



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

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par :

GOUDJIL Hakim

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

Option : Ouvrages et Aménagements Hydrauliques

INTITULE :

***ETUDE DE FAISABILITE DU BARRAGE DE SOUK EL TLATA
(WILAYA DE TIZI OUZOU)***

Soutenu le **30 /09 /2015** devant le jury composé de :

- Président : Mr. **A. ALLOUACHE**
- Promoteur : Mr. **A. HAMMOUCHE.**

Examineur : Mr. **I. BENDAHMANE**

Remerciements

Avant tout, je remercie DIEU qui a illuminé mon chemin et qui m'a armé de courage pour achever mes études.

Je remercie fortement mon promoteur : M^R HAMMOUCHE, Abderahmane de m'avoir orienté par ses conseils judicieux dans le but de mener à bien ce travail et à tous mes amis.

Je tiens à remercier aussi :

 *Les membres de jury pour avoir accepté d'évaluer mon travail*

 *Tous ceux qui ont contribué de près ou de loin dans l'élaboration de mon mémoire.*

GOUDJIL.

Dédicace

*A la famille
A l'amitié*

H / Goudjil

Sommaire

INTRODUCTION GENERALE

CHAPITRE I : Bassin Versant du barrage de Souk El Tlata

INTRODUCTION	2
I.1. Les caractéristiques du bassin versant	2
<i>I.1.1. Situation géographique du bassin versant du barrage.....</i>	<i>2</i>
<i>I.1.2. Situation géographique du site d'implantation du barrage.....</i>	<i>2</i>
<i>I.1.3. Caractéristiques morphologiques du bassin versant.....</i>	<i>3</i>
<i>I.1.3.1. L'ordre</i>	<i>3</i>
<i>I.1.3.2. La forme.....</i>	<i>3</i>
<i>I.1.3.3. L'élévation</i>	<i>5</i>
<i>I.1.3.4. La pente du cours d'eau.....</i>	<i>6</i>
<i>I.1.3.5. Le rectangle équivalent</i>	<i>6</i>
<i>I.1.3.6. Indice de pente globale.....</i>	<i>6</i>
<i>I.1.3.7. Indice de pente moyenne</i>	<i>8</i>
<i>I.1.3.8. Dénivelée spécifique</i>	<i>8</i>
<i>I.1.3.9. Densité de drainage</i>	<i>8</i>
<i>I.1.3.10. Profil longitudinal du cours d'eau principal</i>	<i>9</i>
I.2. Étude géologique.....	10
<i>I.2.1. Objectif de l'étude géologique.....</i>	<i>10</i>
<i>I.2.2. Les recherches réalisées sur le site.....</i>	<i>10</i>
<i>I.2.3. Géologie du réservoir</i>	<i>10</i>
<i>I.2.4. Géologie de site</i>	<i>13</i>
<i>I.2.4.1. Barrage principale</i>	<i>13</i>
<i>I.2.4.2. Digue de col.....</i>	<i>13</i>
I.3. Perméabilité et condition hydrogéologique.....	14
I.4. Etude géotechnique	14
I.5. Sismicité régionale du site.....	15
I.6. Étude climatique	15
<i>I.6.1. Caractéristiques climatiques</i>	<i>15</i>

I.6.1.1.	<i>Température</i>	15
I.6.1.2.	<i>Le vent</i>	16
I.6.1.3.	<i>Le Sirocco</i>	16
I.7.	Conclusion	17
CHAPITRE II : ETUDE HYDROLOGIQUE		
	INTRODUCTION	18
II.1	Etudes des apports	18
II.1.1	<i>Apport moyen interannuel</i>	18
II.1.2	<i>Les caractéristiques de l'écoulement</i>	19
a.	Lame d'écoulement	19
b.	Module de l'écoulement	19
c.	Module de l'écoulement relatif	19
II.1.3	<i>Coefficient de variation</i>	19
a.	Formule de SOKOLOVSKY	19
b.	Formule de L'ANTONNOV	20
c.	Formule de KRISTEKLY MENKEL	20
d.	Formule Algérienne de N.N PADOUM	20
II.2	Irrégularité des apports	20
II.2.1	<i>Estimation fréquentielle des apports</i>	20
II.2.2	<i>Répartition mensuelle de l'apport moyen annuel</i>	21
II.3	Etude des crues	22
II.3.1	<i>Test d'homogénéisation et test d'ajustement de la série hydrométrie</i>	22
II.3.2	<i>Hydrogramme de crue</i>	28
II.3.3	<i>Estimation de la crue de projet</i>	31
II.3.4	<i>Apport solide et estimation de volume mort</i>	33
II.3.5	<i>Calcul du volume mort</i>	33
	CONCLUSION	34

CHAPITRE III : Régularisation et Laminage des crues	
INTRODUCTION	34
III.1 Les courbes caractéristiques « hauteur-capacité-surface »	34
III.2 La répartition mensuelle la demande en eau AEP et Irrigation	36
III.3 La répartition mensuelle de l'apport $A_{90\%}$	36
III.4 Calcule de volume utile sans tenir compte les pertes	37
III.5 Régularisation saisonnière en tenant compte les pertes	39
<i>III.5.1 Pertes par évaporation</i>	39
<i>III.5.2 Pertes par infiltration</i>	39
III.6 Laminage des crues	42
<i>III.6.1 Laminage des crues avec la méthode de KOTCHERINE</i>	42
<i>III.6.1.1 Estimation du débit de crue laminée</i>	42
<i>III.6.1.2 Estimation de la charge sur le déversoir</i>	42
<i>III.6.2 Laminage de crue par la méthode de HILDENBLAT</i>	42
CONCLUSION	46
CHAPITRE IV : Dignes et Ouvrages Annexes	
INTRODUCTION	47
IV.1 Choix du type de barrage	47
IV.2 Profil général du barrage	47
<i>IV.2.1 Calcul de la revanche</i>	47
<i>IV.2.2 Largeur en crête</i>	49
<i>IV.2.3 Pente des talus</i>	49
<i>IV.2.4 Protection des talus</i>	50
<i>IV.2.5 Diamètre moyenne de l'enrochement et l'épaisseur minimale de la couche d'enrochement</i>	50
<i>IV.2.6 Protection de la crête</i>	51
<i>IV.2.7 Noyau argileux</i>	51
IV.3 Les matériaux de recharges	53

IV.4 Etudes des infiltrations	53
<i>IV.4.1 Ligne de saturation</i>	53
<i>IV.4.2 Débit de fuite</i>	55
IV.5 Description des ouvrages annexes	56
<i>IV.5.1 L'évacuateur de crues</i>	56
<i>IV.5.2 Vidange de fond</i>	56
<i>IV.5.3 La prise d'eau</i>	56
CONCLUSION	57
CONCLUSION GENERALE	

