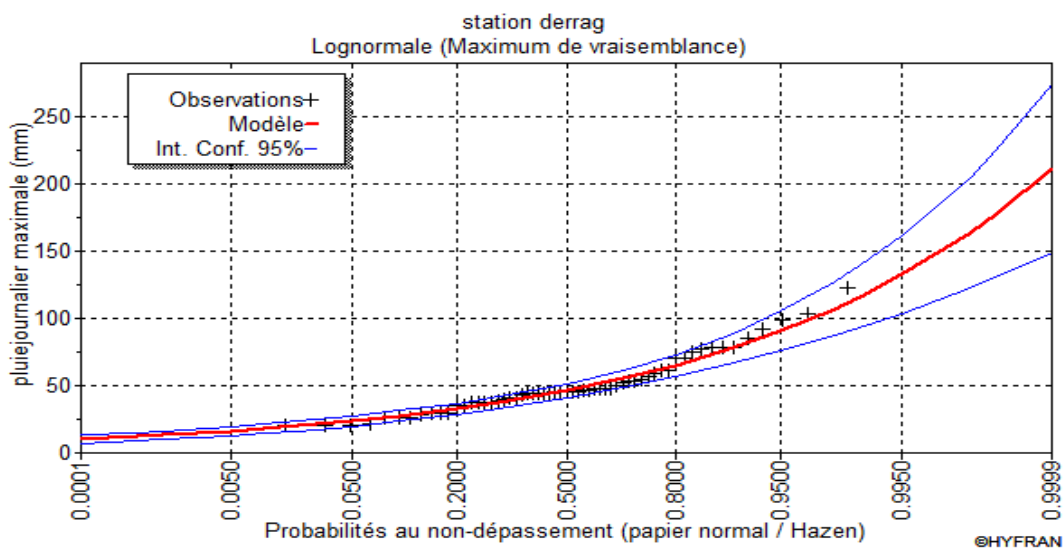


Figure III-6: Ajustement à la loi de Galton (Maximum de vraisemblance)

**Test d'adéquation (Test de Khi2)**

- Hypothèses

H0 : L'échantillon provient d'une loi Lognormale

H1 : L'échantillon ne provient pas d'une loi Lognormale

- Résultats

Résultat de la statistique:  $X^2 = 9,29$

p-value: 0,2325

Degrés de liberté: 07

Nombre de classes: 10

**Remarque**

Nous pouvons accepter H0 au niveau de signification de 5%

**III.2.5.4. Choix de la loi d'ajustement**

D'après les deux droites d'ajustement ainsi que le test de Khi2 on constate que les pluies journalières maximales s'ajustent mieux à la loi de Galton (Log normale), donc pour la suite on considère les pluies journalières maximales obtenues par l'ajustement de Galton.

**III.2.6. Pluies Fréquentielles de courte durée**

Le passage des pluies journalières maximales aux pluies de courte durée à l'origine des crues, peut être obtenue à l'aide de la relation de Montana:

$$P_{T,t} = P_j \max (\%) \left(\frac{t}{24}\right)^b \quad [3]$$

Où :

PT : Pluie de durée t et de période de retour T.

Pjmax(%) : pluie journalière max de fréquence correspondant à T.

b : exposant climatique (0,37).

Tel que :

$$b = 1 + \frac{\ln\left(\frac{\overline{Pjmax}}{24}\right) - \ln(25)}{\ln(24) - \ln(0,5)}$$

Avec :

$\overline{Pjmax}$  : La moyenne des pluies journalières maximales (mm)

Tableau III-7: Pluies de courtes durées et intensités des pluies

T (ans)	Pjmax (mm)	T (heure)									
			1	2	3	4	8	8,3	12	24	48
10000	206,2	Pc(mm)	63,62	82,22	95,53	106,26	137,33	139,21	159,55	206,20	266,48
		I(mm/h)	63,62	41,11	31,84	26,57	17,17	16,77	13,30	8,59	5,55
1000	160,5	Pc(mm)	49,52	64,00	74,36	82,71	106,89	108,36	124,19	160,50	207,42
		I(mm/h)	49,52	32,00	24,79	20,68	13,36	13,06	10,35	6,69	4,32
100	118,4	Pc(mm)	36,53	47,21	54,85	61,01	78,85	79,93	91,62	118,40	153,0
		I(mm/h)	36,532	23,606	18,285	15,254	9,857	9,631	7,635	4,933	3,188
50	106,2	Pc(mm)	32,77	42,35	49,20	54,73	70,73	71,70	82,18	106,20	137,25
		I(mm/h)	32,77	21,17	16,40	13,68	8,84	8,64	6,85	4,43	2,86
20	90,28	Pc(mm)	27,86	36,00	41,83	46,52	60,13	60,95	69,86	90,28	116,67
		I(mm/h)	27,86	18,00	13,94	11,36	7,52	7,34	5,82	3,76	2,43
10	78,11	Pc(mm)	24,10	31,15	36,19	40,25	52,02	52,73	60,44	78,11	100,95
		I(mm/h)	24,10	15,57	12,06	10,06	6,50	6,35	5,04	3,25	2,10
5	65,54	Pc(mm)	20,22	26,13	30,36	33,77	43,65	44,25	50,71	65,54	84,70
		I(mm/h)	20,22	13,07	10,12	8,44	5,46	5,33	4,23	2,73	1,76
2	46,88	Pc(mm)	14,46	18,69	21,72	24,16	31,22	31,65	36,27	46,88	60,59
		I(mm/h)	14,46	9,35	7,24	6,04	3,90	3,81	3,02	1,95	1,26

Avec :

Pc (mm) : Pluie de courte durée pour une fréquence donnée.

I (mm/h): intensité de pluies pour une fréquence donnée.

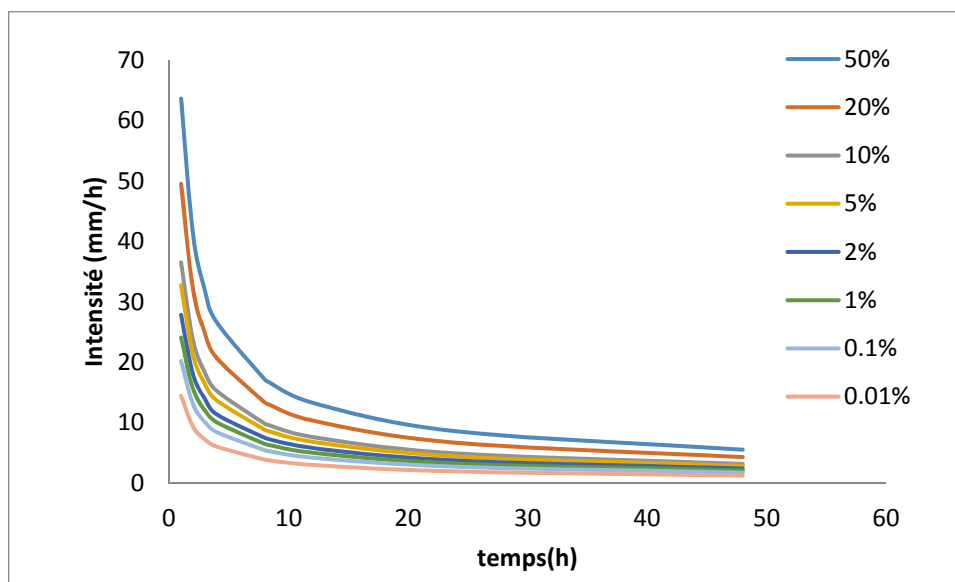


Figure III-7 : Courbes Intensité – Durée – Fréquence (IDF)

### III.3. Etude des apports :

Cette partie de l'étude sera consacrée à la quantification des apports liquides au niveau de la retenue.

Il sera ainsi précédé à l'analyse de la variabilité de ces apports en tenant compte des paramètres qui la régissent (la loi log normal).

Ces analyses seront effectuées dans le but d'avoir un maximum d'éléments susceptibles d'être utilisés dans la suite du projet.

#### III.3.1 apport moyen annuel

Dans le cas d'absence de données d'observations hydrologique, il est d'usage d'estimer les apports liquides par les méthodes empiriques.

- **Calcul de l'apport moyen annuel par les formules empiriques**

Les méthodes les plus fréquemment utilisées sont

a) Formules de Samie:

$$L_e = P_0^2 (293 - 2,2\sqrt{S}) = 54,27 \text{ mm}$$

Avec :

L : lame écoulée (mm)

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

P<sub>0</sub> : pluie moyenne annuelle (m)

D'où :

$$A = L \cdot S = 7,00 \text{ hm}^3$$

b) Formule de Deri II

$$A = 0,915 P_0^{2,684} \cdot S^{0,842} = 6,40 \text{ hm}^3$$

Avec

A : Apport moyen annuel (hm<sup>3</sup>)

P<sub>0</sub> : pluie moyenne annuelle (m)

D<sub>d</sub> : Densité de drainage (Km/Km<sup>2</sup>)

c) Formule de Urgiprovodkhoz :

$$M_0 = \left(\frac{P_0}{340}\right)^{2,24} = 1,89 \text{ l/s/hm}^3$$

$$A_0 = 31,536 \cdot M_0 \cdot S \cdot 10^{-3} = 7,67 \text{ hm}^3$$

d) Formule ANRH :

$$A_0 = 0,513 \cdot P^{2.603} \cdot Dd^{0.5} \cdot S^{0.842} = 6,45 \text{ hm}^3$$

P : Pluie moyenne annuelle (mm).

S : Superficie du bassin versant (Km<sup>2</sup>).

Dd : Densité de drainage (Km/Km<sup>2</sup>)

e) Formule de Turc :

$$L_e = P_{\text{moy}} - D$$

Avec :

Le: Lamme écoulée (mm)

P<sub>moy</sub>: Pluie moyenne annuelle (mm).

D: Déficit de l'écoulement [mm] tel que :

$$D = \left[ \frac{P_{\text{moy}}}{\sqrt{0.9 + \left( \frac{P_{\text{moy}}}{L} \right)^2}} \right] \text{ (mm)}$$

L: Variable théorique tel que:

$$L = 300 + 25 T_{\text{moy}} + 0.05 (T_{\text{moy}})^3 = 874,92 \text{ mm}$$

T<sub>moy</sub>: Température moyenne annuelle (15,52°).

Donc:

$$L_e = 33 \text{ mm}$$

D'où :

$$A_0 = L_e \cdot S = 4,24 \text{ hm}^3$$

f) Méthode des débits spécifiques

Cette méthode consiste à évaluer le débit QB recherché à partir de QA en tenant compte uniquement de l'influence respective des surfaces des bassins versants. Cela revient donc à négliger les autres facteurs qui contribuent au comportement hydrologique de chacun des bassins (climat, géologie, topographie ... etc.).

$$Q_B = \frac{Q_A}{S_A} S_B$$

Avec :

QB: débit du bassin non jaugé ( $m^3/s$ )

QA: débit du bassin jaugé ( $m^3/s$ )

SB: débit du bassin non jaugé ( $km^2$ )

SA: débit du bassin jaugé ( $km^2$ )

Dans notre cas le barrage du Deurdeur existant proche du barrage à étudier (BOUKMOURI) ont des caractéristiques des bassins versants semblables. Pour bien argumenter l'utilisation de l'analogie on a eu recours au calcul de la pluie sur le bassin versant de DEURDEUR.

Pour cela on a utilisé d'autres séries pluviométriques qui sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau III-8 : séries pluviométriques utilisées sur le bassin versant d'Oued DEURDEUR

Station	Altitude (NGA)	X	y	Pmoy(mm)
Sidi mokrefi	425	463,20	304,25	374,30
Tarik ibn ziad	660	450,15	299,50	494,00
Teneit el had	1150	439,80	285,65	540,00

Tableau III-9: Application de la méthode de Thiessen sur le bassin versant d'Oued DEURDEUR

Station	Pi (mm)	Ai ( $km^2$ )	Ai/At	Pi*Ai/At (mm)
Derrag	549,7	29,75	0,06641811	36,51
Bordj el amir	457,7	188,24	0,420253617	192,35
Sidi mokrefi	374,3	40,97	0,091467226	34,24
Tarik ibn ziad	494	123,74	0,276254688	136,47
Teneit el had	540	65,22	0,145606358	78,63
A <sub>totale</sub> ( $km^2$ )				448
Pmoy (mm)				478

### Remarque

La série des pluies moyennes annuelles des stations SIDI MOKREFI, TARIK IBN ZIAD et TENEIT el HAD sont présentées en (annexe03)

Un bilan hydrique du barrage DEURDEUR nous a été transmis par l'ANBT et qui donne un apport moyen annuel de  $36.40 \text{ hm}^3/\text{an}$  donc un débit moyen annuel de  $QA = 36.4/31,6 = 1,15 \text{ m}^3/\text{s}$ , (voir annexe 4).

La surface du bassin versant du DEURDEUR est  $SA=468 \text{ km}^2$  et celle de BOUKMOURI est de  $SB=128,7 \text{ km}^2$ .

A N

$$Q_B = \frac{QA}{SA} S_B \quad Q_B = \frac{1,15}{468} 128,7 = 0,32 \text{ m}^3/\text{s}$$

Par une simple application de la formule précédente on aura un débit de  $Q_B = 0,32 \text{ m}^3/\text{s}$

$$A_0 = 0,32 \cdot (365 \cdot 24 \cdot 6 \cdot 6) \cdot 10^{-6} = 10,00 \text{ hm}^3$$

Donc un apport moyen annuel de  $10,08 \text{ hm}^3$ .

Tableau III-10 : récapitulatif du calcul de l'apport moyen interannuel

Formules	Le (mm)	M <sub>0</sub> (l/s/km <sup>2</sup> )	A (hm <sup>3</sup> )
ANRH	50,12	1,59	6,45
Samie	54,27	1,72	7,00
Deri II	49,72	1,58	6,40
Urgiprovodkhoz	59,59	1,89	7,67
Turc	33	1,04	4,24
<b>Analogie / Débit spécifique</b>	77,70	2,46	10,00

#### Remarque :

Les formules empiriques sont données qu'à titre indicatif.

J'ai optons un apport moyen annuel arrondi de  $10,00 \text{ hm}^3/\text{an}$  issu de l'analogie avec DEURDEUR, résultat basé sur des données réelles.

Donc les paramètres hydrologiques adoptés pour l'Oued BOUKMOURI au droit de l'aménagement sont :

L'apport  $A_0 = 10,00 \text{ hm}^3$  donc un débit moyen annuel de  $0,32 \text{ m}^3/\text{s}$ .

La lame ruisselée  $Le = 78,32 \text{ mm}$ .

Le module d'écoulement  $M_0 = 2,48 \text{ l/s/km}^2$ .

La répartition mensuelle de l'apport moyen annuel proposée est inspirée de la répartition mensuelle de la pluviométrie avec prise en compte de l'absence d'écoulement durant les mois d'été.

Tableau III-11 : Répartition mensuelle de l'apport moyen annuel

Mois	sep	Oct	nov	dec	Jan	Fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	Année
A(hm <sup>3</sup> )	0,61	1,07	1,08	1,40	1,40	1,21	1,14	0,96	0,87	0,27	-	-	10,00
%	6,12	10,7	10,8	14,0	14,0	12,08	11,41	9,56	8,7	2,7	-	-	100

**III.3.2 variabilité de l'apport :**

La variabilité de l'apport peut être envisagée par l'application d'une loi Log normal (Galton) qui représente au mieux la distribution des apports fréquentiels en Algérie, cette loi s'écrit comme suit:

$$A(\%) = \frac{A_0}{\sqrt{C_v^2 + 1}} e^{u\sqrt{\ln(C_v^2 + 1)}}$$

Avec :

A (%): Apport de fréquence donnée (hm<sup>3</sup>)

U: Variable réduite de Gauss

A<sub>0</sub>: Apport moyen annuel (hm<sup>3</sup>)

C<sub>v</sub>: coefficient de variation de l'apport

a) Formule d'Urgiprovodkhoz :

$$C_v = \frac{0,70}{M_0^{0,125}} = 0,62$$

M<sub>0</sub>: Module spécifique (2,48 l/s/km<sup>2</sup>)

b) Formule Samie :

$$C_v = 0,78 - 0,291 \log M_0 = 0,66$$

M<sub>0</sub>: Module spécifique (l/s/km<sup>2</sup>)

c) Formule de Sokolovsky-Chevliev

La formule de Sokolovsky-Chevliev pour l'estimation du coefficient de variation moyen des écoulements annuels est la suivante

$$C_v = 0,78 - 0,29 \log M_0 - \log(S)^{0,063} = 0,53$$

**Avec :**

M<sub>0</sub>: Module spécifique (l/s/km<sup>2</sup>)

S: Surface du bassin versant (Km<sup>2</sup>)

Pour la suite de l'étude nous adopterons la valeur moyenne obtenue par la formule de Urgiprovodkhoz et SAMIE soit : C<sub>v</sub> = 0,60.

Les apports fréquentiels sont alors les suivants :

Tableau III-12: Apports fréquentiels pour différentes période de retour

Fréquence (%)	Période de retour T(an)	Variable de gauss (u)	Apport Fré (hm <sup>3</sup> /an)
80	1,25	-0,843	6,30
50	2	0	8,60
20	5	0,843	11,70
10	10	1,285	13,70
5	20	1,645	15,60
2	50	2,057	18,20
1	100	2,328	20,10
0,2	500	2,876	24,50
0,1	1000	3,1	26,60
0,01	10000	3,717	33,40

#### II.4.1 détermination des apports solides par les formules empiriques : [4]

Plusieurs auteurs ont proposé des formules d'estimation de l'apport solide en tenant compte des caractéristiques géologiques et morphologiques du bassin versant, parmi les plus utilisées en Algérie citons:

##### a/ Formule de Tixeront, (Sogreah):

S'inspirant des travaux de Tixeront en Tunisie, Sogreah propose pour l'Algérie pour des bassins versant de perméabilité faible à moyenne la formule suivante:

$$E_s = 350 R^{0,15} = 672,41 \text{ T/Km}^2/\text{an}$$

R : Lamé ruisselée annuelle (=77.70mm)

Connaissant la superficie du bassin versant qui est 128,7 km<sup>2</sup>, il est aisé de déduire le taux d'abrasion

$$T_a = E_s \cdot S \cdot R_m = 86538,58 \text{ T/an}$$

R<sub>m</sub> : rétention des matériaux par le bassin versant, pris égal à 100% en considérant que le taux de sédiment atteignant effectivement la retenue soit de 100% (valeur généralement admise).