LISTE DES TABLEAUX

<i>Tableau (I.1) : répartition hypsométrique du bassin d'oued Bou Gdoura.</i>	5
<i>Tableau (I.2) : Classification des reliefs d'après l'ORSTOM</i>	8
<i>Tableau (I.3) : caractéristiques hydromorphométriques du bassin versant</i>	9
<i>Tableau (I.4) : Températures mensuelles. Source O.N.M</i>	16
<i>Tableau (I.5) : moyenne mensuelle de la vitesse des vents</i>	16
<i>Tableau (I.6) : Nombre des jours de sirocco</i>	17
<i>Tableau (II.1) : apports fréquents pour défier période de retour.</i>	21
<i>Tableau (II.2) : Répartition mensuelle des apports</i>	21
<i>Tableau (II.3) : Résultats du test de WILCOXON</i>	22
<i>Tableau (II.4) : résultats d'ajustement par la loi « Normale »</i>	24
<i>Tableau (II.5) : résultats d'ajustement par la loi « Gumbel ».</i>	26
<i>Tableau (II.6) : résultats d'ajustement par la loi « Log-Normale »</i>	27
<i>Tableau (II.7) : valeurs des périodes de retours et des débits nécessaires à l'élaboration de l'Hydrogramme des crues phase de crue</i>	30
<i>Tableau (II.8) : valeurs des périodes de retours et des débits nécessaires Hydrogramme des crues, phase de décrue</i>	30
<i>Tableau (II.9) : catégories des dommages résultants des crues</i>	32
<i>Tableau (II.10) : crue de projet recommandé</i>	32
<i>Tableau(III.1) : les coordonnées des courbes Hauteur- Surface- Capacité.</i>	35
<i>Tableau (III.2) : la répartition mensuelle de la demande en eau AEP+IRR</i>	36
<i>Tableau (III.3) : répartition mensuelle de l'apport $A_{90\%}$</i>	36
<i>Tableau (III.4) : volume excédentaire et déficitaire</i>	37
<i>Tableau (III.5) : Régularisation saisonnière suivant la 1^{ère} consigne</i>	38
<i>Tableau (III.6) : Valeurs de δ en fonction des conditions hydrogéologique</i>	39
<i>Tableau (III.7) : volumes des pertes dans le barrage</i>	40
<i>Tableau (III.8) : régularisation saisonnière suivant la 1^{ère} consigne.</i>	41

<i>Tableau (III.9) : les données initiales.</i>	43
<i>Tableau (III.10) : les données de départ pour la méthode de KOTCHERINE</i>	43
<i>Tableau (III.11) : débits déversés pour différentes largeurs du déversoir.</i>	44
<i>Tableau (IV.1) : les résultats du calcul de la revanche.</i>	48
<i>Tableau (IV.2) : la largeur de la crête pour les deux digues.</i>	49
<i>Tableau (IV.3) : pentes des talus</i>	49
<i>Tableau (IV.4) : Epaisseur minimale de la couche d'engrochement et D_{50} minimal.</i>	50
<i>Tableau (IV.5) : les valeurs de C en fonction de la pente du talus et du poids spécifique d'engrochement</i>	51
<i>Tableau (IV.6) : les dimensions du noyau argileux.</i>	52
<i>Tableau (IV.7) : les résultats de calcul pour l'équation (IV.8)</i>	54
<i>Tableau (IV.8) : les coordonnées de parabole de KOZENY pour la digue principale</i>	54
<i>Tableau (IV.9) : les coordonnées de parabole de KOZENY pour la digue de col</i>	54

LISTE DES FIGURES

<i>Figure (I.1) : situation géographique du barrage Souk El Tlata.</i>	3
<i>Figure (I.2) : réseau hydrographique de bassin versant du barrage</i>	4
<i>Figure (I.3) : la courbe hypsométrique.</i>	5
<i>Figure(I.4) :L'hypsométrie de bassin versant du Souk El Tlata</i>	7
<i>Figure (I.5) : profil longitudinal du cours d'eau principal</i>	9
<i>Figure (I.6) : Carte géologique de la région d'étude de centre échelle 1/50 000.</i>	11
<i>Figure (I.7) : légende de la carte géologique (figure (I.6)).</i>	12
<i>Figure (I.8) : Températures mensuelles données par la station de Tizi Ouzou.</i>	16
<i>Figure (II.1) : répartition mensuelle des apports liquides.</i>	18
<i>Figure (II.2) : Répartition mensuelle des apports fréquents</i>	21
<i>Figure (II.3) : l'ajustement à la loi Normale</i>	25
<i>Figure (II.4) : ajustement à la loi de Gumbel</i>	27
<i>Figure (II.5) : ajustement à la loi de Log-Normale</i>	28
<i>Figure (II.6) : Hydrogramme des crues pour différents périodes de retour.</i>	31
<i>Figure (III.1) : courbe « Hauteur- Capacité » $H=f(V)$</i>	36
<i>Figure (III.2) : courbe « Hauteur- Surface » $H=f(S)$</i>	36
<i>Figure (III.3) : débits déversés pour différentes charges et largeurs du déversoir.</i>	45
<i>Figure (III.4) : volume de la crue pour différentes largeurs du déversoir.</i>	45
<i>Figure (III.5) : Hydrogramme de crue à l'entrée et à la sortie pour $b=126m$.</i>	46
<i>Figure (IV.1) : représentation de la ligne de saturation</i>	55

LISTE DES ABREVIATIONS

- A** : Superficie du bassin. (Km^2)
- A₀** : Apport moyen interannuel. (m^3)
- A_i** : Superficie entre deux courbes de niveau. (Km^2)
- A_F** : Apport fréquentiel. (hm^3)
- A_{90%}** : Apport mensuel à 90%. (hm^3)
- b** : Largeur du déversoir. (m).
- C_v** : Coefficient de variation.
- D_d** : Densité de drainage.
- DR** : Densité relative naturelle.
- Ds** : Dénivelée spécifique.
- E_s** : Lamme d'eau évaporée.(m)
- h** : Lamme d'écoulement. (Mm)
- h_{max}** : Altitude max. (m)
- h_{min}** : Altitude min. (m)
- H** : Dénivelée maximale. (m)
- H_{moy}** : Elévation moyenne du bassin. (m)
- I_g** : Indice de pente globale.
- I_m** : Indice de pente moyen.
- K** : Coefficient de réduction.
- K_c** : Coefficient de compacité.
- k_f** : Coefficient de forme.
- l** : longueur totale. (m)
- L** : Longueur de rectangle équivalent. (m)
- L_u** : longueur d'un vecteur d'ordre u. (km)
- L_{cp}** : Longueur du cours d'eau principal. (km^2)
- M_e** : Module de l'écoulement. (l/s)
- M₀** : Module de l'écoulement relatif. ($l/s/km^2$)
- m** : Coefficient de débit.
- N** : nombre d'observation.
- n_i** : rang de la valeur de débit.

- P** : Périmètre du bassin versant.(Km)
- p_{moy}** : **Pente** de cours d'eau. (%)
- q_m** : Débit de la montée. (m³/s)
- Q** : Débit de crue du projet. (m³/s)
- Q(t)**: Débit de crue entrant à l'instant (t). (m³/s)
- q(t)** : Débit déversé par l'évacuateur de crue (laminé). (m³/s)
- q_d** : Débit de la décrue. (m³/s)
- q_{max}** : Débit maximum de la crue de fréquence considérée. (m³/s)
- S** : Surface du plan d'eau à l'instant (t). m²
- S_{moy}** : Surface moyenne.(km²)
- S_i** : Surface du plan d'eau correspondant à la courbe de niveau H_i.(m²)
- S_{i+1}** : Surface du plan d'eau correspondant à la courbe de niveau H_{i+1}.(m²)
- T** : Temps d'une année. (s)
- T_b** : Temps globale de la crue. (s)
- T_c** : Temps de concentration exprimé. (h)
- T_s** : Transport solide. (t/km²/an)
- t_m** : Temps de la montée. (h)
- t_d** : Temps de la décrue. (h)
- U** : Demande en eau AEP+IRR. (hm³)
- V_F** : Volume de charge sur le déversoir. (hm³)
- V_c** : Volume de la crue du projet. (m³)
- U_F** : Variable réduite de Gauss.
- V_m** : Volume mort. (m³)
- V_{moy}** : Volume moyen. (m³)
- V_{NNR}** : Volume au niveau normal du barrage.(hm³)
- V_{rf}** : Volume de remplissage final.(hm³)
- V_{ri}** : Volume de remplissage initial. (hm³)
- V_{év}** : Volume évaporé.(hm³)
- V_{rf,i}et V_{rf,i+1}** : Volume du barrage de deux mois successives.(m³)
- V_{inf}** : Pertes par infiltration.(hm³)
- W_L** : limite de liquidité (%)

W_n : Teneur en eau optimum. (%)

Q_s : Débit solide. (t/an)

ρ_m : Pente du cours d'eau. (%)

α : Paramètre caractérisant la perméabilité du bassin versant.

γ_d : Densité sèche optimum. (t/m³)

γ_s : Poids spécifique des grains. (t/m³)

μ : Moyenne de la population étudiée.

δ_s : Poids spécifique des sédiments. (t/m³)

σ : Ecart-type de la population étudiée.

ΔH : Différence d'altitude entre les deux courbes de niveau successives.

ΔV_i : Volume élémentaire compris entre deux courbes de niveau successives. (m³)

Introduction Générale

L'Algérie comme la plupart des pays sous-développés vivent une véritable crise de l'eau, une sécheresse abondante dans certaines régions et des inondations dans d'autres. Ce qui nous pousse à réfléchir au problème deux fois plus.

La mobilisation des ressources en eau par le pouvoir public a franchi une étape importante par l'édification des barrages, qui est une solution très largement utilisée pour résoudre ce problème. Dans ce cadre, la wilaya de Tizi Ouzou a bénéficié de plusieurs barrages.

Notre projet d'étude de faisabilité du barrage de Souk El Tlata, qui est destiné au renforcement et au transfert du barrage de Taksebt vers Alger et Boumèrdes et à l'irrigation des terres agricoles de cette région.

Le contenu comprendra quatre chapitres. Nous allons faire une analyse de bassin versant afin d'obtenir les caractéristiques morphologiques, les conditions géologiques et géotechniques pour le site de construction du barrage.

Puis, on traitera en détail les données hydrométriques de la station Tala IMEDRANE en vue du calcul de l'hydrogramme de crue, de l'estimation et le choix de la crue de projet, transport solide et l'estimation du volume mort.

On consacra un chapitre pour l'étude de la régularisation des apports en fonction de la destination de l'aménagement hydraulique.

On terminera par un chapitre d'analyse de la variante choisie, des infiltrations et une description des ouvrages annexes.

Notre barrage sera-t-il faisable ?

CHAPITRE I

BASSIN VERSANT DU BARRAGE DE SOUK EL TLATA

INTRODUCTION

Le bassin versant, caractérisé par la présence d'un cours d'eau, est défini comme étant la totalité de la surface topographique drainée par ce cours d'eau et ses influents à l'amont de la section ; tous les écoulements prenant naissance à l'intérieur de cette surface doivent traverser la section considérée pour poursuivre leur trajet vers l'aval.

Le bassin versant fonctionne comme un collecteur chargé de recueillir la totalité des pluies et de les transformer en écoulement concentré vers l'exutoire. Cette transformation ne va pas sans pertes en eau, ces pertes dépendent des conditions climatologiques régnant sur le bassin, mais aussi des caractéristiques physiques de ce dernier. D'autre part, l'hydrologue ne s'intéresse pas qu'au volume total évacué à l'exutoire, mais aussi à la manière dont ce volume se répartit dans le temps (problème de l'hydrogramme) : là encore les caractéristiques du bassin interviennent. Dans cet ordre d'idées, le bassin versant peut être caractérisé par sa morphologie (forme, relief, réseau de drainage), la nature du sol et la couverture végétale. On peut facilement se faire une idée qualitative du mode d'action de ces différents facteurs sur la transformation des pluies en écoulement.

I.1. Les caractéristiques du bassin versant

I.1.1. Situation géographique du bassin versant du barrage

Le bassin versant du barrage est situé dans la région comprise entre 3°45' et 4°05' longitude est, 36°25' et 36°45' de latitude nord. Après assemblage de quatre cartes d'états major d'une échelle 1/50 000 (annexe 1), la délimitation de bassin versant est fait à l'aide de MapInfo.

I.1.2. Situation géographique du site d'implantation du barrage

Le site du barrage de Souk El Tlata est situé sur l'oued Bou Gdoura à l'extrémité occidentale de la Grande Kabylie à 12 Km de chef-lieu de la wilaya de Tizi Ouzou.

Le réservoir sera constitué essentiellement par deux branches formées de la vallée de l'Acif Tlata et du Tala Imerdrane, qui confluent tout en amont du site de barrage et s'engagent dans une gorge, choisie pour établir la digue de barrage.

Le fond de la rivière est caractérisé par un niveau estimée à 64 m NGA et une largeur de 50m. Les flancs de la vallée du site d'implantation du barrage sont d'une hauteur de 150m et d'une largeur de 200 m au sommet.

La rive gauche du site est constituée par une longue petite chaîne qui diminue en hauteur à l'aval de l'axe du barrage, à tel point qu'il devient nécessaire de construire une digue de col.



Figure (I.1) : situation géographique du barrage Souk El Tlata.

I.1.3. Caractéristiques morphologiques du bassin versant

Les caractéristiques physiques d’un bassin versant jouent un rôle essentiel dans l’étude de certaines composantes du cycle hydrologique (écoulement, infiltration, etc.). Les plus importantes sont :

I.1.3.1. L’ordre

Le réseau hydrographique est composé d’un cours d’eau principal et d’une série de tributaires dont les ramifications s’étendent vers les parties les plus hautes du bassin versant.

[1]

La figure (I.2) montre le réseau hydrographique de bassin versant du barrage Souk El Tlata.