Si la densité de la vase est 1,6t/m<sup>3</sup> donc T<sub>a</sub> = 54086,61 m<sup>3</sup>/an ;

##### a) Formule de fournier :

$$E_s = \frac{1}{36} \left( \frac{P_m^2}{P_A} \right)^{2,65} \left( \frac{h^2}{S} \right)^{0,46} = 488,74 \text{ T/km}^2/\text{ans}$$

Avec :

Es : Erosion spécifique (T/km<sup>2</sup>/an)

Pm : Pluviométrie du mois le plus arrosé (Décembre 62,78 mm)

h = Hmax – Hmin: Dénivelée moyenne (m)

S : Superficie du bassin versant (km<sup>2</sup>)

P<sub>A</sub> : Pluviométrie moyenne annuelle (450 mm)

b) Formule de Gavrilovic :

$$Es = 3,14 T \cdot P_0 \sqrt{Z^3} = 697,90 T/Km^2/an$$

Où:

T: coefficient de température.

$$T = \sqrt{\frac{T_0}{10}} + 0,1 = 1,397$$

Où:

To: Température moyenne annuelle (=15,7°)

Po: pluie moyenne annuelle (mm)

Z : coefficient d'érosion relative du bassin (pris égale à 0,5 selon tableau ci-dessous)

Tableau III-13: valeur de Z en fonction du degré d'érosion

Degré d'érosion	Valeur de z
Excessive	>1,01
Intensive	0,71-1,00
Modérée	0,41-0,70
Peu évoluée	0,20-0,40
Perceptible	<0,19

Donc:

$$Ta = Es \cdot S \cdot Rm = 89819,81 T/an$$

Avec:

S : surface du bassin versant (km<sup>2</sup>)

Rm : rétention des matériaux par le bassin versant pris égal à 100%

Si la densité de la vase est 1.6t/m<sup>3</sup> on aura:

$$Ta = 56137,38 m^3/an$$

**Remarque :**

La formule de Fournier qui n'est pas très recommandée pour des applications en Algérie n'est donnée qu'à titre informatif.

La formule de Gavrilovic et sogreah (Texiront) donne des valeurs approchées mais nous recommandons comme valeur pour l'érosion spécifique la valeur issue des données réelles et qui représente un bassin versant proche de celui étudié[5], soit:  $Ta = 1000 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{an}$

Le volume mort de la retenue est exprimé par la formule suivante :

$$Vm = Ta .S.T$$

Ta: taux d'abrasion ( $\text{m}^3/\text{km}^2/\text{an}$ )

T: Durée de vie de retenue (ans)

Tableau III-14 : Volume mort pour des différentes durées d'exploitation

Durée d'exploitation (an)	10	20	30	40	50
Volume mort ( $\text{hm}^3$ )	1,29	2,57	3,86	5,15	6,44

Pour les calculs on prend le volume mort **6.44  $\text{hm}^3$**  pour une durée de vie 50 ans

### III.5.Etude des crues :

Le but de cette partie est de déterminer les hydrogrammes des crues fréquentiels sur le bassin versant et de définir les débits maxima probables correspondants.

#### III.5.1calcul Du Débit De Crues Par Les Formules Empiriques :

Parmi les plus utilisées nous citerons

a) Formule de Sokolowsky :

$$Q_{\max} = \frac{0,28.Ptc.Cr.S.f}{Tc} \quad [6]$$

Avec :

$Q_{\max}$  : Débit max. de la crue ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$PTc$  : Pluie correspondant au temps de concentration (m)

$Cr$  : Coefficient de ruissellement

$S$  : Superficie du bassin versant ( $\text{km}^2$ )

$Tc$  : Temps de concentration (heure).

$F$  : Coefficient de forme de la crue :  $F = 12 / (4+3.\gamma)$

**Donc**

$$F = 1,043$$

$Cr$  : Coefficient de ruissellement de la crue pour une période donnée

Tableau (III.15) : Débit maximum de crue pour différents périodes de retour (Formule de SOKOLOVSKY).

Fréquence (%)	10	5	2	1	0,1
Pct(mm)	52,59	52,73	60,95	79,93	108,36
Crp %	0,58	0,60	0,70	0,75	0,8
Qmax p%(m <sup>3</sup> /s)	158,917	164,835	222,386	312,328	451,647

b) Méthode rationnelle :

$$Q_{\max} = \frac{C \cdot P_{tc} \cdot S}{3,6 \cdot T_c}$$

Avec :

Qmax : Débit max de la crue (m<sup>3</sup>/s)

PTc : Pluie correspondant au temps de concentration

C: Coefficient de ruissellement

S : Superficie du bassin versant (km<sup>2</sup>)

Tc : Temps de concentration (heure)

Tableau III-16 : Débit maximum de crue pour différents périodes de retour (méthode Rationnelle)

Fréquence (%)	10	5	2	1	0,1
Pct(mm)	52,59	52,73	60,95	79,93	108,36
Crp %	0,58	0,60	0,70	0,75	0,8
Qmax p%(m <sup>3</sup> /s)	131,380	136,272	183,768	258,208	373,385

c) Formule de Mallet Gauthier :

Quoique d'emploi assez fréquent cette formule n'est cependant valable que pour des fréquences supérieures ou égales à la centennale:

$$Q_{\max} = 2K \log(1 + A \cdot P_{\text{moy}}) \cdot \frac{S}{\sqrt{L}} \sqrt{1 + 4 \log T - \log S} \quad [7]$$

Avec :

Qmax: Débit max de la crue (m<sup>3</sup>/s)

S: Superficie du bassin versant (128,7km<sup>2</sup>)

T: Période de retour (ans)

Po: Pluie moyenne annuelle (m)

K et A: Coefficients fonctions des conditions topographiques et géologiques du bassin versant (pour de petits BV au relief assez régulier, assez imperméables il est recommandé d'utiliser les valeurs respectives de A=20 et k(1-3) donc on prend k=2.

L : Longueur du talweg principal (32,10km)

Tableau (III.17) : Débit maximum de crue pour différents périodes de retour

(Formule de MALLET-GAUTHIER)

Période de retour	10	20	50	100	1000
Qmax (m <sup>3</sup> /s)	154,495	183,88	216,695	238,538	299,886

d) Formule de Giandotti :

$$Q_{\max} = \frac{A.S.Ptc.\sqrt{H_{\text{moy}} - H_{\text{min}}}}{4\sqrt{S} + 1,5L}$$

Avec:

Qmax: Débit max de la crue (m<sup>3</sup>/s) ;

S: Superficie du bassin versant (km<sup>2</sup>) ;

PTc: Pluie correspondant au temps de concentration (mm) ;

L: Longueur du thalweg principal (km) ;

Hmoy et Hmin: respectivement altitudes moyenne et minimale du bassin versant (m)

A: Coefficient fonction des conditions topographiques généralement pris égal à 120 - 160 pour de petits bassins de morphologie assez douce. On prend A= 140.

**Remarque :**

**La formule de Sokolovski** : est la plus détaillée, la plus sophistiqué et, outre cela, elle donne des hydro grammes complets, qui seront nécessaires pour étudier le laminage des crues. Aussi cette méthode est la plus proche de la moyenne, celle-ci tient compte de tous les paramètres caractéristiques du bassin versant, la surface de bassin versant, ainsi que le temps de concentration donc, l'adoption des résultats de cette méthode.

Le tableau (III.18) : Débits fréquentielles calculés

Période de retour	10	20	50	100	1000
Qmax (m <sup>3</sup> /s)	158,917	164,835	222,386	312,328	451,647

### III.5.2 Hydrogramme de crue

L'hydrogramme de crue est une représentation de la crue, il nous donne les caractéristiques principales de la crue :

- La forme de la crue
- Le volume de la crue
- La durée de la crue
- Le débit maximum de la crue (débit de pointe)

Pour le tracer de l'Hydrogramme de crue, on doit suivre la méthode de Sokolovski qui divise l'Hydrogramme en deux parties non symétriques, une est calculée à partir du temps de montée et l'autre à partir du temps de la décrue.

#### a) Pour le temps de montée :

$$Q_{\text{montée}} = Q_{\text{max}} \left( \frac{T}{T_m} \right)^2$$

Avec :

Tc : temps de concentration ;

Td: temps de décrue ;

Tm : Temps de montée.

#### b) Pour la décrue :

$$Q_{\text{déc.}} = Q_{\text{max}} \left( \frac{T_d - T}{T_d} \right)^3$$

Avec:

Td =  $\delta$  Tm (Sokolovski)

$\delta$  : Coefficient dépendant des caractéristiques du bassin versant ,il est pris en général compris entre (2 — 4) , celui-ci est fonction du cours d'eau (longueur), de la perméabilité et du boisement du bassin ,on prend  $\delta= 2$ .

Les résultats de calcul des débits de la crue pour les différentes périodes de retour (10; 50; 100; 1000) dans, sont donnés dans les tableaux (III.19) (III-20)

Tableau III.19 : débits fréquentielles pour construction l'hydrogramme de crue(montée)

Temps (h)	Qmax (10%)	Qmax (5%)	Qmax (2%)	Qmax (1%)	Qmax (0,1%)
0	0	0	0	0	0
1	2,306	2,392	3,227	4,533	6,556
2	9,227	9,57	12,909	18,134	26,224
3	20,761	21,53	29,045	40,803	59
4	36,909	38,283	51,636	72,539	104,896
5	57,67	59,818	80,682	113,343	163,901
6	83,045	86,138	116,182	163,213	236,018
7	113,034	117,243	158,137	222,152	321,246
8	147,636	153,134	206,546	290,158	419,587
8,3	158,917	164,835	222,328	312,328	451,647

Tableau III.20 : débits fréquentielles pour construction l'hydrogramme de crue (décru)

Temps (h)	Qmax (10%)	Qmax (5%)	Qmax (2%)	Qmax (1%)	Qmax (0,1%)
1	131,892	136,318545	183,865256	258,29526	373,51207
2	108,119	111,922965	151,304965	212,06868	306,66831
3	87,39	90,494415	122,058072	171,46807	247,9542
4	69,495	72,032895	97,157336	136,48734	197,36974
5	54,227	55,71423	75,146864	105,56686	152,65669
6	41,377	41,262	57,80528	81,20528	117,42822
7	30,736	31,813155	42,909304	60,279304	87,167871
8	22,097	22,74723	30,681264	43,101264	62,327286
9	15,097115	15,659325	21,12116	29,67116	42,906465
10	9,9323125	10,3021875	13,8955	19,5205	28,227938
11	6,0706294	6,296697	8,4929296	11,93093	17,252915
12	3,3690404	3,494502	4,7133536	6,6213536	9,5749164
13	1,58917	1,64835	2,22328	3,12328	4,51647
14	0,6038846	0,626373	0,8448464	1,1868464	1,7162586
15	0,1414361	0,14670315	0,19787192	0,2779719	0,4019658
16,6	0	0	0	0	0

### III.5.3 Choix de la crue de projet :

On définit la crue du projet par le choix de la période de retour du débit maximal de la crue, en fonction de l'importance de l'ouvrage, sur le plan économique et sur le plan sécuritaire. Généralement, pour les moyens barrages, dont la capacité est de l'ordre de quelques dizaines de millions de mètres cubes, on choisit la fréquence centennale (1%). Pour le cas du barrage de BOUKMOURI, nous choisissons la durée de vie de 100 ans qui correspond à la durée d'exploitation sans risques majeurs. Donc, le choix de la crue du projet a un débit fréquentiel :  $Q_{max} = 312,328 \text{ m}^3/\text{s}$ .

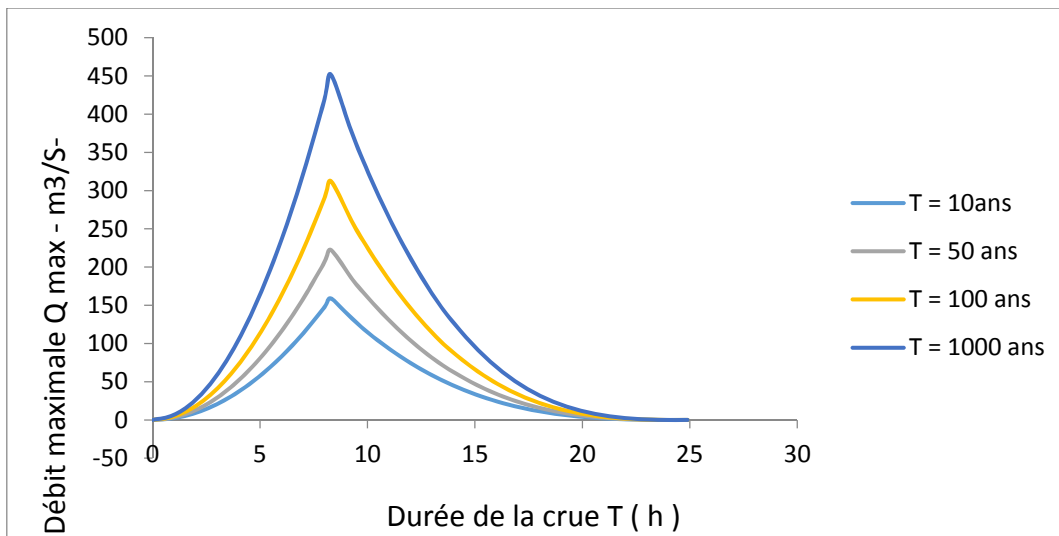


Figure III-8 : Hydrogramme de la crue pour différentes périodes de retour

### III.6.1 Estimation des besoins : Etude de régularisation de l'écoulement :

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

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

#### III.6.1.1 Répartition des besoins en eau :

La répartition mensuelle des besoins en eau d'irrigation et d'approvisionnement en eau potable obtenue auprès de l'ANRH est donnée au tableau (III.21).

Tableau III.21 : Répartition mensuelle des besoins

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill	Aout
$U_{80\%}$ $Hm^3$	1,03	0,64	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,64	1,09	1,55	1,88	1,76

Source : ANBT

#### III.6.1.2. Répartition mensuelle de l'apport $A_{80\%}$ ( $Hm^3$ ) :

L'apport  $A_{80\%}$  est déjà calculé et nous avons la répartition mensuelle des précipitations donc avec la règle de trois nous pouvons calculer l'apport mensuel à (80%).

La répartition mensuelle de l'apport  $A_{80\%}$  est donnée dans le tableau .III.22:

Tableau.III.22. Répartition mensuelle des apports

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill	Aout
$W_{80\%} \text{ Hm}^3$	<b>0,61</b>	<b>0,58</b>	<b>0,56</b>	<b>0,31</b>	<b>0,83</b>	<b>1,28</b>	<b>1,57</b>	<b>1,07</b>	<b>1,00</b>	<b>0,72</b>	<b>0,56</b>	<b>0,88</b>

### III.6.2. Courbes caractéristique de la retenue

La cote minimale relevée est de 823,97 et la cote maximale de 867m, soit hauteur près de 43,03 mètres.

L'approximation des volumes a été faite selon l'expression :

$$\Delta V_i = \frac{S_i + S_{i+1}}{2} \Delta H$$

$S_i$  : 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  $\text{m}^2$

$\Delta H$  : Différence d'altitude entre les deux courbes de niveau successives

$\Delta V_i$  : Volume élémentaire compris entre deux courbes de niveau successives ( $\text{m}^3$ )

- D'après les données fournis (surfaces) on a récapitulé l'ensemble des résultats de calcul dans le tableau suivant :

Tableau III-23: les caractéristiques topographiques de la retenue.

cote du plan d'eau	profondeur h(m)	Surface cumulé ( $\text{m}^2$ )	volumes ( $\text{m}^3$ )
823,97	0	0	0
824	0,03	23	0,345
825	1,03	7051	3654,265
826	2,03	25813	33251,195
827	3,03	44398	93075,97
828	4,03	63573	172497,595
829	5,03	77954	259627,31
830	6,03	99703	378558,545
831	7,03	135805	577057,575
832	8,03	172289	827545,335
833	9,03	217319	1153484,29
834	10,03	257250	1507427,75
835	11,03	304550	1936843,25
836	12,03	346222	2387075,33
837	13,03	384649	2852210,23
838	14,03	423764	3357353,46
839	15,03	470162	3957031,43
840	16,03	518981	4629794,71
841	17,03	570653	5378091,29
842	18,03	634902	6294294,53

843	19,03	698763	7283631,94
844	20,03	758727	8297413,9
845	21,03	828156	9466787,34
846	22,03	898401	10724043
847	23,03	976730	12145447
848	24,03	1056189	13666840,8
849	25,03	1131759	15220152,9
850	26,03	1211975	16905613,6
851	27,03	1281696	18534096,4
852	28,03	1344941	20131044,1
853	29,03	1406438	21759388,6
854	30,03	1472842	23521160,6
855	31,03	1538321	25339892,3
856	32,03	1607632	27284547,5
857	33,03	1682212	29389363,2
858	34,03	1759646	31622588,7
859	35,03	1837964	33951585,5
860	36,03	1922036	36463442,5
861	37,03	2001074	38971921,1
862	38,03	2085238	41651874,6
863	39,03	2171362	44459367,4
864	40,03	2255752	47320238,3
865	41,03	2340906	50279438,6
866	42,03	2433347	53477693,2
867	43,03	2525909	56778279,1

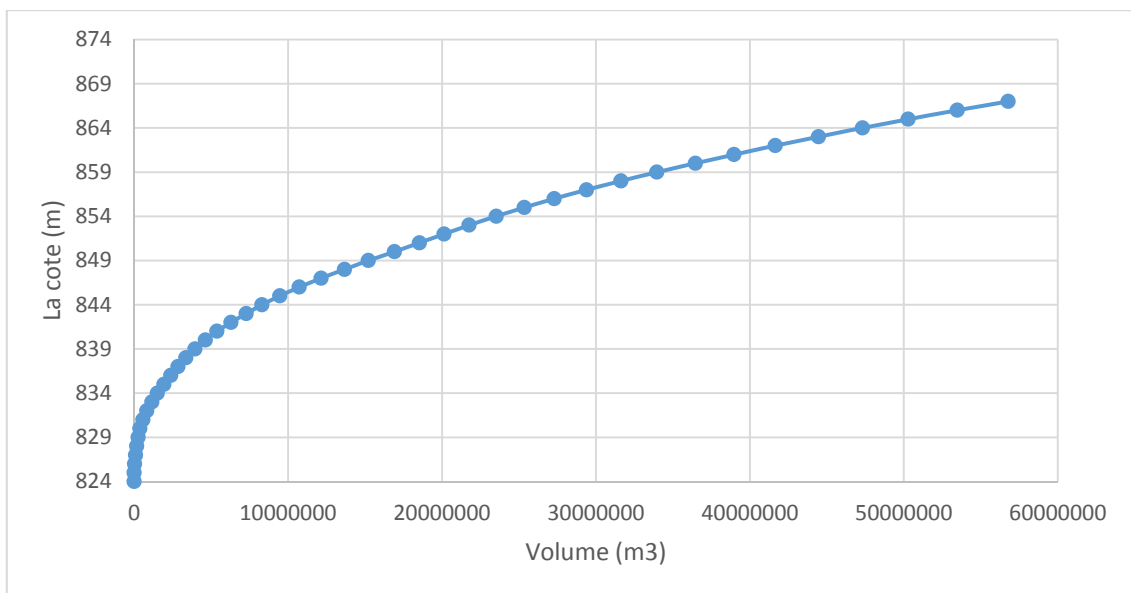


Figure III-9 : courbe des altitudes en fonction des volumes

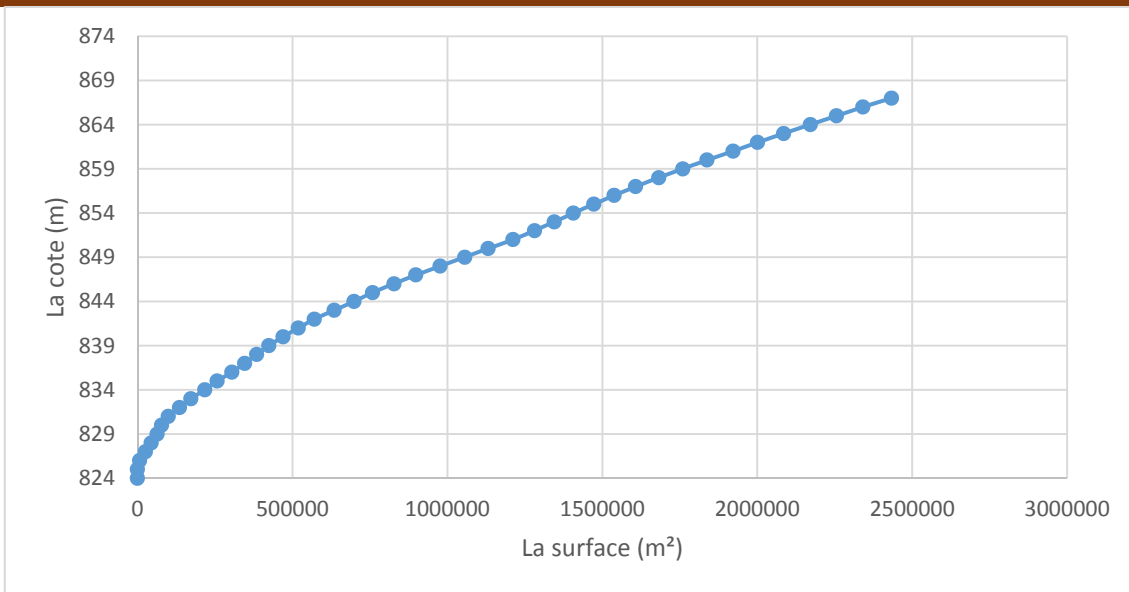


Figure III-10 : Courbe des altitudes en fonction des surfaces

La courbe des altitudes en fonction des volumes est utilisée pour la détermination du niveau du volume mort (NVM), le niveau normal de la retenue (NNR).

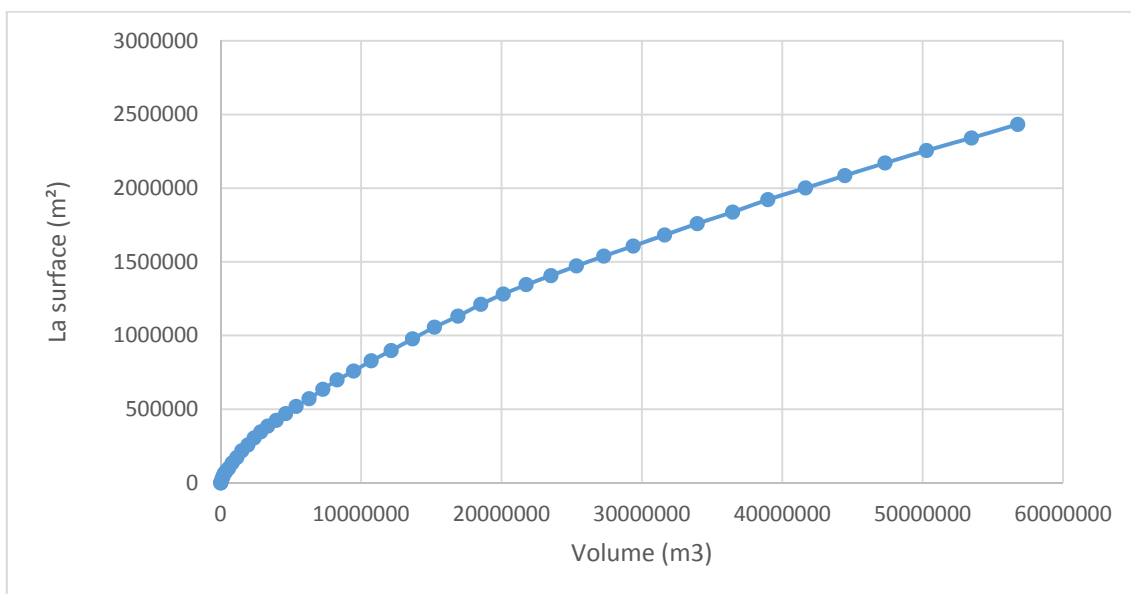


Figure III-11 : courbe des surfaces en fonction des volumes

**Remarque :**

La courbe des surfaces en fonction des volumes sert à estimer la surface moyenne de la retenue pour le calcul de l'évaporation.

**III.6.3.Régularisation interannuel**

La régularisation interannuelle a pour but de satisfaire la consommation durant plusieurs années.

### III.6.3.1. Calcul du volume utile de barrage sans tenir compte des pertes

#### a/ Méthode de pléchkov – savaidze

Pour effectuer ce calcul, on applique la première méthode de pléchkov – savaidze. La formule s'écrit comme suit :

$$V_u = (\beta_s + \beta_{plur}) A_0 \quad [8]$$

- $\beta_s$  : Composante saisonnière du volume utile ;
- $\beta_{plur}$  : Composante pluriannuelle du volume utile ;
- $A_0$  : Ecoulement moyen interannuel.

- **La composante saisonnière  $\beta_s$  est égale :**

La composante saisonnière est déterminée à partir de l'abaque de Kritsky-Menkel (Annexe5), qui est une fonction de coefficient de régularisation «  $\alpha$  » et le volume relatif «  $m$  » de l'écoulement pendant l'étiage au cours de l'année.

#### Estimation du coefficient de régularisation $\alpha$ :

$$\alpha = \frac{up\%}{A_0}$$

Avec :

- **up%** : Demande en eau à satisfaire pour une garantie de P% ;
- $A_0$ : Ecoulement moyen interannuel. = 10hm<sup>3</sup>
- $\alpha$  : Le coefficient de régularisation de l'écoulement est de l'ordre de : 0,586

A partir de l'abaque de Kritsky-Menkel, on constate que la valeur de  $\beta_s$ , est :  $\beta_s = 0,365$ . Le volume saisonnier qui correspond à  $\beta_s$  calculé, est de l'ordre de :  $V_s = 3650000 \text{ m}^3$ .

- **La composante pluriannuelle**

La composante interannuelle est déterminée par la méthode graphique, en utilisant l'abaque de Pléchkov.Ia.F (Annexe 06) et l'abaque de Miloslavsky.N.M (annexe 06), qui est une fonction de

- coefficient de variation  $C_v$ ,
  - coefficient d'asymétrie  $C_s$ ,
  - coefficient de régularisation  $\alpha$ ,
- la garantie P (%) et le coefficient de l'auto-corrélation  $r$  entre les écoulements des années voisines. le coefficient de corrélation est donné par le tableau de Radkovitch tableau si après :

Tableau III-24 : les valeurs de coefficient de corrélation

Module spécifique (l/s.km <sup>2</sup> )	20	20-10	10-4	4-1	< 1
R	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5

Pour  $M_0 = 2,46 \text{ l/s.km}^2$  d'après le tableau

$$r = 0,4 \quad P = 80\% \quad \alpha = 0,9 \quad C_v = 0,60 \quad C_s = 2C_v = 1,2$$

On utilise les graphiques de MILOSLOVSKI pour la détermination de  $\beta_{\text{plur}}$

$$\beta_{\text{plur}} = 0,3$$

$$V_{\text{plur}} = \beta_{\text{pluv}} \cdot A_0 = 0,3 \cdot 10^6 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{plur}} = 3000000 \text{ m}^3.$$

**b/ la méthode Kristly-Menkel:** [ 9 ]

Cette méthode basée sur les caractéristiques de l'échantillon. Elle consiste à déterminer le déficit pendant des années sèches. Donc il faut déposer d'une série des débits moyens annuels exprimés en coefficient de débit  $k_i = \frac{Q_i}{Q}$  et un coefficient de régularisation  $\alpha$ .

On a :  $V_{\text{int}} = V_s + V_{\text{int}}$

Le volume interannuel dont la relation :  $V_{\text{int}} = \beta_{\text{plur}} \cdot A_0$

$$\beta_{\text{plur}} = \max(D) = \max[(\alpha - K_p\%) \cdot n]$$

Avec :  $\alpha$ : Coefficient de régularisation

$K_p\%$  : Coefficient de l'hydraulicité

$$K_p\% = F_p\% \cdot C_v^{(n)} + 1$$

Avec :

$C_v$  : Coefficient de variation

$F_p\%$ : la probabilité en fonction de  $P\%$  et  $C_s$

$n$  : nombre d'année. ( $n = 63$ ) (Station DERRAG)

$$C_v^{(n)} = \frac{C_v}{\sqrt{n}} ; C_s^{(n)} = \frac{C_s}{\sqrt{n}}$$

Donc :  $\beta_{\text{plur}} = \max[(\alpha - K_p\%) \cdot n]$

D'après le tableau de calcul dans l'annexe(7) on trouve :  $\beta_{\text{plur}} = 2,17$

$$V_{\text{plur}} = \beta_{\text{pluv}} \cdot A_0 = 2,17 \cdot 10^6 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{plur}} = 21700000 \text{ m}^3$$

**Remarque :**

Les résultats obtenus des volumes qui régularisent l'écoulement de la retenue en utilisant la méthode\_Kristly-Menkel\_sont plus satisfaisant, que les résultats obtenus par la méthode\_Pléchkov-Svaidzé (qui une méthode graphique moins précise). Donc, les résultats obtenus par la méthode\_Kristly-Menkel\_sont admis comme résultats représentatifs.

Donc :

$$V_{\text{plur}}=21700000\text{m}^3$$

**Donc :**  $V_{\text{uint}} = V_s + V_{\text{int}} = 3650000 + 21700000$

$$V_{\text{uint}} = 25350000 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{uint}} = 25.35 \text{ hm}^3$$

Le volume au niveau normal de la retenue est:  $V_{\text{NNR}} = V_m + V_U$

$$V_{\text{NNR}} = 31,79 \text{ hm}^3$$

**III.7. Laminage des crues :**

Le laminage de crues est le processus d'accumulation des eaux dans le barrage suite au passage des eaux de la crue, avec un débit maximum sortant inférieur au débit rentrant. Les calculs du laminage permettent le dimensionnement du déversoir et la détermination de la charge au-dessus du seuil de déversoir et sa la largeur.

**III.7.1. Estimation du débit laminé :**

Le débit laminé est la réduction du débit maximum de la crue en un débit évacué à Travers le déversoir sans que l'eau ne cause un déséquilibre à l'ouvrage.

Pour l'estimation du débit laminé, on utilise la formule suivante :

$$Q_L = Q_{\text{max}} \left(1 - \frac{V_L}{V_c}\right) \quad [10]$$

Avec :

$Q_L$  : Débit laminé en  $\text{m}^3/\text{s}$ .

$Q_{\text{max}}$  : Débit maximum de la crue en  $\text{m}^3/\text{s}$  ( $Q_{\text{max}} = 312,328 \text{ m}^3/\text{s}$ ) ;

$V_c$  : volume de crue ;

$V_L$  : volume de laminage ;

$$V_L = (0,05 - 0,2) V_c ;$$

$$V_L = 0,2 V_c ;$$

Donc :

$$Q_L = Q_{\max} (1 - 0,2)$$

$$Q_L = 0,8 Q_{\max}$$

$$Q_L = 249,862 \text{ m}^3/\text{s}$$

### III.7.2 Choix de la largeur du déversoir

La formule hydraulique du débit d'eau à travers un déversoir est exprimé comme suit :

$$Q_L = m \cdot b \cdot \sqrt{2g} \cdot h^{\frac{3}{2}}$$

Où :

- $q_L$  : Débit d'eau, en  $\text{m}^3/\text{s}$ ,
- $m$  : Coefficient de débit, qui prend les valeurs [0,42 – 0,49] en fonction du type de déversoir. ( $m = 0,49$ )
- $b$  : Largeur du déversoir, en mètre,
- $g$  : Accélération de la gravitation,  $\text{m}/\text{s}^2$ , ( $g = 9,81 \text{ m}^2/\text{s}$ )
- $h$  : Niveau d'eau sur le seuil du déversoir, en mètre.

#### Explication les étapes de la méthode :

##### Etape 01 :

- J'ai proposé une valeur de largeur du déversoir  $b$  (voir tableau III-26)
- Puis j'ai donné différentes valeurs des hauteurs déversé  $H = 0,5 ; 0,6 ; \dots ; 1,5$
- Et enfin, définir les débits laminés, et tracer la courbe des débits en fonction de hauteur déversé  $h$ . (figure III-12)

Tableau III -25: les différents débits laminés pour des largeurs différentes :

H	b=60	b=65	b=70	b=75
	q1	q2	q3	q4
0,5	46,041	49,877	53,714	57,551
0,6	60,522	65,566	70,609	75,653
0,7	76,267	82,622	88,978	95,334
0,8	93,18	100,945	108,71	116,475
0,9	111,187	120,452	129,718	138,984
1	130,224	141,076	151,928	162,78
1,1	150,238	162,757	175,277	187,79
1,2	171,183	185,449	199,714	213,979
1,3	193,021	209,106	225,191	241,277
1,4	215,716	233,6924	251,669	269,645
1,5	239,236	259,173	279,109	299,0045

**Etape 02**

- J'ai fixé la valeur du débit laminé et proposer la valeur de b pour calculer la valeur de h selon l'équation suivant :

$$h = \left( \frac{Q_L}{m \cdot b \sqrt{2g}} \right)^{2/3}$$

- Et puis j'ai tracé dans la même courbe (figure III-12)

Tableau III-26 : les différent valeur de h

b	h
60	1,533
65	1,46
70	1,39
75	1,32

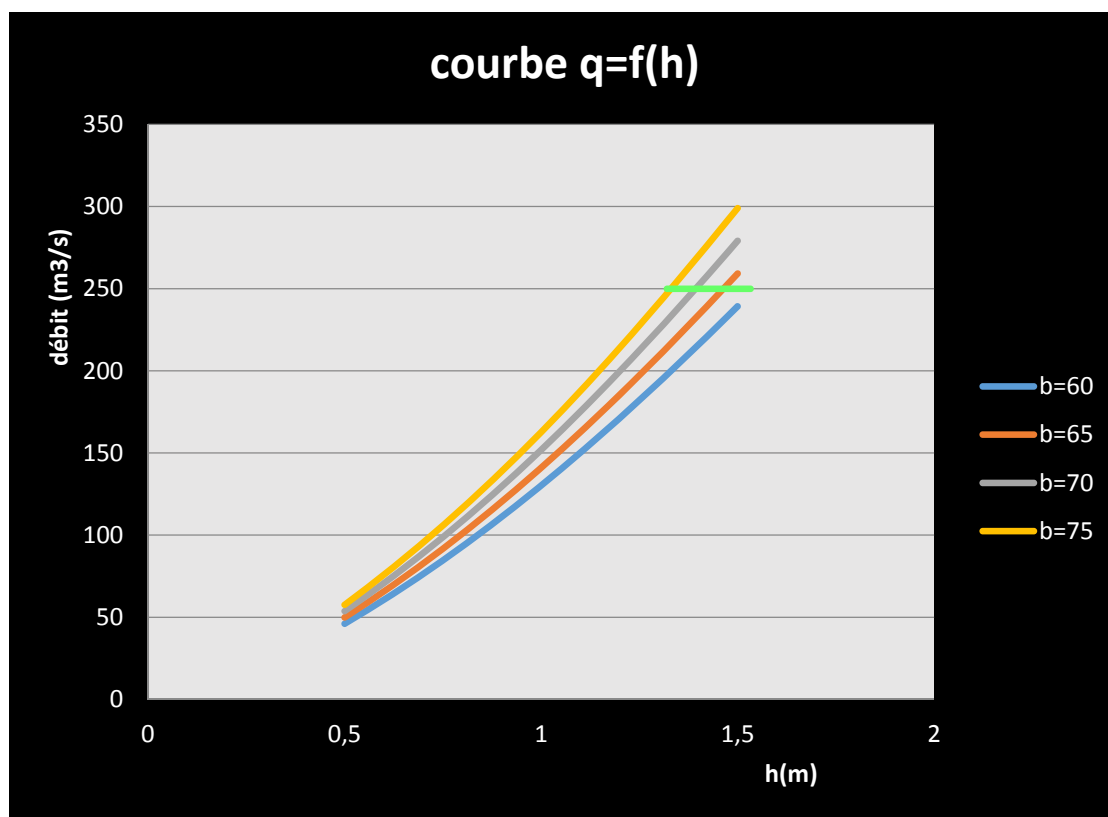


Figure III.12. : Courbe de débit en fonction de la hauteur déversé

Ce calcul est dédié pour exprimer les valeurs de hauteur déversé "h" et Largeur du déversoir "b" donc d'après la courbe  $q=f(h)$  j'ai obtenu un  $h=1,46$  et  $b=65$ .