I.1.3.2. La forme

La forme d’un bassin est la configuration géométrique telle que projetée sur un plan horizontal. Elle affecte directement son temps de réponse, c’est-à-dire le temps de parcours des eaux à travers le réseau de drainage, et par conséquent le type des hydrogrammes. [1]

Pour déterminer la forme du bassin du Souk El Tlata, on a utilisé l’indice suivant :

- **Coefficient de compacité k_c**

Le coefficient, déterminé par GRAVELIUS, définit le rapport du périmètre du bassin et la circonférence du cercle ayant la même superficie que le bassin. La formule du calcul est la suivante :

$$K_c = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}} \dots\dots\dots (I.1)$$

Avec :

P : le périmètre du bassin versant en km

A : superficie du bassin km^2

Après l’application numérique on trouvera : **$K_c = 1.44$**

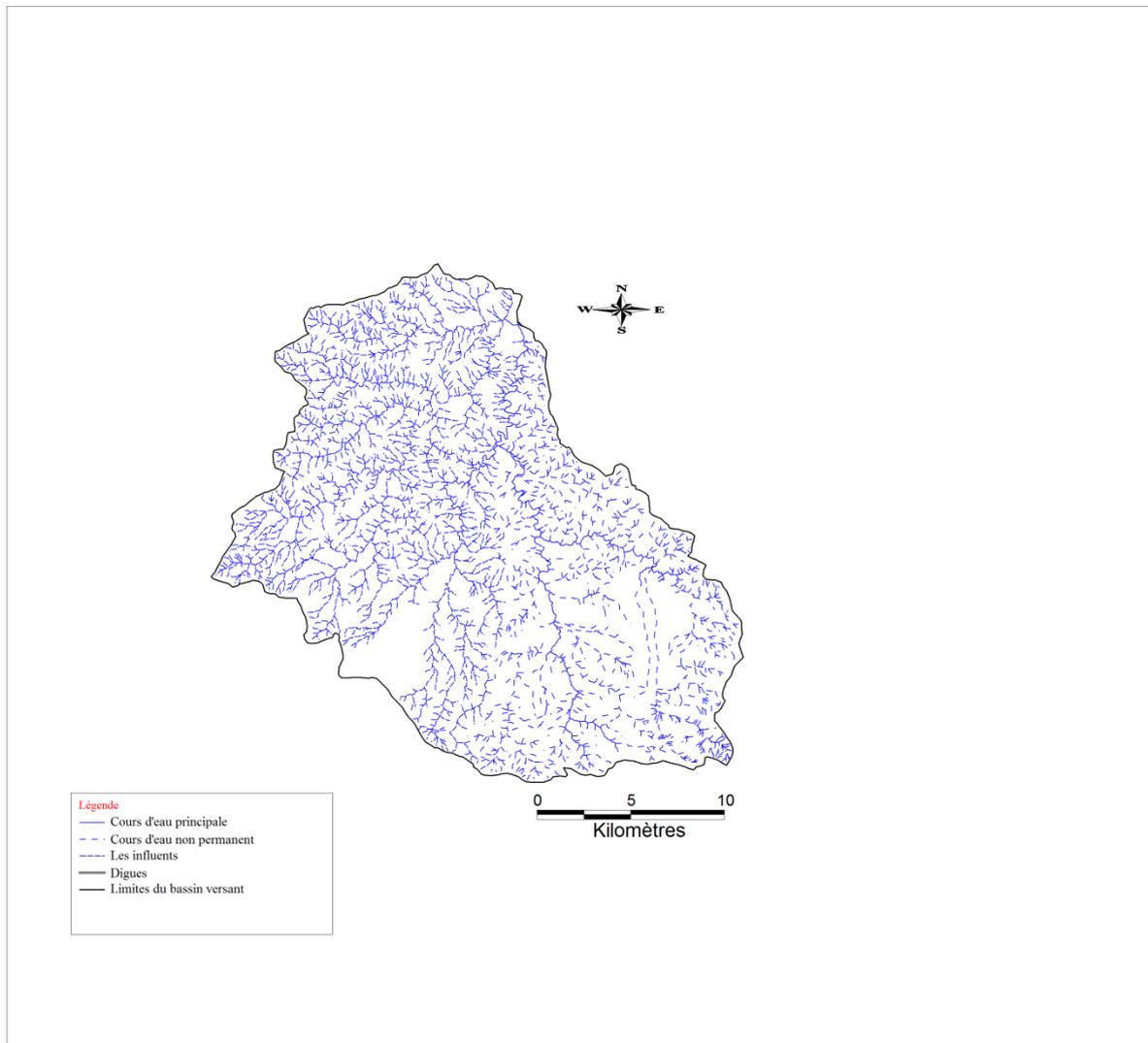


Figure (I.2) : réseau hydrographique de bassin versant du barrage

I.1.3.3. L'élévation

Les variations d'élévations à l'intérieur d'un bassin ainsi que son élévation moyenne sont des données essentielles à l'étude de la température et de la précipitation. Le portrait le plus précis de l'élévation d'un bassin est donné par sa courbe « hypsométrique ». Cette courbe exprime le pourcentage de superficie du bassin, au-delà d'une certaine élévation. [1]

L'hypsométrie de bassin versant d'oued Bou Gdoura est donnée dans le tableau (I.1)

Tableau (I.1) : répartition hypsométrique du bassin d'oued Bou Gdoura.

Altitude (m)	A _i entre les courbes (km ²)	A _i cumulées (km ²)	A _i en pourcentage (%)	A _i en pourcentage cumulées
2167-1000	31.14	31.14	6.68	6.86
1000-800	22.76	53.9	4.88	11.56
800-600	46.2	100.2	9.90	21.46
600-400	129	229.2	27.65	49.11
400-200	212	441.1	45.45	94.56
200-64	25.32	466.49	5.44	100

La figure (I.3) représente la courbe hypsométrie du bassin caractérisée par les valeurs sus- indiqués au tableau (I.1).