**Détermination du niveau des plus hautes Eaux (NPHE)**

Le niveau du plus des hautes eaux (PHE) sur le seuil de déversoir est au niveau normal plus la charge sur le déversoir  $h$  :

$$\text{PHE} = \text{NNR} + h$$

$$\text{On a : NNR} = 34,3 \text{ m} \quad / \quad h = 1,46 \text{ m}$$

$$\text{Donc : HPHE} = 35,7 \text{ m} .$$

**II.9.Conclusion :**

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

- le temps de concentration est de 8,30 h ;
- les apports mensuelles reflètent la particularité du régime des apports et son irrégularité, ce qui est confirmé par le coefficient de variation  $C_v = 0,60$  ;
- L'écoulement moyen annuel est de 10,00 hm<sup>3</sup> ;
- La lame d'eau ruisselée est de 77,70 mm ;
- Le volume mort est de 6440000 m<sup>3</sup>.

Par la suite on a opté pour les paramètres suivants :

- La capacité totale du barrage :  $V_{NNR} = 31790000 \text{ m}^3$  ;
- La cote au niveau normale de la retenue est  $\text{NNR} = 858 \text{ m .NGA}$  ;
- La cote au niveau du volume mort :  $\text{NVM} = 842 \text{ m .NGA}$  ;
- La cote des plus hautes eaux :  $\text{NPHE} = 859,46 \text{ m .NGA}$ .

**Chapitre IV**

**Pré**  
**dimensionnement**  
**De barrage**

### IV.1.Introduction :

Les barrages en terre peuvent être constitués de matériaux de construction qui ont des caractéristiques très diverses. Ceci les différencie des barrages en béton ou même en enrochements dont les matériaux constitutifs restent contenus dans des fourchettes beaucoup plus étroites.

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.

### IV.2 les différents types de barrage

Il existe plusieurs types de barrage selon les caractéristiques de site et les besoins.

Lors de l'identification de sites, les points principaux suivants sont examinés :

- La forme de la vallée (morphologie).
- La géologie
- La disponibilité de matériaux de construction
- La sismicité
- Les conditions climatiques
- La maîtrise des crues

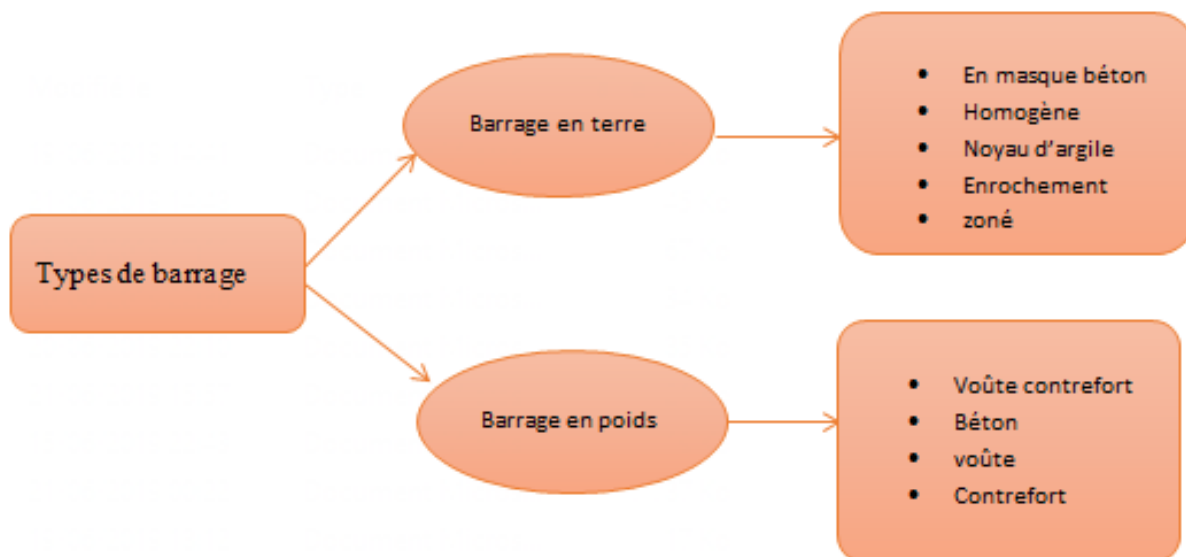


Figure IV -1 : Schéma explicatif des différents types de barrage

### IV-3 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 remblai du corps du barrage, et on a opté pour un barrage en terre avec noyau d'argile. 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.

### IV-4 Définition du profil général du barrage

#### IV-4-1- Hauteur du barrage

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

- **Calcul de la hauteur de la digue**

$$H_b = \text{HNR} + H_d + R + H_s \quad [11]$$

Avec :

$H_b$  : Hauteur de la digue

HNR : Niveau normal de la retenue

$H_d$  : Charge sur l'évacuateur de crues.

R: Revanche

$H_s$  : Hauteur de sécurité,  $H_s = 0.5$ .

- **Calcul de la hauteur de montée de la vague (revanche)**

Elle est prévue au-dessus du niveau des plus hautes eaux et consiste en une hauteur de sécurité pour protéger l'ouvrage contre les élévations du niveau d'eau qui pourrait causer des risques de submersion.

Nous la calculons avec quatre formules empiriques :

- a) **Formule de Stevenson** Pour  $F$  (fetch) < 18 km

$$F = 3,5 \text{ km}$$

$$R_v = 0.75 \cdot H + \frac{v^2}{2g}$$

$$V_v = 1,5 + 0,66\sqrt{H_v}$$

$$H_v = 0.75 + 0.34 \cdot \sqrt{F} - 0,26 \cdot \sqrt[4]{F}$$

où:

$R_v$  = hauteur de montée de la vague (m),

$F$  = longueur maximale de la surface d'eau du lac en suivant la direction vent (l'fetch),

$h_v$  = hauteur de la vague (m),

$V_v$  = vitesse de propagation de la vague (m / s),

$g$  = accélération de la gravité.

AN :

$$H_v = 0,75 + 0,34 \cdot \sqrt{3,5} - 0,26 \cdot \sqrt[4]{3,5} = 1,030 \text{ m}$$

$$V = 1,5 + 2 \cdot H = 1,5 + 2 \cdot 1,030 = 3,56 \text{ m/s}$$

$$R = 0,75 \cdot 1,030 + \frac{3,5^2}{2 \cdot 9,81} = 1,396 \text{ m}$$

**b. Formule de Mallet et Paquant**

$$R = 0,75 \cdot H + \frac{V^2}{2g}$$

Avec :  $H = 0,5 + 0,33 \cdot \sqrt{F}$

AN :

$$H = 0,5 + 0,33 \cdot \sqrt{3,5} = 1,117 \text{ m}$$

$$V = 1,5 + 2 \cdot H = 1,5 + 2 \cdot 1,117 = 3,734 \text{ m/s}$$

Donc :

$$R = 0,75 \cdot 1,117 + \frac{3,734^2}{2 \cdot 9,81} = 2,577 \text{ m}$$

**c- Formule Simplifiée :**

$$R = 1 + 0,3 \cdot \sqrt{F}$$

$$R = 1 + 0,3 \sqrt{3,5}$$

$$R = 1,561 \text{ m}$$

Nous adoptons une valeur moyenne, soit  $R_v = 1,84 \text{ m}$

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

$$\text{NNR} = 34,3 \text{ m}$$

$$H_d = 1,46 \text{ m}$$

AN

$$H_b = 34,3 + 1,46 + 0,5 + 1,84$$

$$H_b = 38,11 \text{ m}$$

**IV-4-2 La largeur en crête de la digue**

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.

Pour cela on utilise des formules empiriques ; les plus utilisées parmi elles sont :

**1- Formule de T.T. KNAPPEN**

$$b_{cr} = 1,65 \cdot \sqrt{H_b}$$

**2- Formule de E. F. PREECE**

$$b_{cr} = (1,1 \cdot \sqrt{H_b}) + 1$$

**3- Formule selon Rolley**

$$b_{cr} = 3,60 \sqrt[3]{H_b} - 3$$

Ou :

H<sub>b</sub> : la hauteur du barrage.

Les largeurs de la crête calculées sont regroupées dans le tableau ci-dessous.

Tableau (IV.1) : Récapitulatif des résultats du calcul de la largeur en crête

Formule	La largeur en crête
T.T. Knappen	10,18
Preece	7,79
Rolley, R	9,11

On opte pour une largeur de crête égale à : b<sub>cr</sub>= 9 ,02m

**IV-4-3 La longueur en crête**

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

L<sub>c</sub> = 1092,5 m

**IV-4-4 Pente des talus**

Dans le tableau (IV.2) on va choisir les pentes des talus suivant la hauteur du barrage

Tableau (IV-2) : Valeurs indicatives des types des pentes des talus

Hauteur du barrage	Fruit des talus	
	Amont m <sub>1</sub>	Aval m <sub>2</sub>
< 5	2 ÷ 2,5	1,5÷1,75
5 < H < 10	2,25 ÷ 2,75	1,75÷2,25
10 < H < 15	2,5 ÷ 3	2,0 ÷ 2,5
15 < H < 50	3 ÷ 4	2,5 ÷ 4
>50	4 ÷ 5	4 ÷ 4,5

Pour les calculs préliminaires, nous adoptant les valeurs suivantes :

- Talus amont : m<sub>1</sub> = 3

- Talus aval : m<sub>2</sub> = 3

**IV-4-5 La base de la digue**

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

D'ou

$$B = b_{cr} + 2m H_b$$

$$B = 237,68 \text{ m}$$

**IV-4-6 Dimensionnement du noyau**

Pour dimensionner le noyau on doit suivre les étapes suivant

**a) Hauteur à la crête**

$$H = H_b$$

**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 :

$$L_n = 1/6 H_b$$

Avec :

$L_n$ : Largeur du noyau en crête ;

D'où :

$$L_n = 6,35 \text{ m}$$

**c) La base du noyau**

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

$$L_N = 6 + c.H_b$$

Avec :

$L_N$  : La base du noyau ;

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

Donc :

$$L_N = 32,677 \text{ m}$$

**d) Pente des talus**

La pente des talus du noyau à la fondation :

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

**e) Profondeur de fondation**

La profonde de fondation est :

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

Remarque :

On vu d'avoir une schématisation des résultats, j'ai élaboré un profil du pré dimensionnement de la digue (figure IV-2) par l'outil du logiciel Autocad2014.

**IV – 5 Conclusion**

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

- La hauteur total du barrage  $H_b = 38,11\text{ m}$
- La largeur en crête  $b = 9,02\text{ m}$
- La longueur en crête  $L = 1092,5\text{ m}$
- La pente des talus  $m_1 = m_2 = 3$
- La base de la digue  $B = 237,68\text{ m}$
- La hauteur de la crête du noyau
- La base du noyau  $L_N = 32,677\text{ m}$
- La largeur du noyau en crête  $L_n = 6,35\text{ m}$

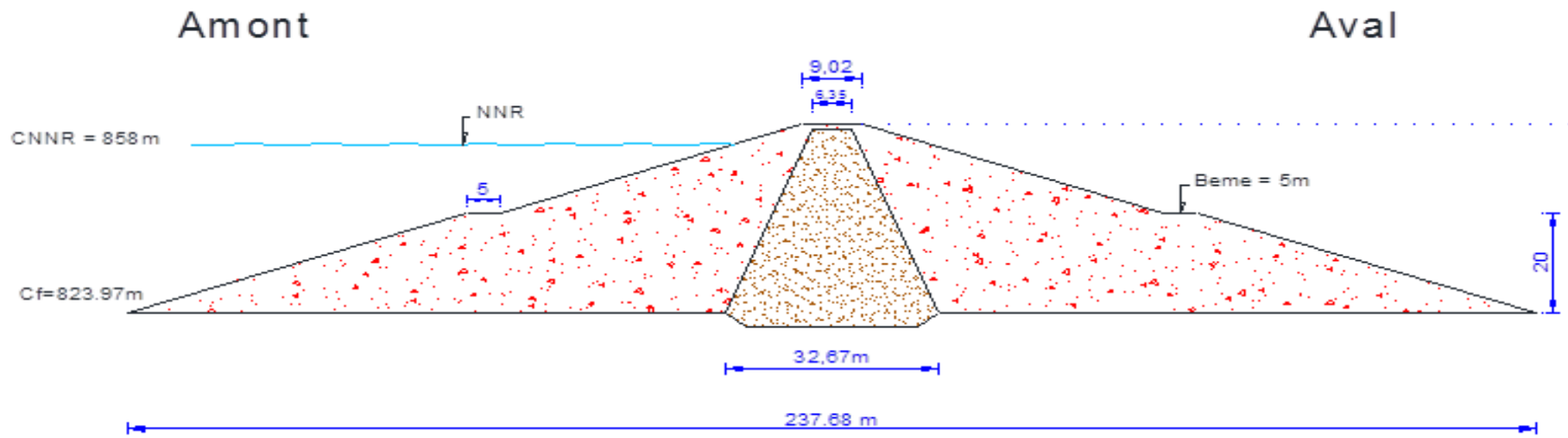


Figure IV-2 : profil générale de la digue

# Conclusion Générale

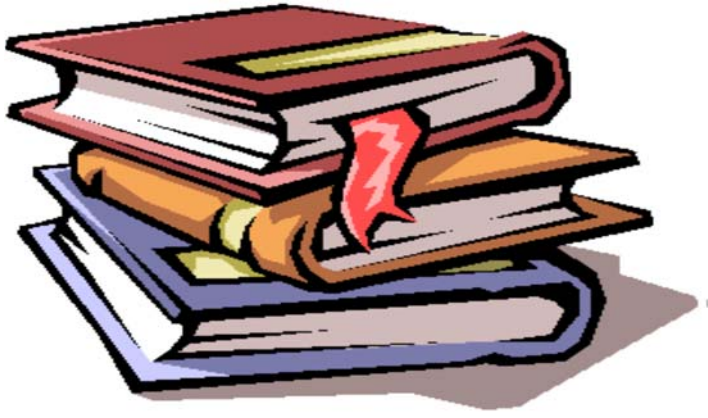
## Conclusion générale :

L'étude d'hydrologique dans la wilaya de MEDEA est le principal objectif du présent mémoire de fin d'études. Cet ouvrage d'envergure n'est autre que le barrage de BOUKMOURI, destiné essentiellement à l'irrigation et AEP.

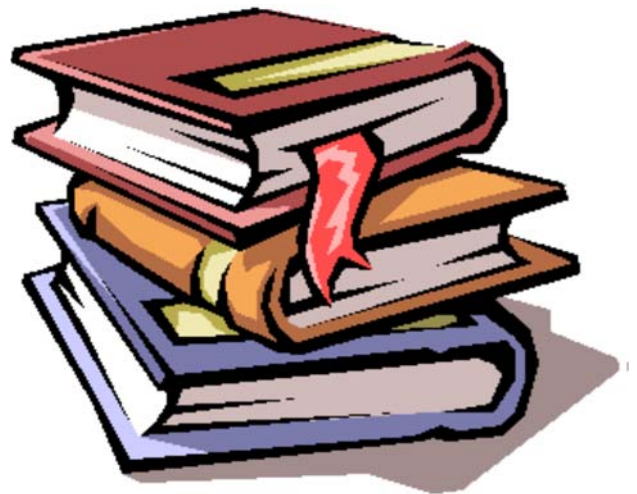
Les résultats des analyses et investigations exécutées dans le cadre de l'étude hydrologique du Barrage BOUKMOURI, permet de tirer les conclusions suivantes :

- ✓ Site favorable à la réalisation d'un barrage sur l'Oued BOUKMOURI ;
- ✓ La construction de ce barrage 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.
- ✓ Grâce à la capacité de sa retenue qui est de 31790000 m<sup>3</sup>, le barrage peut assurer la pérennité de l'irrigation et approvisionnement en eau potable ;
- ✓ 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 100 ans Q1% = 312,328 m<sup>3</sup>/s par contre le débit laminé est de Q<sub>L</sub> = 249,862 m<sup>3</sup>/s ;
- ✓ Après la détermination de la cote des plus hautes eaux, on a pu calculer la hauteur totale du barrage qui est de 38.11 m.

Mon modeste travail n'est qu'une étude hydrologique pour un pré dimensionnement d'un barrage, il mérite certainement d'être développé et approfondie, ainsi, nous espérons qu'il constituera une base solide pour de nouveaux développements dans ce sens.



# *Bibliographies*



## Références bibliographiques

- [ 1 ] **Agence Nationale des Barrages et Transferts**, « Etude géologique, géotechnique et Sismicité du barrage de BOUKMOURI », Wilaya de Médéa, mars 2016.
- [ 2 ] Etude hydrologique cours réaliser par Ms DJ .BALOUL (2ème année licence 2018) (3 ème année licence 2019), institut de technologie.
- [ 3 ] Etude de faisabilité de barrage Zaouia sur oued Stita Tizi-Ouzou par BARHOUNI Zineb et MERIOUD KHDWEDJ (2014); USTHB.
- [ 4 ] **Agence Nationale des Barrages et Transferts**, « Etude de faisabilité de barrage BOUKMOURI » wilaya de MEDEA, février 2016.
- [ 5 ] **SARI Ahmed .A** « Initiation à l'hydrologie de surface », Edition Houma, Alger, 2009.
- [ 6 ] Sokolovsky D. L., « Ecoulement fluvial. Leningrad », Guidrométéoizdat 1968.
- [ 7 ] Mallet Gauthier, Formule de calcul des débits maximums des crues  
Dimensionnement hydrologique du barrage de BOUNACHI (W. TIZI -OUZOU)  
Université Abderrahmane MIRA de Bejaia 01 /07 /2017.
- [ 8 ] Cours et Td de Mr: DJAFER KHODJA .H (3 ème année licence 2019), institut de technologie.
- [ 9 ] **KRITSKY, S.N., MENKEL, M. F.**, "A propos des approches de recherche des variation aléatoires de l'écoulement fluvial". Travaux de NIOU GOUGS ; n° 29, 1946
- [ 10 ] Etude d'avant-projet détaillée la digue du barrage de ZAOUIA (W.TIZI OUZOU) projet de fin d'étude, Ingénieur d'état en hydraulique, 2008/2009.
- [11] LES BARRAGES Cours réalisé par MR.DJAFER KHODJA .H (3 ème année licence 2019), (3 ème année licence 2019), institut de technologie.

- **Société:** Agence Nationale Des Barrages Et Transferts.

- **Site web:** [www.google.com](http://www.google.com).

- **Logiciels:** Autocad2014, Arc gis, Microsoft Excel, Microsoft Word et Paint.

# **ANNEXES**

## Annexe 01 :

### Série des pluies annuelles de la station derrag

année	sep	oct	nov	dec	jan	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	Année
1914	0,3	58	40,2	45,2	155,2	46,3	46,5	33,2	168,8	4	11	0,5	609,2
1915	47,7	37,1	86	41,3	28	119,2	99,7	29,3	118,3	62,8	2	4	675,4
1916	19,4	10,9	230	38,7	138,8	96,9	101,6	35,3	37,6	80	0	0	789,2
1919	0	0	15	20	12	59	16	0	50	34,9	0	0	206,9
1921	22,7	20,9	53,7	52,8	60,9	23,2	0	0	2,8	40,2	0	5,1	282,3
1922	2,8	45,6	26,4	42	141	31,9	129,9	52,1	128	33,1	10	15,7	658,5
1923	0	37,6	42,2	77	47,6	121,4	76,8	29,2	4,4	3,2	0	0	439,4
1925	17,8	47,3	31,4	19	15,3	25,2	37,7	55,6	21,3	0	5,1	20,8	296,5
1926	33,1	14,9	30	22,5	161	60,1	33	0	42,8	30,1	0	1,3	428,8
1928	87	118	43	129	89,2	141,3	55,4	11	131,3	22	0	9	836,2
1929	66,3	22	67,6	77,2	111,3	106	47,1	99,3	61,5	2,1	0	0	660,4
1930	17	11,5	2,2	312	82,7	79,6	37,6	52,6	2,5	27,6	11,2	9,5	646
1931	36,7	36	29,8	137	77,5	77	25	41	32	5,5	0	2,5	500
1933	64	0	89,5	152	179,9	71,3	135,2	23,8	91,9	9,5	1	29,8	847,9
1934	25,8	48,9	84,2	78,3	86,6	48,8	75,5	131,3	91,8	13,8	0	34,8	719,8
1935	11,8	145	67	83,2	35,3	115,3	108,2	111,1	250,8	47,1	0	35	1009,8
1936	28	135	75,8	93,1	35,6	19	86,6	65,5	41,4	21,8	0	26	627,8
1937	37,3	105	30	238	73,4	61,4	9,4	70,4	80,7	29	6,3	5,4	746,3
1951	23,7	289	206	64,9	105,7	48,4	19	101,5	67,5	10,8	13	16,1	965,6
1952	48,6	7,9	23,2	52,7	55,8	35	117,5	15,9	22,5	19	8,8	3,8	410,7
1953	66,8	54,9	13	53,4	32,2	82,6	47,3	176,6	12,8	16,1	2	4,1	561,8
1954	4,4	28,2	51,4	48,3	189,1	40,7	53	134,4	20	23,4	0	3,7	596,6
1967	26,5	18,2	103	84,8	17,2	83	97,2	32,5	26,2	0	0	0	488,6
1968	0	0	71,2	109	57,6	63,8	36,4	66,2	4,2	24,3	0	0	432,7
1969	26,2	150	29,8	136	55,8	0	54,2	16,8	62,8	0	9,1	0	540,7
1970	18,2	10,1	0	36,3	107,5	12,1	50,1	101,9	69	7,9	0	0	413,1
1971	53,8	31,7	82,6	51,8	109,5	118,1	81,1	21,4	53,8	13,3	0	23,5	640,6
1972	41,7	83	32,8	53,7	69,1	76,3	84,6	79,2	1,4	29,6	0	0	551,4
1973	29,7	0	19,8	111	0	95,4	125,9	55,8	12,7	29,4	24,6	0	504,3
1976	39,5	129	66	68,5	58,5	29,6	7	65	42,3	0	1,5	7,8	514,7
1977	7	21	49,6	69,7	96,7	23,6	75,2	82,8	66,1	2,4	0	0	494,1
1978	0	118	49	5,5	113,1	84,7	52	52,8	11,4	28,6	0	0	515,1
1979	144	95,1	69	17,2	95,1	62	165,7	71,2	64	0	0	3,9	787,2
1980	14,5	12,5	41,3	168	7,6	114,8	55,3	38,7	13,2	3	0	26,7	495,6
1981	4	17,6	1,1	93,1	83,6	79,5	32,6	60,5	54,9	5,4	0	0	432,3
1982	30	95,6	126	45,7	0	47,1	19,9	13,4	0	0	0	1,5	379,2
1983	0	11,6	82,4	34,4	90,6	50,6	49,2	44,9	41,7	15,3	4,2	0	424,9
1984	14	138	55,9	43,5	58,9	73,3	87	14,1	59,6	0	8,6	0,7	553,6
1985	65,2	2,7	57,1	51	115,7	97,2	125,1	22,4	2,9	31	0	12,5	582,8
1986	20,5	46,1	78,6	71,7	86	198,5	26,6	7,3	22	11,4	5,9	5,6	580,2
1987	5,5	17,7	79,3	35,6	37	27,3	31,2	33	32,4	16,4	0	0,1	315,5
1988	19,4	48,5	13,7	159	10	18,9	49,2	75,9	24,7	32,5	15,2	25,8	492,8
1989	47,6	15,5	38,9	42,9	91,5	5,5	42,5	63,5	65,3	17,4	17,5	9,8	457,9
1990	50,9	24,1	49,7	75,4	46,6	58,8	112,5	36,8	10,3	6	3,6	12,1	486,8
1991	14	98,7	17,6	19,5	200,6	17,3	57,5	71,4	107,5	22,9	14,9	4,2	646,1
1992	11,4	33,2	47	43,2	6	61	17,8	47,1	68,5	0,5	3	2,9	341,6
1993	52,8	33,6	51,7	26,9	75,6	44,8	2,8	27,4	6,3	0,5	2,6	4,4	329,4
1998	84,6	65,7	53,4	166	165,1	101,7	162,6	14,7	12	0	0	18,9	844,7
1999	56,1	33,3	51,5	143	7,9	2,1	4,1	36,6	8,2	0	1,3	0,9	345
2000	18,6	36,9	117	83	185,2	36	8,6	44,1	63,5	0	0	8,7	601,6
2001	51,3	16,3	74,4	41,4	17,3	37,1	21,5	51,3	12,1	0	0	15,1	337,8
2002	15	15	119	45,2	176,3	153,2	7,8	81,9	5,4	7,1	5,9	15	646,8
2003	18,3	77,1	110	140	54,3	44,8	42,6	50	119,6	1,4	0,3	7,8	666,2
2004	18,2	29,9	69,3	84,7	39,2	73,2	27,3	16,2	2,3	6,7	0	4,7	371,7
2005	19,1	75,7	47,3	75,6	118,9	93,6	24,5	52,9	79,6	4,6	2,5	5,1	599,4
2006	28,2	6,1	4,8	67,1	16,4	56,9	207,1	73,5	17,5	0	3,3	0	480,9
2007	21,2	55,8	47	42	27,6	39,4	101	4,5	40,1	13,3	8	1,9	401,8
2008	44,8	52,1	64,5	70,5	111,9	24,4	126,9	122,4	13,7	0	1,4	2,4	635
2009	74,2	17,6	59,8	95,6	75,2	141,7	64,3	10,3	57,5	9,8	0	2,4	608,4
2010	0	65,4	62,9	64,5	72,5	82,3	30,1	52,7	79,5	28,3	0	8	546,2
2011	0	50,5	97,2	28	8,7	110,4	101,2	124,3	8,1	0	0,3	2,3	531

## Série des pluies annuelle de la station kherba od hellal :

Année	sep	oct	nev	dec	jan	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	annuel
1967	8,5	50,1	14,9	41,7	19,5	42,9	88,3	33,6	33,7	12	15,7	8,4	295,8
1968	0	0	38,3	110,4	49,8	30,8	73,9	71,7	18,1	42,1	0,7	0,7	398,2
1969	31,8	205,6	47,8	59,5	49,8	15,4	62,5	45	23	1	16,5	0,3	273
1970	9,1	4,3	6	29,7	66,9	31	91	65,6	149,7	11	5	6,7	456,6
1971	35	16,1	44,1	0	93,3	69,3	79,8	28,5	32,9	16,2	0	19,6	339,6
1972	4,3	70,8	14,9	86,7	105,1	79,3	57,9	41,6	3	63,6	0	0	437,2
1973	0	0	11,2	108,9	0	68,6	84,2	24,1	12,5	0	28,8	0	327,1
1974	43,4	46,7	12,5	0	13	62,5	44,5	35	30	13	0	0	198
1975	0	0	33	17	55	90,4	23	0	68	0	20	0	273,4
1976	2,7	12	25	27	25	0	0	20	33	0	0	0	105
1977	0	0	22	46,5	77	0	47	78	44	0	0	0	292,5
1978	8	69,5	14,8	0	77,9	70,5	7	32	0	25	0	0	212,4
1979	30	39,8	15,5	7	0	0	0	0	17	0	0	0	24
1980	17,5	11,5	34,3	118,5	9	99,7	36,1	47,3	13,4	3	3	36,3	366,3
1981	1,5	8	7,5	226	91,5	85,7	38	61,3	72,7	22	0	0	597,2
1982	2,6	75	106	14	0	24	0	10	0	0	0	0	48
1983	0	0	59,4	16	44		58	33	32	18	3,5	0	204,5
1984	4	21,5	39	23	28	37	56	15	54	0	0	0	213
1985	39	0	20	35	24	16	31	0	0	0	0	0	106
1986	1	11	27	14	7	21,5	0	0	2,5	2,5	0	0	47,5
1987	0	3,5	10	5	7	7,5	0	2,5	15,5	0	0	0	37,5
1988	16	25	14,5	72	3,5	10,5	28,5	50	17,5	28	15	0	225
1989	32,5	13	20,5	31,5	90,5	0	34	49,5	93	0	49	0	347,5
1990	25	6	33	45,5	37	47	135	0	14	8	0	0	286,5
1991	0	120	0	25	126	7	72,5	45,5	89	12	0	0	377
1992	0	28	34	26	0	36	5	34	41	0	0	3,5	145,5
1993	32	18,5	26	32,5	48,5	30	13	17	0	0	0	0	141
1994	49,5	61,5	19,5	43	64	14	107	9	0	13	0	0	250
1995	21	81,5	21	15	23	125	51	109	23	32	14,1	0	392,1
1996	38	18	0	41,5	47,1	14	0	107	21	0	0	27,5	258,1
1997	29	61	70	62	0	28	13	53	112	0	4,7	0	272,7
1998	23	17	32	26	83	46	88	0	14	0	0	20,5	277,5
1999	28	38	25	107	0	14	0	20	8	0	0	7	156
2000	23	21	91	31	112	0	0	38	32	0	0	0	213
2001	31	4	20	23	9	23	21	34	42	0	0	0	152
2002	0	9	86	39	75	73	0	58	11	0	0	0	256
2003	56	48	100	68	35	66,1	18,6	115	107	37	0	0	446,7
2004	20	28	80	54	7	43	1	8	0	22	0	0	135
2005	16	76	39	45	97	60	13	26	36	0	2	0	279
2006	4,5	5,5	2,5	74	10,5	33,5	91	110	17	1	2	1,5	340,5
2007	13	54	19	32,5	0	22	17,5	10	36	3	0	10	131
2008	30	44,5	21	32	61	6,5	23,5	59	6	0	2		190
2009	26	9	12,5	20,5	17,5	58	11	0	41,5	6,5	0	42	197
2010	4,5	96,5	67,5	42,5	62	15,7	26,5	36	21	12	6	3	224,7
2011	0	58	62	295	4	9,5	51	40,5	112	0	11	2,5	525,5