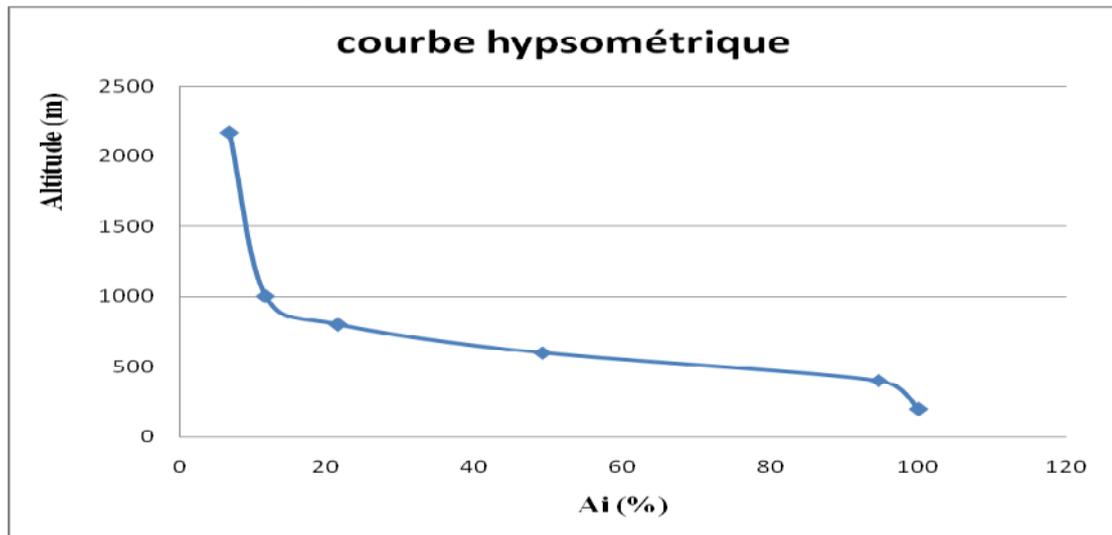


Figure (I.3) : la courbe hypsométrique.

Si A_i est la superficie entre deux courbes de niveau et h l'élévation moyenne entre les deux courbes, l'élévation moyenne du bassin est :

$$H_{moy} = \frac{\sum A_i \cdot h}{A} \dots\dots\dots (I.2)$$

Où A est la superficie totale du bassin.

L'application numérique donne :

$$H_{moy} = 529 \text{ m}$$

L'hypsométrie de bassin versant du Souk El Tlata est montrée dans la figure (I.4).

1.1.3.4. La pente du cours d'eau

Parmi les méthodes utilisées pour le calcul de la pente longitudinale du cours d'eau, celle que l'on rencontre le plus souvent consiste à diviser la dénivellation maximale du cours d'eau (différence de niveau entre le point le plus éloigné et l'embouchure) par sa longueur totale. Le calcul de la pente est donné par la formule suivante : [1]

$$\rho_m = \frac{H}{l} \dots\dots\dots (I.3)$$

Avec :

ρ_m : la pente du cours d'eau en % ;

H : la dénivelée maximale en m ;

l : longueur totale en m ;

$$\rho_m = 13.1\%$$

1.1.3.5. Le rectangle équivalent

Le rectangle équivalent ou rectangle de GRAVELIUS, s'agit d'une transformation purement géométrique en vertu de laquelle on assimile le bassin à un rectangle ayant le même périmètre et la même superficie. De cette façon, les courbes de niveau deviennent des droites parallèles aux petits côtés du rectangle, et l'exutoire est l'un de ces petits côtés. [1]

$$L, l = K_c \frac{\sqrt{A}}{1.12} \left[1 \pm \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{K_c} \right)^2} \right] \dots\dots\dots (I.4)$$

Avec :

A : superficie du bassin versant (km²) ;

K_c : coefficient de compacité ;

Par l'application numérique on trouvera :

$$L = 70.56 \text{ km}, l = 11.53 \text{ km}$$

1.1.3.6. Indice de pente globale

Il est défini comme étant le rapport entre l'altitude comprise entre 5% et 95% de la surface du bassin et, à la longueur du rectangle équivalent. [2]

$$I_g = \frac{D}{L} = \frac{H_5 - H_{95}}{L} \dots\dots\dots (I.5)$$

Avec :

$$H_{5\%} = 1418.1 \text{ m et } H_{95\%} = 231.9 \text{ m}$$

Par l'application numérique on trouvera :

$$I_g = 16.81 \text{ m/km}$$

Figure(I.4) :L'hypsométrie de bassin versant du Souk El Tlata

1.1.3.7. Indice de pente moyenne

L'indice de pente moyenne est le rapport entre la dénivelée et la longueur de rectangle équivalent. [2]

$$I_m = \frac{\Delta H}{L} = \frac{H_{\max} - H_{\min}}{L} \dots\dots\dots (I.6)$$

Par l'application numérique on trouvera :

$$I_m = 3.1\%$$

1.1.3.8. Dénivelée spécifique

La dénivelée spécifique permet d'utiliser la classification de l'O.R.S.T.O.M (tableau (I.2)) qui nous permet de définir les différents types de relief des bassins versants quelque soient leurs superficies. [2]

$$D_s = I_g \sqrt{A} \dots\dots\dots (I.7)$$

Par l'application numérique on trouvera :

$$D_s = 363.07 \text{ m}$$

Tableau (I.2) : Classification des reliefs d'après l'ORSTOM

R1	Relief très faible	$D_s < 10 \text{ m}$
R2	Relief faible	$10 < D_s < 25 \text{ m}$
R3	Relief assez faible	$25 < D_s < 50 \text{ m}$
R4	Relief modéré	$50 < D_s < 100 \text{ m}$
R5	Relief assez fort	$100 < D_s < 250 \text{ m}$
R6	Relief fort	$250 < D_s < 500 \text{ m}$
R7	Relief très fort	$D_s > 500$

D'après la classification de l'ORSTOM, on déduit que le bassin versant du barrage Souk El Tlata est de reliefs forts.

1.1.3.9. Densité de drainage

La densité de drainage est définie comme étant le rapport entre la longueur des canaux d'écoulement et la superficie du bassin. [1]

$$D_d = \frac{\sum l_u}{A} \dots\dots\dots (I.8)$$

Où :

L_u : longueur d'un vecteur d'ordre (3) en km ;

A : superficie du bassin km^2 ;

Donc :

$$D_d = 0.14 \text{ km/km}^2$$

I.1.3.10. Profil longitudinal du cours d'eau principal

Le profil longitudinal est un graphique représentant des différentes élévations du fond du cours d'eau en fonction de la distance à l'embouchure. [1]

La figure (I.5) représente le profil longitudinal du cours d'eau principal.

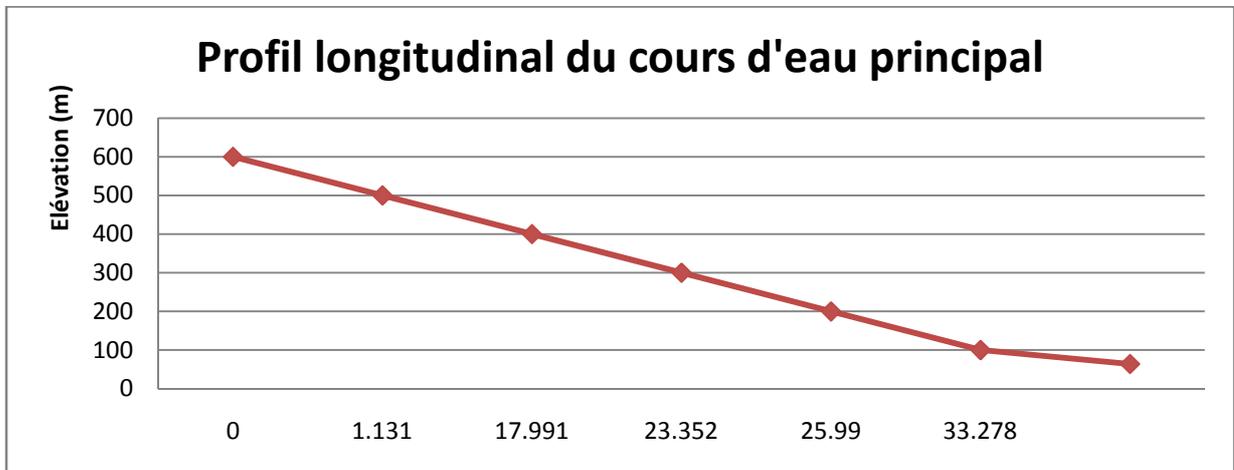


Figure (I.5) : profil longitudinal du cours d'eau principal

Tous les résultats de calcul sont récapitulés dans le tableau (I.3).

Tableau (I.3) : caractéristiques hydromorphométriques du bassin versant

Désignation	Unité	Symboles	Quantité
superficie	Km ²	A	466.49
Périmètre	Km	P	111.2
Altitude max	m	h_{max}	2167
Altitude min	m	h_{min}	64
Altitude moy	m	h_{moy}	529
Coefficient de compacité	/	k_c	1.44
La pente de cours d'eau	%	p_{moy}	13.1
Densité de drainage	Km/km	D_d	0.14
Longueur de rectangle équivalent	Km	L	70.56
Largeur de rectangle équivalent	km	l	11.53
Dénivelée spécifique	m	D_s	363.07
Indice de pente moyen	%	I_m	3.1
Indice de pente globale	%	I_g	1.7

I.2. Étude géologique

I.2.1. Objectif de l'étude géologique

L'étude géologique a pour le but d'étudier la géologie du site du barrage et de définir les caractéristiques géologiques principales, ainsi que la perméabilité et la stabilité des fondations de la digue et de la cuvette.

I.2.2. Les recherches réalisées sur le site

La campagne de reconnaissance de 1987 à 1988, effectuée par l'entreprise Yougoslave GEOSONDA a réalisé plusieurs forages à fin de savoir la structure géologique de site et de la cuvette, [3].

Dans le site du barrage, l'entreprise a réalisée 25 forages carottés, dont 4 dans le lit de l'oued Bou Gdoura, 4 dans la zone d'appui en rive droite, 11 dans la zone d'appui en rive gauche et 6 dans la zone d'assise du barrage auxiliaire.

Pour évaluer la qualité et la quantité des matériaux de construction disponibles dans la retenue et à l'aval du barrage, GEOSONDA a réalisée 22 forages dans les zones d'argile pour le noyau et 16 forages pour les alluvions de recharge.

I.2.3. Géologie du réservoir

Les formations géologiques intéressées par le réservoir sont illustrées par la carte géologique (figure I.6).

Les roches qui affleurent sur les flancs des vallées de l'Acif Tlata Imerdrane et de l'Acif Tlata appartiennent à la série cristallophyllienne du massif primaire Kabyle.

Le socle gneissique et migmatitique de la Grande Kabylie est recouvert de roches cristallophylliennes, ce que signifie que les terrains inondés appartiennent à la série terminale du socle métamorphique paléozoïque.

Il s'agit généralement de schistes lustrés ou phyllades et de micaschistes. On a affaire à trois lithofaciés :

- Phyllades : schiste séricitiques et chloritographiteux avec veines et glands de quartz ;
- Phyllades gneissiques : traversées de nombreux filons de gneiss et Q-pegmatite ;
- Micaschistes : schiste plus ou moins micacés et plus ou moins granulitisées (gneiss ocellés) ;

Dans la vallée de l'oued Agueroun, on observe des affleurements de terrain sédimentaire tertiaires qui appartiennent à la formation molassique du burdigalien (miocène inférieur) et qui sont caractérisés par des pélites plus ou moins carbonatque bleuâtres et par des grès fins, tendres, à ciment sédritique.

Les formations du pliocène ou plioquaternaire sont les poudingues des terrasses du sommet des collines argileuses de la vallée de l'Oued Agueroun, déposées par un ancien cours d'eau.

Les terrains plus récents sont caractérisés par des dépôts alluvionnaires des lits des oueds, par des colluvions détritiques argileuses qui affleurent surtout au pied des pentes constituées de phyllades et subsidiairement par des éboulis, situés légèrement à l'amont de la gorge de Souk El Tlata.