## Série des pluies annuelle de la station Bordj EL Amir

Année	sep	oct	nev	dec	jan	fev	mars	avril	mai	juin	juill	aout	annuel
1922	23,9	34,6	22,3	96,5	160	52,5	134,5	103	74,7	31	2,7	16,5	752,2
1923	13,6	54,6	76,8	29,9	66,5	52,2	49,7	17,5	6,6	19,3	8,5	1,5	396,7
1924	7,3	44,4	47,1	62,5	2,9	37,8	53,2	53,7	27,9	56	2,4	6,4	401,6
1925	60,7	103,3	60,6	35,3	11,1	26,2	64,6	88,1	18,9	4,2	11,9	6,7	491,6
1926	25,6	19,3	47,8	86,4	135,6	44	23,1	1,5	35,8	0	0	7,9	427
1927	26	33,5	110	53,4	175,5	46,6	74,8	15,6	82,9	3,7	20,8	11,3	654,1
1928	40,6	91,6	44	86,9	61,1	77,3	51,6	10,2	135,2	27,1	0	1,7	627,3
1929	64,9	19,8	54,1	44,3	54,3	51,5	7,3	55,8	36,5	0	0,7	1,8	391
1930	15,2	7,8	0	330,2	100,6	63,1	35,4	36,7	2	10,5	1,8	12,9	616,2
1931	53,3	39,8	20,2	229	69,7	52,4	55	41,3	32,6	20,7	0	6,2	620,2
1932	19,1	25,2	45,4	98,7	114,8	21,7	133,2	11,6	7,6	12,9	33	12,1	535,3
1933	96,8	2,7	50,9	104,2	81,8	29,2	60,2	53,4	62	0	4	25,6	570,8
1934	28,3	53,9	73,8	41,1	42,8	25,4	66,6	125,5	58,9	3,2	3,3	11,4	534,2
1935	7,9	116,1	42,2	34,4	28,1	61,7	68,7	42,1	118	24,9	0	9,2	553,3
1936	25,7	47,1	39,1	131,4	13,2	20,1	39,9	45,9	38,6	13	0	47,8	461,8
1937	29,4	45	21	88,6	37,1	27,4	6,5	67,3	46,5	11,4	20,4	1,3	401,9
1938	104,7	68,5	90,3	65,2	12,2	235,7	19	125,2	58,9	23,3	3,6	78,4	885
1939	34,3	33,2	52,4	36,8	85,8	47,8	31,5	6,7	15,9	81,1	1,4	15,8	442,7
1940	9,9	91,4	57	55,7	54,6	51,2	42,4	51,5	53	0	25,7	0,8	493,2
1941	103,9	40,4	89,2	35,8	62,8	70,8	27,8	28,5	18,4	7,6	0	9,9	495,1
1942	63,8	10	68,1	180,7	24,8	56,4	183,4	31,9	20	2,8	2,3	2,1	646,3
1943	49,7	108,9	45,1	106,5	16,4	44,1	28,8	37,3	7,3	37,2	0	18	499,3
1944	89,8	30,2	3,4	83,6	87,2	5,9	14,9	16,6	12,3	38,1	8,6	1,4	392
1945	29	15,7	105,4	23,1	144,6	7,6	26,9	111	66	12,7	5,6	8,1	555,7
1952	50,8	22,7	26,2	33,6	47,1	50	171,4	10,7	39	21	7	7,8	487,3
1953	47,7	48	12	42	68,9	71,9	60,8	206,3	13,1	20	0	16	606,7
1954	0	29,6	37,8	41,6	143,2	29,4	26,7	106,5	5,3	22,5	0	18	460,6
1955	49,9	49,4	65	29,5	67,2	69	30	45	3	0	0	0	408
1956	0	44,4	17,1	37,4	4	6	14,2	79,4	85	4,8	0	9	301,3
1957	32,9	157,7	91,1	56,5	85,2	85,5	90,5	10,5	4	24	0	6	643,9
1958	0	22	29	20	10	66	27	8,5	32	77,8	1	15	308,3
1959	0	0	1,5	36,8	19,5	0	9	4,5	0	16,8	4,6	7,1	99,8
1961	0,7	14,1	7,7	0	3	80,3	19,2	63	5	4,6	0,8	0	198,4
1967	17,6	49	81,3	86	4,5	31,3	52,2	15,5	25,9	9,7	7,3	0	380,3
1968	0	0	45,9	89,7	30,4	45,8	39,9	34,2	8,2	24,3	1,1	9,7	329,2
1969	17,8	139,4	38	55,8	48,8	0	41,3	29	21	0	0	0,4	391,5
1970	4	13	5	46,6	86,2	9,8	85,6	71,2	36,1	0	0	0,4	357,9
1971	14,4	17,6	90,7	34,1	157,7	63,7	65,5	12	36,5	9	0	0	501,2
1972	52,8	25	29,7	35,9	27,1	108,5	89,9	67,5	0	38,9	0	0	475,3
1973	26,8	2,2	12,9	154,5	97	66,6	172,9	58	10,7	19	0	0	620,6
1974	30	46,7	31,5	2,6	16,9	73,2	91,4	69,4	66	35,5	0	4,9	468,1
1975	7,6	0	124,2	41,4	10,1	137,5	41,4	30,6	57,9	0	33,8	23	507,5
1976	65,7	63,6	63,2	55,4	45,7	12,6	6,7	50,3	43,3	22,2	1,1	25,2	455
1977	54,2	165	46,7	46,4	12,8	14,4	48,8	19,6	10,9	0	0	0	418,8
1978	23	12,7	29,5	54	82	29,2	86,4	46,5	0	22,2	1,7	21,4	408,6
1979	31,5	73,7	59,2	23,6	63,2	57	127,2	76,8	24,4	1,4	0	3,8	541,8
1980	13,3	10,6	36,6	137,9	12,1	89,6	36,1	46,9	10,1	1,8	0,7	55,2	450,9
1981	5,7	8,7	0	42,1	116,3	58,7	20,4	58,8	45,2	18	2,7	10,7	387,3
1982	24,8	89,4	89,9	64,4	0	31,4	16,1	14,8	0,8	0	2,8	0	334,4
1983	5,6	5,1	37,8	27	61,7	41,7	27,5	20,4	36,2	17,9	0	0	280,9
1984	18	109,1	35,2	65,6	56,3	46,4	41,5	3,1	80,6	0	0	0	455,8
1985	46,2	6	51,9	76	111,6	53,7	112,1	8,9	3,8	14,9	0	5,5	490,6
1986	23,9	43,4	89,4	76,7	103,9	138,4	13,8	1,7	16,2	5,9	11,5	2,8	527,6
1987	22	22,2	52,5	28,3	21,1	12,2	29,4	25,5	32,3	25,2	5,6	2,8	279,1
1988	29,2	56,5	12,4	130,5	17	30,4	66,9	51,4	14,1	50,3	16,8	34	509,5
1989	41,8	9,8	37,7	30,3	75,6	126,4	34,4	44,3	69	9,6	33,9	7,7	520,5
1990	52,4	21,1	51,6	84,1	57,5	89,8	148,8	16,1	8	10,6	5,9	3,6	549,5
1991	4,7	94,7	9,2	9,1	253,9	9,8	58,9	90,5	86,1	12,5	5,9	5	640,3
1992	8,8	34,9	33,3	47,4	7,7	63,6	23,4	35,6	56,5	2,8	2	0	316
1993	34	21,9	39,4	26,4	54,6	74	8,5	21	9	1	5	0	294,8
1994	106,4	99,5	21,7	42	173,2	21,5	90,2	20,3	12	21,2	0	0	608
1995	37,7	37,2	25,1	28,6	59,9	97,2	44,6	76,4	19,1	11,4	21,1	6,8	465,1
1996	25	16,2	7,8	30,4	48,4	8,5	1	88,8	50,6	0	0	9,8	286,5
1997	125,9	86,1	73,3	81,7	16,1	29,4	7,6	43,8	119,1	2	0	1	586
1998	23,3	24,3	29,8	37,4	133,7	66,1	100,2	0	64	3	0	0	481,8
1999	47	31,1	21,1	112	0	0	0	15	3,5	0	0	11,8	241,5
2000	34,8	27,8	91,8	49,3	156,4	8,6	1,3	58	16,7	1,8	0	8,4	454,9
2001	25,5	11,5	30,9	38,7	9	28,1	26,8	32,2	13,3	0	5,5	23,2	244,7
2002	12	10,6	79,9	35,4	100,9	132,3	8,4	63,7	8,9	3,5	4,7	0	460,3
2003	6,6	59,4	107,4	130,1	40,4	29,8	47,2	44	62	3,5	0,5	16	546,9
2004	51,4	21	93	68,5	58,8	75,8	21,3	3,5	0	0	0	0	393,3
2005	14	59,1	34,2	59,2	139,1	51,6	16,3	36,7	80,7	27,5	0	0	518,4
2006	23,7	2	0	29,7	9,8	39,6	117,3	45,7	24,5	0	4,5	8,3	305,1
2007	11,4	47,3	99,3	19	3,3	35,3	38,2	2	27,6	11,6	9,5	32,3	336,8
2008	30	75,4	39,7	42,5	54	18	36,4	59,9	0	0	0	7,9	363,8
2009	75,5	8,1	8,1	45,1	29	86,5	32,6	19,4	29,1	0	0	31	364,4
2010	0	34,8	36,1	22,1	46,9	60,3	40,8	38,4	83	41,8	0	0	404,2
2011	0	39	67,4	34,5	12	36,1	71	82,8	4	0	0	0	346,8
2012	6	71,1	82	4,5	32	22,2	44,2	75,8	18,2	2,9	0	7,8	366,7

## série des pluies annuelles de station boughzoul :

année	sep	oct	nov	dec	jan	fev	mar	avril	mai	juin	juil	aout	annuel
1948	1,5	60,9	1,5	11,7	27,5	22,3	36,1	127,2	63,1	29,7	0,6	1,8	383,9
1949	2	3	14,2	57,2	27,3	8,2	26,5	20,3	21,6	1	7	3	191,3
1950	109	6	1	35,3	30,6	31,5	43,8	2,7	27	3	26,8	14,5	331,2
1951	10	11,3	26	10,9	27,6	20,1	8,3	21,1	17,8	15,4	7,1	6,8	182,4
1952	27,4	4,8	6,1	10,7	15	10,7	31,3	4	14	9,1	2	0,7	135,8
1953	8	8,9	0,9	11,5	21,1	18,4	23,8	30	5,2	27,3	0,2	15,1	170,4
1954	0	5	2,4	19	47,5	10	5,3	15,6	0,9	7,9	2,5	3,1	119,2
1955	16,8	41,3	13,1	21,8	19,6	58,7	11,9	27,1	7,2	5,5	5	2,8	230,8
1956	0	40,8	18,9	10,3	10	0	13,1	50,9	42,4	6,3	0,2	0	192,9
1957	26,2	52	8,9	23,1	54,8	4,4	14,2	18	1,4	6,4	3,1	3,9	216,4
1958	1,1	29,4	14,1	5,5	2,8	28,9	16,1	13,7	16,4	11	0,4	5,8	145,2
1959	55,3	12,7	17,9	53,2	13,8	37	35,9	18,8	5,8	35	24,2	0,7	0
1960	0,5	4,3	1,3	25,6	27,4	0	14,5	12	9	12,4	10,3	1,5	0
1961	0	14,2	12,2	3,7	12,3	23,2	33,2	37,7	26,4	28,1	2,3	1,5	194,8
1962	10,8	5,5	34,8	9,8	5,4	23,1	9,1	24	73,6	31,4	25,9	31,4	261,6
1963	39,5	1,5	1	42,7	8,6	4,4	15,4	25	7,9	0,4	6,7	0	153,1
1964	0,8	12,6	18,8	41,6	25,8	21,7	29,5	15,6	0,7	0,6	8,4	6,8	182,9
1965	21,6	39	3,5	20,4	1,5	1,5	9,8	9,2	38,9	0	0	0	145,4
1966	28,5	78,3	9,7	5,5	28,2	17,1	3,2	27,1	15,4	21,8	0	1,3	0
1967	10,5	6,9	61,3	52,3	6,5	35	88,2	11,1	35,6	34,1	5,3	2,7	349,5
1968	0	0	26,8	31,9	19	25,3	57,4	30,1	18,4	52,9	12,5	0	274,3
1969	27,9	131,5	36,2	34,1	43,9	3,6	35,7	25,4	18,2	10,2	17,5	0	384,2
1970	18,4	5,3	4	16,1	27,8	0	36,5	31,5	12,7	4,9	12	2,6	171,8
1971	33,3	14,8	33,3	29,9	66,3	23,4	40,1	14,8	34,9	16,6	0	0	307,4
1972	70,9	120,4	7,2	3,8	11,8	30	17,1	44,4	9,1	23,8	0	1,8	340,3
1973	11,4	0	6,7	25,8	0,5	22,8	43,8	28,3	6,7	46,5	0	0	192,5
1974	27,7	0	24,7	27,3	0	30,2	8,2	31,9	43,1	29,6	10,2	1,4	234,3
1975	22,6	0	24,7	27,3	0	30,2	8,2	31,9	43,1	29,6	10,2	1,4	229,2
1976	35,4	33,8	7,9	14	32,9	2,6	0	46,7	13,7	23,1	0,8	7,6	218,5
1978	0	24,5	12,2	0	52,8	27,5	13,6	20,8	8,6	24,8	2,3	0,9	188
1979	34,3	23	9,9	22,7	24,6	27	22,6	39,4	45,7	0	0	5,7	254,9
1980	17,1	11,4	22,4	34,2	1,7	33,3	19,5	41,6	15	12,5	0,4	27,8	236,9
1981	9,9	9,6	0	11,5	34,9	22,6	25,4	74,2	58,2	14,4	0	3,6	264,3
1982	36,7	30,7	45,6	11,5	0	17,7	1,2	18	0	1,4	4,4	0	167,2
1983	0	1,7	30,2	7,4	9,1	15,3	14,3	11,9	14,2	19	1,2	3,4	127,7
1984	3	21,8	17,2	12,8	20,9	11,2	9	0	31,4	8,9	4,2	0	140,4
1985	23,1	6,2	24,8	25,5	31,9	3,7	47,5	3	4,5	42,9	0	0	213,1
1986	9,9	56,3	55,7	8,8	26,7	23,4	5,7	1,3	13,5	14,7	20,9	4,9	241,8
1987	19,3	30,5	24,3	36,9	6,7	11,5	20,5	30,5	17,2	18,8	0	1,6	217,8
1988	8,7	15	13,2	32,1	13,9	6,2	7,4	33	12,1	15,3	7	22,3	186,2
1989	32	9,7	33,7	19,5	47,5	1,4	53,2	20,1	43,8	7,1	73,9	0	341,9
1990	13,5	7,6	21,4	21,3	8,6	33,7	68,2	3,4	18,5	6,4	0	-999	202,6
1991	-999	76,2	6,9	6,4	68,6	8,2	18,4	31,6	76,1	49	2,3	2,3	346
1992	12	6,7	12,3	2,7	0,8	11,5	4,6	19,1	24	0	0	11	104,7
1993	51,5	19	12,4	14,2	16,4	14,9	3,4	8,2	1,8	0	6,5	13,1	161,4
1994	16,9	27,1	9,1	22,8	26,3	24,1	26,7	6,2	1,3	29,8	0	0	190,3
1995	40,2	40	4	16,5	32	43,4	38,9	33,9	27,9	72,7	0,6	3,5	353,6
1996	18,7	4,2	12	37,4	41,2	11,2	0	40,8	13	3	0	24,1	205,6
1997	56,4	15,6	30,2	8,7	9,1	19,9	1,3	-999	84,7	3,5	3,5	0	91,7
1998	11,3	16,5	6,7	3,5	41,7	22,2	69,8	14	0	2,3	0	6,5	194,5
1999	81,3	39,1	12,1	49,7	0	0	3,6	10,1	4,7	4,2	0	1,6	206,4
2000	8,3	10,1	37,3	28,4	46,9	9	1	27,4	0	0	0	0	168,4
2001	66,3	8,1	7,5	16,4	8,3	12,5	0,7	11,5	1	0,5	5,6	19,1	157,5
2002	6,3	3,2	35,5	14,4	63,9	33,6	3,4	18,5	0,3	5,3	4,5	0	188,9
2003	43,5	61,9	56,7	65,6	13,4	11,5	26,2	42,7	53,2	0	9,2	30,9	414,8
2004	18,7	16,1	15,1	26,5	3,8	16,6	18,6	3	6,2	24,1	0	0	148,7
2005	16	55,1	23,4	19,5	30,6	45,2	4,4	30,3	51,5	0	5,5	3,6	285,1
2006	11	0	6	23,1	8,4	9,5	44,6	26,5	16	0	6,6	19,6	171,3
2007	70,1	69	0	7,5	5,5	35,2	22,2	3,3	26,5	11,9	4	21	276,2
2008	15,3	49,9	10,3	12,6	12,5	9,5	26,9	49	10,1	2	3,3	0	201,4
2009	80,3	5,9	0	0	12,5	48,7	21,8	16,5	33,8	9,5	0	21	250
2010	2,5	40,9	11,3	5,8	17,3	14,9	25,7	53,8	39	0	0	0	211,2
2011	5,2	31,9	49,5	2,5	0,4	0	24,1	0	2,5	0	0	0	116,1

## Annexe 02 :

### Série des pluies journalières station boughzoul :

Année	sep	oct	nov	dec	jan	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	année
1948	1,5	22	1,5	4,3	8,5	9,8	9,7	33,1	17,2	23	0,6	1,8	33,1
1949	2	3	6,3	22	12,5	5	10	6,2	12	1	7	2	22
1950	21	1,5	1	15	14,3	14,3	18,8	1,2	18,9	2,5	9	12	21
1951	10	33,2	10,5	2,5	8,1	8,1	4	5,6	7	7	2	2,8	33,2
1952	10,3	4,5	2	3,5	5	4,2	13,6	2,2	9,8	2,2	1,4	0,7	13,6
1953	4,8	3,4	0,7	8,1	7,4	6,6	8,2	9,5	2,4	11,5	0,2	9,9	11,5
1954	0	2,7	1,1	8	13,5	4,5	1,4	8,4	0,4	2,6	0,8	1,4	13,5
1955	7,6	18	10,4	11,2	9	21,7	7,7	13,4	4,3	4,3	5	1	21,7
1956	0	21	14,6	6,8	5,6	0	7	16,1	19,6	5,6	0,2	0	21
1957	16,8	14,2	2	12,7	17	2,3	7,7	14,4	0,7	6,2	2,1	1,6	17
1958	1,1	17,3	5,8	1,4	0,8	12,7	5,3	9,3	6,7	3,1	0,4	3	17,3
1959	15,9				4,5		11,1	10,4	3,7				11,1
1960	0,5	4	0,7	6	15,7	0	14		4,5	7,1	6,8	1,5	15,7
1961	0	4,5	5,2	1,8	5,5	10	10,3	21	22,4	24,1	1,5	1	24,1
1962	6,5	5,5	9,8	2,5	1,8	5,6	3,7	8	30,1	11,2	9,5	4,1	30,1
1963	33	1,5	1	10,7	2,7	3,4	6	15	6,4	0,4	3,5	0	33
1964	0,8	8,1	6,6	10,9	4,9	13,8	12,9	11,1	0,7	0,6	4,3	6	13,8
1965	12	8	1,6	12	0,8	0,8	4,9	3,1	16,5	0	0	0	16,5
1966	18	34,9	5,5	2,6	-999	6,7	3,2	5,2	9,4	17,2	0	1,3	
1967	6	5	17,3	27,8	3,2	11,1	38	11,1	25	26,1	2,3	1,5	38
1968	0	0	9	12,9	13,2	17,7	14,7	18,3	9,3	26,5	6,3	0	26,5
1969	11,8	30,5	11,8	5,6	11,3	2,6	12,3	12	6,2	7,6	13,1	0	30,5
1970	16,1	3,5	4	5,6	11,7	0	14,8	12,2	6,1	3,6	4,9	2,6	16,1
1971	8,8	8,9	16,6	7	31,2	9	7,5	4,6	17,7	9,7	0	0	31,2
1972	22,3	30,2	3,7	2,3	4,1	8,1	9,9	18,5	9,1	6,4	0	1	30,2
1973	9,1	0	3,6	8,6	0,5	7,7	15,8	8,4	6	22	0	0	22
1974	16,6	7,8	4,3	0	5	8	8,5	6,4	16,5	23	0	4	23
1975	14	0	13,5	8,2	0	7,3	3	9,4	15	15,3	7,6	1,4	15,3
1976	11,2	10,7	2,7	4	11,9	2	0	25,6	9,3	12,6	0,8	4,3	25,6
1977	0,6	7	17,2	11,3	7,2	5,3	5,7	13,1	9,3	0,9	0	0,5	17,2
1978	0	7,3	5,9	0	12,8	6,2	6	8,3	4,8	12,7	2,3	0,9	12,8
1979	15	4,4	3,3	12,2	5,8	7,2	7,1	11,8	14,5	0	0	5,2	15
1980	8,2	7,4	6,5	17,3	0,9	14,7	5,8	10,4	10,4	8,3	0,4	11,4	17,3
1981	9,9	6,5	0	8,4	7,8	10,2	7	60,8	17,8	7,2	0	3,6	60,8
1982	15,6	21,4	10,8	3,3	0	4,1	1,2	18	0	1,4	4,4	0	21,4
1983	0	1,7	10,3	2,6	3,5	8,6	13	4,3	5,9	17,6	1,2	3,4	17,6
1984	2,5	15,8	7,3	4,7	5,8	4,2	2,2	0	8,2	5,2	4,2	0	15,8
1985	7,1	3,6	11,9	9,5	16,2	1,1	32,6	1,5	2,6	36,4	0	0	36,4
1986	7,4	37,4	42,5	3	8,2	6,8	2,8	0,7	7,4	8,4	10,2	2,4	42,5
1987	17,2	27,2	11,9	26,4	1,5	6	12,6	16,2	8,5	9,4	0	1,6	27,2
1988	6,4	10	3,8	11,8	10,4	3,2	4,4	13,2	8,5	8,7	3,6	9,6	13,2
1989	15	6,3	9,6	6,9	16,2	1,4	18,4	6,7	15,2	4,1	44,6	0	44,6
1990	4,5	3,1	9,2	8,5	8,2	8,6	17,5	3,4	5,7	3,6	0		17,5
1991	-999	29,6	6,2	3,2	46,7	5,6	7,2	16,1	21,7	28	2,1	1,6	
1992	10,5	6,2	8,3	2,4	0,8	8,4	1,7	10,8	14,6	0	0	6,6	14,6
1993	19	7,5	5,7	11,2	5,5	7,7	3,4	6,2	1,4	0	6,5	11,8	19
1994	8,7	8	3,9	15	7,5	20,5	11,2	2,3	1,3	14,3	0	0	20,5
1995	17,5	18,2	2,5	4,8	10	16	16	8,1	8	23,5	0,6	2,9	23,5
1996	9,7	2,3	10	15	10,4	5,8	0	13	8	3	0	7,8	15
1997	26,4	7,6	9,5	3,4	3,6	10,5	1,3		34,2	2	3,5	0	34,2
1998	7,3	16,5	3,2	2,1	11,6	6,2	38,9	14	0	1,4	0	6,5	38,9
1999	24	10,3	3,2	32,5	0		2	3,6	1,2	4,2	0	1,1	32,5
2000	3,6	6,2	14,2	6	9,7	3,6	1	13		0	0	0	14,2
2001	22	4,1	5	4,5	4	9,5	0,4	9,5	0,5	0,5	2,2	7,4	22
2002	3,7	1,7	12,1	5,5	15	9,5	1,7	11	0,2	2,5	4,5	0	15
2003	23	21,6	18,7	18	3,8	7,2	10,6	16,6	11,6	0	5	17	23
2004	10	6,8	11,8	7,3	3,3	3,7	7,3	3	6,2	16,1	0	0	16,1
2005	7,5	36,2	11,2	9,5	13	17,5	2,3	26,2	13,5	0	4	3	36,2
2006	4,2	0	6	7	6,1	3	28,1	11,2	12,2		4,7	11,5	28,1
2007	36,4	30		5,2	4	28,9	8	2	8	9,5	4	19,8	36,4
2008	7,5	12,8	3,4	5,5	4,2	4,5	10,2	23	3,4	1	3,3		23
2009	43	4,5			6,7	20,5	12,2	16,5	15,3	8	0	21	43
2010	2,5	15,6	4,2	4,6	6,8	6,6	11	25	18		0	0	18
2011	5,2	9,5	17,2	2,5	0,4	0	13	0	2,5	0	0	0	17,2

## Série des pluies journalières station derrag :

année	sept	oct	nov	déc	janv	fév	mars	avril	mai	juin	juil	août	annuel
1914	0,3	25	19,5	17	26	27	15	8,6	35	3	6,5	0,5	35
1915	13,2	13	46,5	22	8	39	45	9	92	48,8	1,5	3	92
1916	8,9	8,9	6	40,7	10	34,5	31,5	48	14	29,2	33	0	48
1919	0	0	0	7	10	12	17	9	0	26	15,5	0	26
1921	17,5	10,5	15,3	12,8	40	14,5	0	0	1,5	12,2	2,4	40	40
1922	1,5	35,7	11,5	18,2	25,8	10,5	70,1	18	55,1	18,1	3,4	14,5	70,1
1923	0	15,3	25,1	22,5	11	45,1	20,2	10,9	3,1	3,2	0	0	45,1
1925	7,2	8,5	11,1	6,8	12,3	19,3	21,7	20,1	10,1	0	5,1	10,3	21,7
1926	28,1	5,9	7,1	6	30	15	11	0	11,5	21,1	0	1,3	30
1928	47	43	12,1	26,3	17,6	20,2	11,6	6,1	77,8	10	0	9	77,8
1929	13	17	15,3	38,2	17	22	19	26,4	61,5	2,1	0	0	61,5
1930	12,3	5,2	2,2	85,3	25	10,6	9,6	26,9	1,3	9,7	3,5	9,5	85,3
1931	19,5	19	9,5	40,7	48,5	18	7	11	19	5,5	0	2,5	48,5
1933	23	0	23	46	78	20	35,5	7,7	21,5	9,5	1	18,3	78
1934	9,9	24,7	14,7	19,1	22,4	24,7	32,3	59,6	20,2	6	0	12,2	59,6
1935	11,8	25,4	22,7	31	11,7	27	36,1	41,7	50,7	12	0	17,4	50,7
1936	12,3	29,6	21,6	44,6	11,8	19	18,8	20,5	18,8	11,3	0	13,2	44,6
1937	12,3	33	20,4	52,7	18,4	28	6,4	21,8	28,2	10,3	6,3	5,4	52,7
1951	20,2	104,3	74,7	13,9	23,5	24,1	7,2	21,4	2,2	2,1	4,9	15,2	104,3
1952	15,8	5,4	13,8	13,5	15,3	14,3	35,4	9	12,4	8	3,6	3	35,4
1953	18,6	12,2	6,2	25,2	8	15,3	8,9	75	5,2	5,1	2	4,1	75
1954	4,1	19	24	25,1	45,9	17,1	19	32	16,3	6,1	0	2,9	45,9
1967	24	15,5	24,2	34,1	10,4	14,3	44,8	16,8	31,5	0	9,1	0	44,8
1968	0	0	25,4	24,3	37,3	46,2	10,2	17,2	4,2	21,9	0	0	46,2
1969	8,2	41,4	8,5	23,6	27,3	0	22,2	16,8	31,5	0	9,1	0	41,4
1970	18,2	10,1	0	7,4	19,7	12,1	27,2	30,5	49,2	7,9	0	0	49,2
1971	18,6	18,5	28,1	22,1	40,3	54,3	24,2	16,2	34,5	9,1	0	16,7	54,3
1972	28,5	25,6	17,9	14,6	23,3	32,2	24,7	48,7	1,4	18,7	0	0	48,7
1973	23,1	0	10,3	27,4	0	18	37,6	8,3	6	13,5	24,6	0	61
1976	11	30	22,4	15,1	18	12,4	4,3	25,8	13,5	0	1,1	3	44,4
1977	7	8	21,2	61	18,9	10,2	25,5	28,7	27,3	2,4	0	0	61
1978	0	44,4	18,3	2,5	22,7	21,2	25,8	15,3	8,4	12	0	0	44,4
1979	101,2	22,44	22,5	11,5	36,1	20,2	123	16,9	23,5	0	0	2,4	123
1980	6,4	4,3	11	37,7	5,2	21,4	17,9	13,6	8,3	1,6	0	13,7	37,7
1981	4	16,4	1,1	57,4	19,9	13,7	8,4	41,5	19,7	5,4	0	0	57,4
1982	8,4	47,2	24,7	12,5	0	13,3	10,5	10,2	0	0	0	1,5	47,2
1983	0	11,6	41,9	9,9	47,3	16	23,4	15,1	14,8	15,3	4,2	0	47,3
1984	14	99,3	18,1	9,2	15	27,4	18,4	6,5	12,1	0	7,5	0,7	99,3
1985	37	2,7	19,5	18,3	39,2	21,2	55,9	7,9	2,4	19,1	0	5,1	55,9
1986	17,8	12,8	53,8	16,1	23	47,6	7,8	3,2	14,5	5,8	2,2	5,6	53,8
1987	2,5	9	21,4	8	20,2	7,5	19	9,4	13,2	11,1	0	0,1	21,4
1988	12,2	24	5,1	30,6	2,8	7,2	26,3	16	10	14,2	11,1	16,2	30,6
1989	22,7	4,6	13	8,7	16,4	5,5	12,3	19,6	13,2	7,2	8,2	9,8	22,7
1990	16,1	8,2	13,5	18,2	10,4	12,6	26,9	11,7	13,2	7,2	8,2	9,8	26,9
1991	4,6	51,6	6,9	9,6	70	52	14,7	20,5	21,4	10,2	7,5	4,2	70
1992	6,2	23,4	19,4	18	5,5	32,3	6,2	13,8	39,1	0,5	3	2	39,1
1993	38,7	12,7	19,4	11,2	26,6	15,7	2,3	11,5	3,8	0,5	2,6	1,8	38,7
1998	43,1	14,5	25,7	24,1	48,4	27,6	33,7	5,5	9,6	0	0	9,1	48,4
1999	26,1	18,9	12,7	43,3	3,4	1,2	2,1	10,4	7,3	0	0,5	0,3	43,3
2000	8,2	10,6	41,5	31,3	25,1	8,9	2,3	30,8	23,4	0	0	5,3	41,5
2001	25,1	7,2	37,2	11	6	14,3	7,8	27,5	6,7	0	0	4,2	37,2
2002	8,9	8,9	19	9,8	29	78,3	3,8	38	2,6	3,8	4,8	11,9	78,3
2003	7,7	18	36,2	31,6	18,5	10,7	12,4	17,9	45,4	1,4	0,3	4,8	45,4
2004	6	16,3	26	21,7	16,4	18	7,5	12,1	2,3	4,5	0	4,7	26
2005	11,5	53,7	9,6	17,6	22,1	39	8,5	24,9	47	3,8	2,5	2,8	53,7
2006	11,5	4,9	3,4	14,6	5,8	16,3	79,7	10,4	4,2	0	3,3	0	79,7
2007	7,2	15,4	16,4	15,4	12,6	14,6	29	3,2	18,7	6,3	8	1,2	29
2008	20,6	11,1	31	19,8	22,7	6,3	44,2	17,7	8	0	1,4	1,3	44,2
2009	31,7	9,2	18,2	29,2	15,7	44,6	18	7,5	15,5	5,9	0	1,3	44,6
2010	0	20,1	8,3	16	17	12,6	21,2	14,6	21,6	14,8	0	8	21,6
2011	0	23,6	34,7	9,3	6,9	35,4	45,4	28	6,3	0	0,3	1,2	45,4

## Annexe 03 :

### Série des pluies annuelle de la station tarik ibn ziad

année	sept	oct	nov	dec	jan	fev	mars	avril	mai	juin	juill	aout	annuel
1971	90,2	5,2	137,2	65,6	310,6	91,6	111,9	80	33,4	0	0	12,6	938,3
1972	23,6	219,8	66,6	46,9	96,6	227,5	90,7	88,6	1,2	48,3	0	0	909,8
1973	55,2	0	15,2	118,4	4,2	106,9	156,3	174,4	0	9,6	0	0	640,2
1974	20,4	107,5	40,2	0						17	0	0	185,1
1975	5,3	0	130,1	15,7	28,3	148,4	8,7	14		15	1,7	1,6	368,8
1976	3,4	18	24,7	10,5	23,4	3	11,2	25,1	29	6,5			154,8
1977	1	26,7	62,7	58,5	97,8	13,4	68,5	72,6	44,8			0,4	446,4
1978	0	130,2	44,4	4,8		93	85,7	31,9		4,3	8,1	0	402,4
1979	147,7	47,9	37,6	14,3	78,4	36,5	101,2	68,2	13,4	0	0	17,6	562,8
1980	13,2		14,8	140,4	5,3	82	27,3	45,5	14,6	0,6	0	7	350,7
1981	3,9	1,7	0	38,7	83,4	59		31,1	51,2	8,5	0	0,3	277,8
1982	21,1		141,9	68,3	0	31	22,2	4,7	1	0		0	290,2
1983	0	4,3	77				36,7	31,4	46,7	22,4	0	0	218,5
1984	0	100,6	57,8	66	47,3	38,1	84	4,6	78,5	0	0	0	476,9
1985	44,9	8,5	57,2	43,6	114,9	44,8	109,6	13,6	9,1	14,1	0	0	460,3
1986	23,4	39	74,2	96,9	76,7	157,9	10,6	1,5	4,9	10,9	25,5	8	529,5
1987	10,5	25,4	75,6	18,6	37,7	22,7	48	32,9	47,4	15,8	0	0	334,6
1988	3,9	42,1	18,7	84,1	6,2	23,6	90,8	52,4	9	42	8	26,2	407
1989	17,8	4,9	22,4	13,2	57,9	0	64,3	40,3	40,1	4,2	33,3		298,4
1990			40,7	76,3	58,2	74,8	115,1	13,1	10	5,9	0	4,7	398,8
1991	0	48,8	7,1	9,4	131,2	10,9	68,3	72,6	58,7	13,7	17,9	0	438,6
1992	5,5	21	24,7	36,5	4,2	48,4	22,4	47,4	26	0	0	0	236,1
1993	14,4	17	27,7	30,5	41,8	70	0	27,5	2,1	0	0	0	231
1994	103,2	61,3	21,3	41,8	124	73,2	95	31,8	45,6	16,3	3,8		617,3
1995	56,6	46,3	34,1	21,3	41,8	124	73,2	95	31,8	45,6	16,3	3,8	589,8
1996	1,2	28,1	17	31	69,1	9,3	0	98,7	53,6	0	0	0	308
1997	50	87,7	111,8	53,1	11,4	24,1	13,7	57,6	135	0	0,6	5,2	550,2
1998	18,6	45	15,7	5	71,4	102,1	103,2	1,2	5,7	0	0	1	368,9
1999	12,8	17,7	32,1	118,3	3,6	0	7,1	23,4	8,5	0	0	0	223,5
2000	9,2	47,2	99,4	40,7	173,3	39	0	72,2	13,7	0	0	2,1	496,8
2001	26,5	22,7	44,4	39,1	13,7	29,1	39,6	33,7	28,6	3	0	10,9	291,3
2002	3,5	18	68,6	30,2	214,2	131,6	5,4	68,5	10,6	26,6	2,3	5,9	585,4
2003	13,8	60,6	50,4	93,7	47,7	58,1	46,8	31,2	59	3	0	22,3	486,6
2004	47,7	53,7	58,7	95,1	46,2	90,2	39,1	17,7	2	29,2	0	0	479,6
2005	17,2	50,8	55,7	80,8	85,8	78,8	36,8	15,3	122,3	19	0	0,3	562,8
2006	48,9	2	1	72,5	9,2	71,2	136,8	101,9	24,3	1,9	4,7	4,8	479,2
2007	12,4	81,9	112	39,9	19	20,4	42,9	7	40,7	9,8	4,8	0	390,8
2008	20,1	44,9	87,6	94,3	99,5	24,4	77,6	99,5	20,6	0	0	11,1	579,6
2009	30,3	6,8	59,3	105,1	58,8	124,8	73,7	17,4	25,2	11,7	2	53,6	568,7
2010	0	50,2	55,6	57,4	67	118,8	12,4	23,3	53,8	23,7	4,1	0	466,3
1011	0	47	71,5	25	16	113,2	76	143,4	4,2	0	0	0	496,3

## Série des pluies annuelles de la station Teniet El Had

Année	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juill	aout	annuel
1979	145,6	86,5	62,9	14,1	61,5	56,5	153,5	82,6	39,1	1,6	0	6,6	710,5
1980	18,9	9,5	57,7	203,5	5,3	117,9	33,6	53,8	14,2	4,2	1,2	216	735,8
1981	7,6	12,1	0	80,3	113,2	76,4	20,9	55,4	58,5	61,6	0	0,7	486,7
1982	9,2	96,3	109,2	42,5	0	33,2	20,7	11,1	1,7	0	2	1,5	327,4
1983	0	2,6		59,8						22,4	0,2	0,3	85,3
1984	26,6	112,2	63	41,9	52,5	94,5	82,1	4,5	80,5	0	0	30	587,8
1985	25,2	3	75,2	80,4	137,2	121,6	116,3	15,8	8,1	8,3	0	1,8	592,9
1986	29,3	48,1	73,4	52,3	127,3	211,4	13,3	0	4,6	12,1	58,9	11,3	642
1987	6,8	47,1	94,6	39,5	30,8	19,7	40,1	35,6	41,9	12	0	0	368,1
1988	17,2	49	25,1	106	16,1	51,1	70	61,8	15	34	6,9	33,5	485,7
1989	27,9	11,5	39,4	40,9	91,4	0	72,6	57	75,6	4,5	12,6	2,5	435,9
1990	34,1	9,2	59,7	74	66	73	180	26,6	13,6	3,5	4,2	23,6	567,5
1991	15,3	72,2	24,4	12,6	143	15,3	82,3	93,2	63,3	13,5	17,2	3,6	555,9
1992	15,4	36,5	32,7	59,8	8,7	61,2	22,9	55,3	57,3	0	0	23,2	373
1993	30	41,2	40,2	63,1	57,8	81,1	4,4	28,4	9,6	0	2,8	18,5	377,1
1994	102,4	73,6	14	48,9	87,4	26	67,6	18,4	11,3	12,9	0	13,9	476,4
1995	13,2	71,5	28,5	56,8	115,5	181	97	88,9	34,3	27,4	40,2	11,2	765,5
1996	21,9	43,6	22,3	73,7	82,8	13,1	1,5	154,3	45,7	0	0	17,8	476,7
1997	76,5	77,8	159,4	68	25,7	40,9	15,5	72,4	143,5	3,6	0	18,1	701,4
1998	32,5	37,2	40,3	41,2	140,5	92,4	123,6	1,5	4,6	1,6	0	14,2	529,6
1999	23,3	46,2	56,4	174,3	1,3	0	4,9	52,7	9,9	0	0	8,9	377,9
2000	36,9	55,1	124,8	97,3	239,5	49,3	3,4	44,5	38,5	1,6	0	5,6	696,5
2001	36,9	52	31,4	56,9	17	32,2	25,5	65,6	24,6	3	0	14,2	359,3
2002	4,6	21,1	121,3	42,8	222,9	152,8	11,4	65,2	15,2	22,6	24,8	9,4	714,1
2003	9,4	59,4	114,2	116,7	41	57,5	49,8	56,2	73,4	3,7	13,5	15,4	610,2
2004	26,7	24,3	47,2	89,6	94,1	93,8	41,1	29,5	10,2	4,1	0	0	460,6
2005	14,6	40	71,9	64,7	146,2	126	36,5	30,6		18,7	7,7	5	561,9
2006	52,6	0,7	2	63,4	23,6	59,2	135,2	102	16	8,4	2,2	7,9	473,2
2007	26,4	73,9	120,9	22	19,9	27,5	99,9	8,7	52	13,3	6,5	1,6	472,6
2008	42,3	72,6	115,6	92,9	77,1	41,2	99,2	79,7	32,7	2,3	0	22,8	678,4
2009	59,6	12,5	73,6	111,3	79,5	132,2	75,6	28,5	31	22,1	0	41,4	667,3
2010	10,5	87,9	84,8	66,1	62,1	123,8	45	65,8	68,8	19,7	45	1	680,5
2011	0	44,1	105,2	23,2	15,9	109,7	78,7	139,1	5,1				521