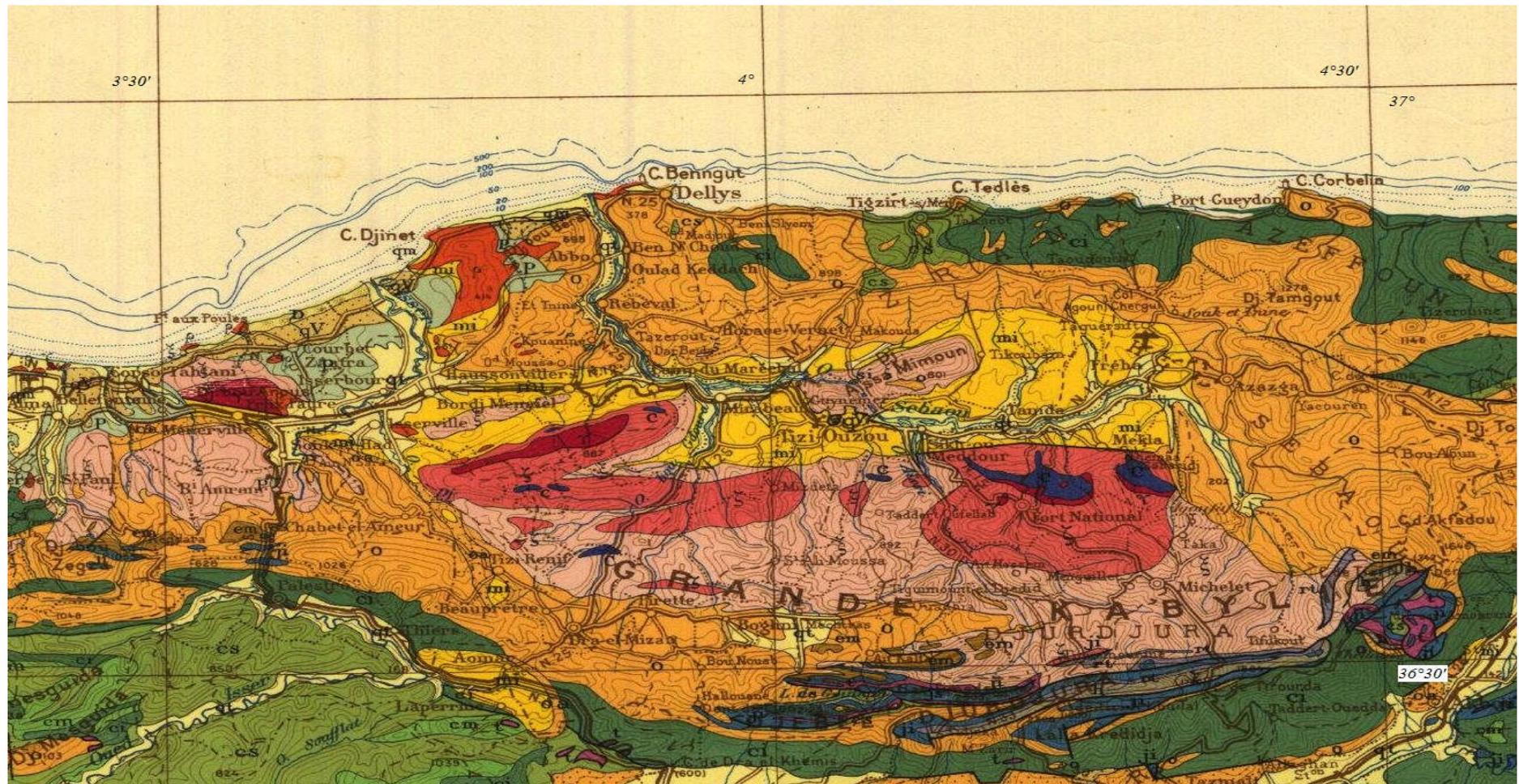


Figure (I.6) : Carte géologique de la région d'étude de centre échelle 1/50 000.

Figure (I.7) : légende de la carte géologique (figure (I.6))

I.2.4. Géologie de site

I.2.4.1. Barrage principale

La formation géologique du barrage principale (la digue principale) est composée par,[3] :

a. Grès burdigaliens

Les burgaliens sont gréseux d'une façon assez homogène mais avec, toutefois, des bancs intercalaires organogènes ; il s'agit des grès à éléments sableux moyens-fins, à ciment carbonatique-sidéritique, tendres à mi-durs.

Les grès burdigaliens sont stratifiés en bancs, les joints de stratification plongent vers le nord, et donc vers l'aval selon la direction d'écoulement de l'oued, avec un pendage de 15-20°.

Les grès non altérés sont de couleur grise, mais les roches altérés par hydrothermalisme ferrugineux présentent une couleur beige foncées à rouge brique.

b. Les Alluvions

Sont les sédiments du lit de l'oued. A la surface de l'oued Bou Gdoura, elles sont constituées par du tout-venant, presque complètement exploité à 2 m de profondeur, le matériau devient plus sableux.

Du point de vue pétrographique, les éléments sont dans une mesure prépondérante, des gneiss et des Q-pegmatite (43%), suivent les calcaires (29%), les micaschistes (22%) et les grès (6%). Il s'agit en général de gravier argileux et de sable limo-argileux.

La profondeur des alluvions de l'oued Bou Gdoura dans la zone de la gorge de Souk El Tlata varie de 20 à 21m.

La couche alluviale recouvre des phyllades, de schisteuses à très laminées, en amont de l'axe et de grès homogènes en aval de ce dernier.

c. Les Poudingues

Elles occupent une surface importante dans la colline d'appui du barrage en rive gauche et remplissent une vallée épigénétique profonde.

En surface, l'altération les a transformées en un sol graveleux-sableux avec une matrice importante de limon argileux, tandis qu'en profondeur, elles deviennent très compactes, avec des horizons très fortement cimentés.

Du point de vue granulométrique, les poudingues sont composés de gravier argileux avec cailloux, de forme ronde, avec des blocs isolés qui peuvent atteindre le volume de 0.25 à 1 m³.

Du point de vue pétrographique, les éléments sont dans une mesure prépondérante, des gneiss et des Q-pegmatites (58%), suivent les schistes micacés et les micaschistes (30%), puis les calcaires (3%) et les grès (1%) ; des argiles vertes représentent le (8%).

I.2.4.2. Digue de col

Les pélites écailleuses burdigaliennes constituent la roche de fondation du barrage auxiliaire, situé sur la colline de rive gauche de l'oued Bou Gdoura.

A l'état non altéré, ces pélites sont très consistantes, de haute plasticité, avec une teneur en carbonates comprise entre 17 et 21%. L'altération chimique atteint la profondeur max, de 10 m et elle est très marquée jusqu'à 6 m de profondeur, où les matériaux deviennent moins plastiques et où la teneur en carbonates est légèrement inférieure ($\cong 16\%$). La couche superficielle altérée est soumise des mouvements de masse.

Les pélites burdigaliennes sont imperméables ; les essais Lugeon exécutés ont donné des coefficients de perméabilité entre 1.10^{-4} et 3.10^{-5} cm/s. il est possible toutefois que, les perméabilités soient supérieures, surtout le long des plans de rupture qui forment le réseau structural de la zone.

I.3. Perméabilité et condition hydrogéologique

Pour les alluvions de l'oued Bou Gdoura, le coefficient de perméabilité K varie entre 5.10^{-1} et 5.10^{-6} cm/s, ce qui met en évidence l'hétérogénéité du sol.

Les coefficients de perméabilité des poudingues pliocènes, qui suivent assez bien une distribution normale, montrent des faibles perméabilités (5.10^{-5} – 5.10^{-7} cm/s), dues surtout au degré élevé de consolidation et à une certaine cimentation.

En ce qui concerne les grès, la différence de perméabilité entre les deux versants de l'oued Bou Gdoura est faible.

Dans la zone des appuis (formation gréseuse), la nappe souterraine est profonde, ce qui révèle que les fractures des massifs rocheux sont communicantes.

Les poudingues pliocènes de la colline de rive gauche sont le siège de poche d'eau souterraine, confinées dans les matériaux moins perméable, [3].

I.4. Etude géotechnique

L'étude géotechnique du barrage Souk El Tlata est basée essentiellement sur :

- Reconnaissance des sols ;
- Essais de laboratoires.

Les caractéristiques géotechniques essentielles sont données comme suit :

1. Colluvions argileuses

- Limite et l'indice de consistance :
 $W_L = 11 \pm 4 \%$
 $I_p = 16.6 \pm 5 \%$
- Densité sèche optimum : $\gamma_d = 1.83 \pm 0.05 \text{ t/m}^3$

2. Alluvions graveleuses de l'oued Bou Gdoura

- Densité relative naturelle : $DR = 0.59 \pm 0.2$
- Densité sèche optimum : $\gamma_d = 2.13 \pm 0.03 \text{ t/m}^3$
- Teneur en eau optimum : $W_n = 7.3 \pm 0.5$

3. Grès burdigaliens

- Limite et l'indice de consistance :
 $W_L = 27.4 \%$
 $I_p = 12.2 \%$

4. Pélites altérées

- Limite et l'indice de consistance :
 $W_L=44 \pm 2.5 \%$
 $I_p=22.5 \pm 3 \%$
- Poids spécifique des grains : $\gamma_s=2.72 \pm 0.04 \text{ t/m}^3$
- Teneur en eau naturelle : $W_n= 7.55 \pm 3.1 \%$
- Teneur en eau optimum : $W_n=17.5 \pm 1 \%$
- Densité sèche : $\gamma_d= 2.08 \pm 0.2 \text{ t/m}^3$
- Densité sèche optimum : $\gamma_d=1.73 \pm 0.04 \text{ t/m}^3$

5. Poudingues pliocènes

- Limite et l'indice de consistance :
 $W_L=34.1 \pm 2.5 \%$
 $I_p=10.5 \pm 1.9 \%$
- Densité sèche naturelle : $\gamma_d= 1.97 \text{ t/m}^3$
- Densité sèche optimum : $\gamma_d= 2.27 \pm 0.03 \text{ t/m}^3$
- Poids spécifique des grains : $\gamma_s=2.66 \pm 0.005$
- Teneur en eau optimum : $W_n= 4.7 \pm 0.8 \%$

I.5. Sismicité régionale du site

La zone du barrage appartient à une région sismotectonique de faible à moyenne activité « zone II ».