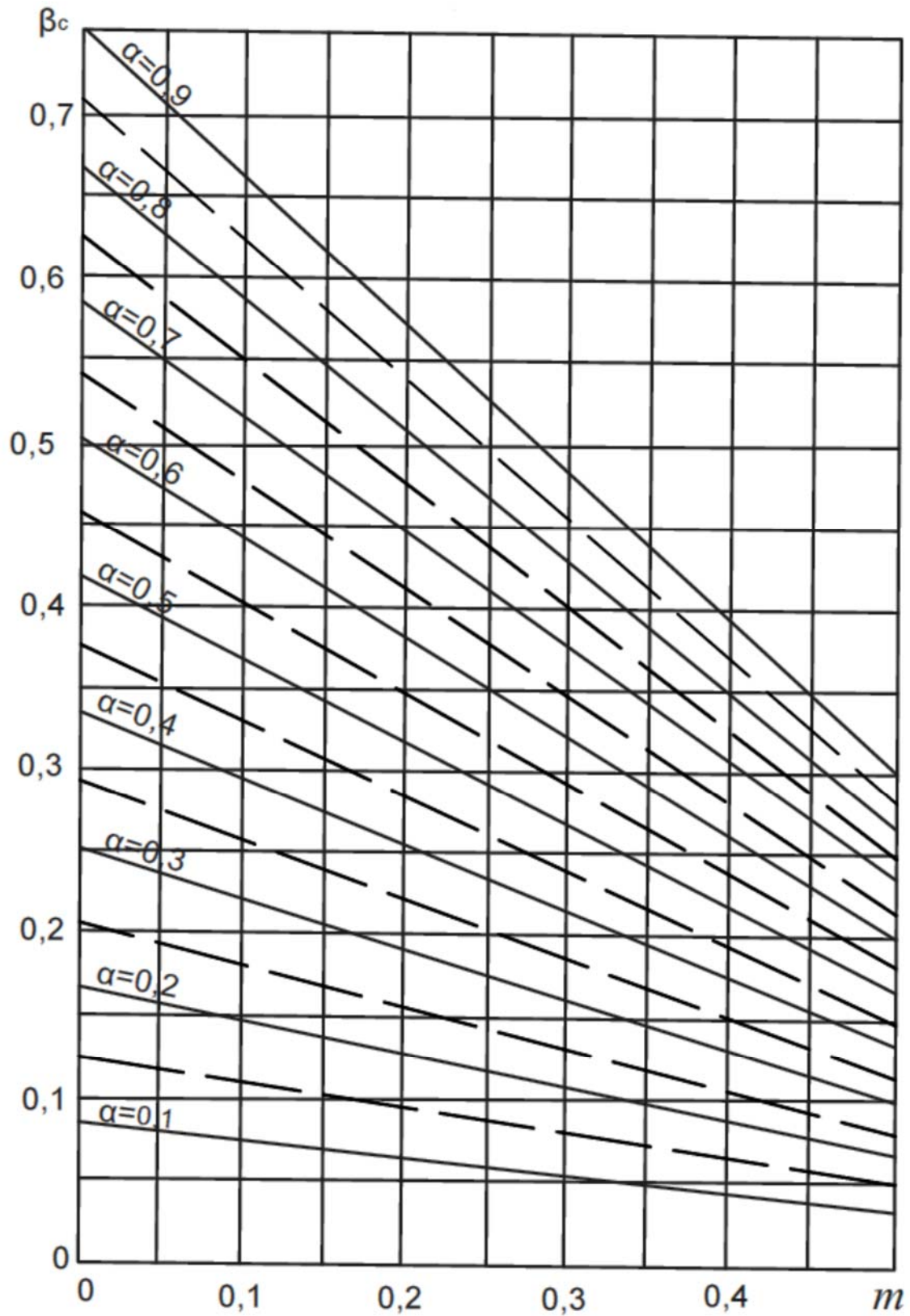
## Annexe 04 :

### Apports annuels du barrage DEURDEUR :

Année	Sep	Oct	Nev	dec	jan	fev	Mars	avril	mai	Juin	Juil	aout	Moyenne
1995-1996	0,187	0,183	0,031	0,031	0,031	6,618	8,23	5,521	7,895	1,807	0,00	0,025	31,19
1996-1997	0	0	0	0	0,533	0,028	0	2,511	0,338	0	0	0	3,41
1997-1998	1,654	1,004	4,579	2,929	0,194	0,028	0,031	0,394	4,323	3,796	6,417	11,131	36,48
1998-1999	12,974	4,058	3,189	0,144	5,085	6,184	14,844	2,322	7,679	10,5	9,385	9,46	85,82
1999-2000	4,331	5,106	2,671	4,281	0,893	0,6	2,6	1,76	4,029	1,422	0,297	5,777	33,77
2000-2001	1,872	3,996	6,404	1,192	11,857	4,117	1,648	3,777	2,699	2,002	1,742	2,402	43,71
2001-2002	2,396	4,39	1,41	0	0,213	0,369	0,369	0,679	3,446	4,455	2,275	0,415	20,42
2002-2003	1,01	0,227	1,548	0,906	9,97	16,589	5,875	3,867	2,171	1,958	2,433	4,668	51,22
2010-2011	0,034	0,513	0,549	0,99	1,109	6,56	3,833	0,32	4,311	0,867	0,419	0,102	19,62
2011-2012	0,083	0,213	0,871	0,586	0,711	5,702	6,934	19,225	2,192	1,542	0,027	1,239	39,33
2012-2013	1,033	0,875	1,691	1,177	3,157	6,829	5,182	4,471	4,194	0,908	0,276	1,294	31,06
2013-2014	1,158	4,33	1,775	1,026	2,337	2,042	19,061	2,167	0,803	2,321	1,626	1,72	40,37
Moyenne	2,23	2,13	2,06	1,11	3,01	4,64	5,72	3,92	3,67	2,63	2,07	3,19	36,40

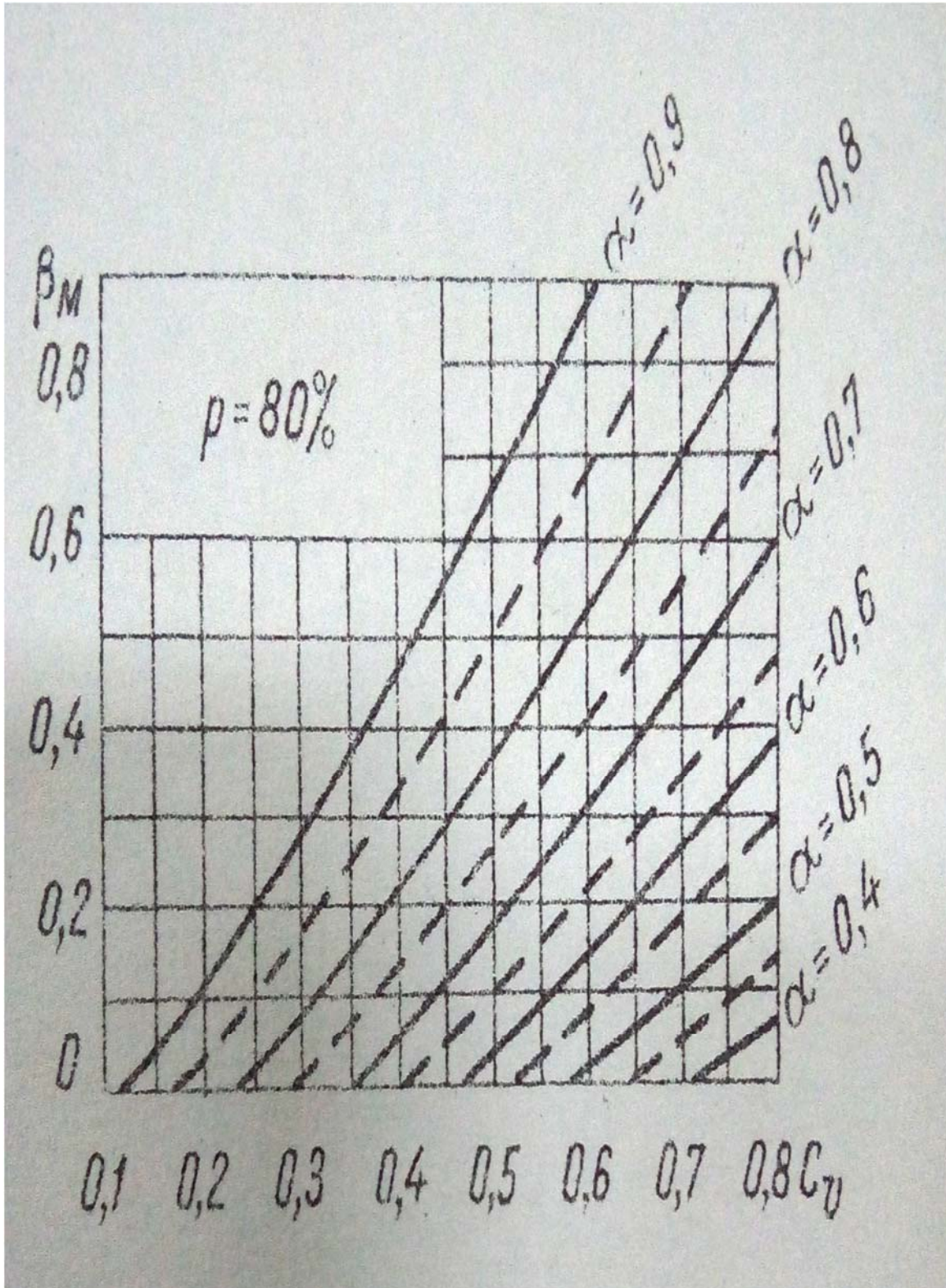
### Annexe (05) :

Abaque de Kritsky-Menkel pour la détermination de volume saisonnier du barrage pour une régularisation complète annuelle et interannuelle.



**Annexe (06) :**

Abaque de Plechkov.Ia.F pour la détermination de la composante interannuelle  
du barrage pour :  $C_s = 2.C_v$  ;  $r = 0,4$  et  $P = 80\%$ .



## Annexe 07 :

n	C <sub>v</sub> <sup>(n)</sup>	C <sub>s</sub> <sup>(n)</sup>	Fp%	Kp %	B plur
1	0,1	1,2	-0,85	0,915	-0,015
2	0,424264	0,848528	-0,89	0,622405	0,55519
3	0,34641	0,69282	-0,85	0,705551	0,583346
4	0,3	0,6	-0,85	0,745	0,62
5	0,268328	0,536656	-0,91	0,755821	0,720893
6	0,244949	0,489898	-0,85	0,791793	0,64924
7	0,226779	0,453557	-0,956	0,7832	0,817603
8	0,212132	0,424264	-0,89	0,811202	0,71038
9	0,2	0,4	-0,85	0,83	0,63
10	0,189737	0,379473	-1,04	0,802674	0,973261
11	0,180907	0,361814	-1,02	0,815475	0,929774
12	0,173205	0,34641	-0,96	0,833723	0,795323
13	0,16641	0,33282	-0,93	0,845239	0,711898
14	0,160357	0,320713	-0,9	0,855679	0,620495
15	0,154919	0,309839	-0,9	0,860573	0,591411
16	0,15	0,3	-0,85	0,8725	0,44
17	0,145521	0,291043	-0,85	0,876307	0,402784
18	0,141421	0,282843	-1,24	0,824638	1,356525
19	0,137649	0,275299	-1,19	0,836197	1,212254
20	0,134164	0,268328	-1,14	0,847053	1,058941
21	0,130931	0,261861	-1,1	0,855976	0,9245
22	0,12792	0,255841	-1,06	0,864404	0,783104
23	0,125109	0,250217	-1,02	0,872389	0,635049
24	0,122474	0,244949	-1,02	0,875076	0,598175
25	0,12	0,24	-0,93	0,8884	0,29
26	0,11767	0,235339	-0,93	0,890567	0,245253
27	0,11547	0,23094	-0,9	0,896077	0,105922
28	0,113389	0,226779	-0,9	0,89795	0,057411
29	0,111417	0,222834	-0,9	0,899725	0,007989
30	0,109545	0,219089	-0,85	0,906887	-0,20661
31	0,107763	0,215526	-0,85	0,908401	-0,26044
32	0,106066	0,212132	-0,85	0,909844	-0,315
33	0,104447	0,208893	-0,85	0,91122	-0,37027
34	0,102899	0,205798	-0,85	0,912536	-0,42621
35	0,101419	0,202837	-0,85	0,913794	-0,4828
36	0,1	0,2	-0,85	0,915	-0,54
37	0,098639	0,197279	-1,61	0,841191	2,175949
38	0,097333	0,194666	-1,61	0,843294	2,154824
39	0,096077	0,192154	-1,61	0,845316	2,132668
40	0,094868	0,189737	-1,53	0,854851	1,805942
41	0,093704	0,187409	-1,53	0,856632	1,778068
42	0,092582	0,185164	-1,53	0,85835	1,74932
43	0,091499	0,182998	-1,53	0,860006	1,719729

44	0,090453	0,180907	-1,53	0,861606	1,689323
45	0,089443	0,178885	-1,44	0,871202	1,295888
46	0,088465	0,17693	-1,44	0,87261	1,259933
47	0,087519	0,175038	-1,44	0,873973	1,223286
48	0,086603	0,173205	-1,44	0,875292	1,185968
49	0,085714	0,171429	-1,44	0,876571	1,148
50	0,084853	0,169706	-1,36	0,8846	0,769991
51	0,084017	0,168034	-1,36	0,885737	0,727406
52	0,083205	0,16641	-1,36	0,886841	0,68426
53	0,082416	0,164833	-1,36	0,887914	0,64057
54	0,08165	0,163299	-1,36	0,888956	0,596351
55	0,080904	0,161808	-1,36	0,889971	0,551618
56	0,080178	0,160357	-1,36	0,890957	0,506385
57	0,079472	0,158944	-1,275	0,898673	0,075623
58	0,078784	0,157568	-1,275	0,899551	0,026066
59	0,078113	0,156227	-1,275	0,900405	-0,02392
60	0,07746	0,154919	-1,275	0,901239	-0,07434
61	0,076822	0,153644	-1,275	0,902052	-0,12516
62	0,0762	0,1524	-1,275	0,902845	-0,17638
63	0,075593	0,151186	-1,275	0,903619	-0,228

## Résumé :

Le présent travail s'inscrit dans le cadre d'un projet de fin d'étude, réalisé au sein de l'agence nationale des barrages et des transferts. Il consiste à une étude hydrologique pour un pré dimensionnement d'un barrage en terre dans la wilaya de MEDEA sur l'Oued BOUKMOURI. D'après les calculs établis, Cet aménagement sera projeté pour une durée de vie de 100 ans pour emmagasiner un volume d'eau de 31, 79 Mm<sup>3</sup> et la hauteur de la digue sera de 38,11 m.

**Mots clés :** barrage, hydrologie, BOUKMOURI, digue.

## Abstract

The present work is part of project of study-end, realized within the national agency of the dams and the transfers. It consists of a hydrological study for a pre-dimensioning of an earth dam in the wilaya of MEDEA on Oued BOUKMOURI. According to calculations establish, This dam will be projected for a life of 100 years to store a volume of water of 31, 79 Mm<sup>3</sup>, height of the dike will be 38.11 m.

**Key words:** dam, hydrology, BOUKMOURI, dike.

## ملخص

العمل الحالي جزء من مشروع نهاية الدراسة ، يتحقق داخل الوكالة الوطنية للسدود والتحويلات. وهي تتألف من دراسة هيدرولوجية لتحديد أبعاد سد الأرض في ولاية ميديا في وادي بوكموري. وفقا لحسابات تأسيس، سيتم توقع هذا التطور 100 عاما لتخزين كمية من المياه من 31.79 مليون متر مكعب، سيكون ارتفاع السد 38.11 م.

الكلمات المفتاحية: السد ، الهيدرولوجيا ، بوكموري, حاجز.