Néanmoins, le site de barrage n'est pas très distant des accidents tectoniques transversaux, et il est possible que la zone du barrage Souk El Tlata puisse ressentir, bien qu'affaiblie par la distance, les secousses des séismes des régions sismotectoniques actives.

Aucun foyer sismique n'a été enregistré au site de barrage pendant plus de 200 années, dans un rayon d'au moins 40 km.

I.6. Étude climatique

I.6.1. Caractéristiques climatiques

Pour la zone étudiée, la station la plus représentative qui dispose des enregistrements est celle de Tizi Ouzou (code. 021703) appartenant au réseau O.N.M.

Les données climatiques considérées essentiellement les précipitations, les températures et d'autres phénomènes climatiques (vent, insolation, humidité, etc.)

I.6.1.1. Température

Le climat est caractérisé par une saison froide relativement tempérée, durant laquelle des perturbations cycloniques apportent des pluies souvent substantielles surtout sur les reliefs, suivies d'une période chaude. La température moyenne annuelle au niveau de la station de Tizi Ouzou est de 18°C.

Les températures enregistrées à la station de Tizi Ouzou sont données au tableau (I.4).

Tableau (I.4) : Températures mensuelles. Source O.N.M

Mois	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MARS	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOÛT	Moyenne Annuelle
Tmin°C	18	14.6	10.8	8.5	7.2	7.7	8.3	9.9	12.7	16.3	19.2	19.7	12.7
Tmax°C	21.9	24.3	19.9	17.4	16.3	16.8	18.1	19.2	21.9	25.4	29.0	28.7	22.0
Tmoy°C	21.9	19.0	15.0	12.0	11.3	11.7	12.6	14.4	17.4	20.8	24.0	24.8	17.1

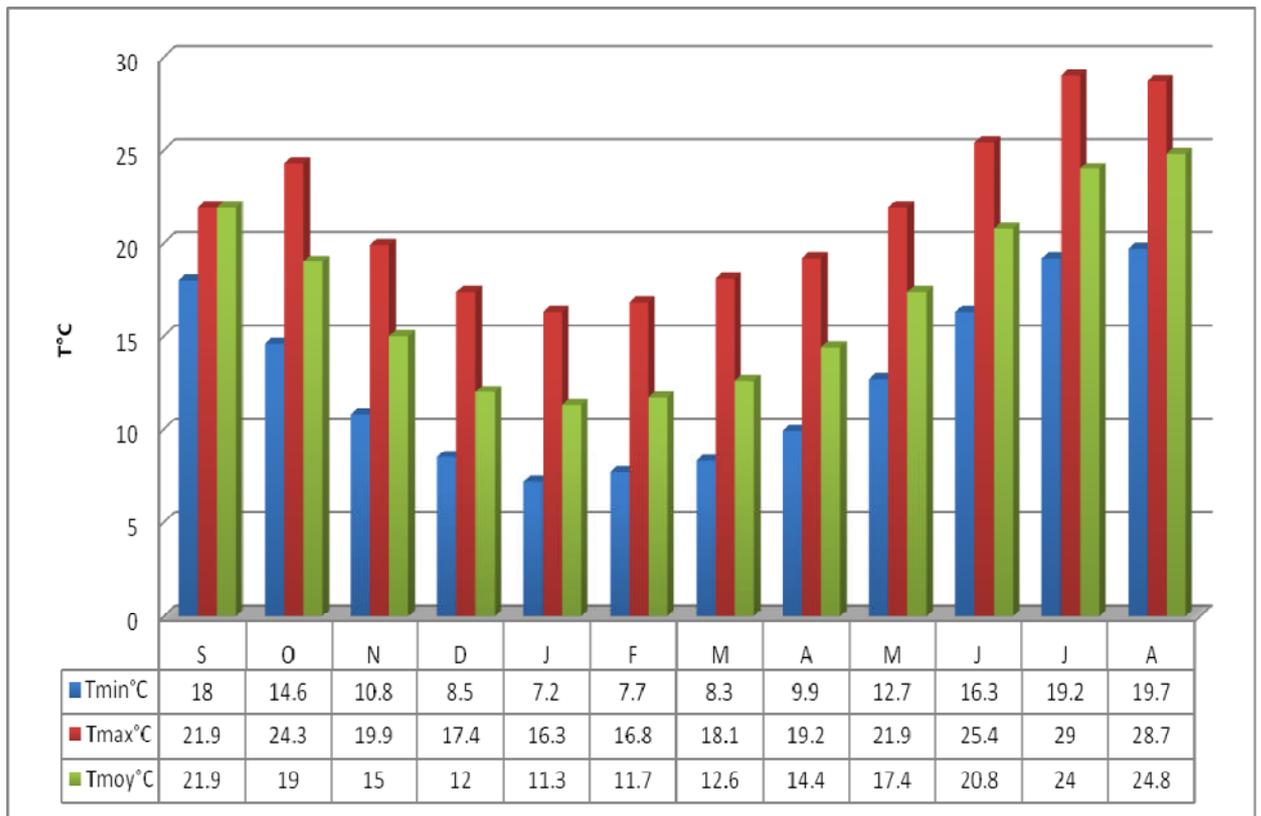


Figure (I.8) : Températures mensuelles données par la station de Tizi Ouzou.

1.6.1.2. Le vent

La vitesse moyenne des vents est considérée comme « modérée » [2.5 m/s]. A Tizi Ouzou les vents les plus forts soufflent à la fin de l’automne et de printemps sur la direction Est-Ouest.

La vitesse des vents enregistrés à la station sont données au tableau (I.5).

Tableau (I.5) : moyenne mensuelle de la vitesse des vents

Mois	Jan	Fév	Mars	Av	Mai	Juin	Juill	Août	Sep	Oct	Non	Déc	Moyenne Annuelle
Vitesse [m/s]	2.7	2.7	2.9	2.8	2.5	2.3	2.3	2.3	2.2	2.5	2.9	3.0	2.6

Source : ONM

1.6.1.3. Le Sirocco

Le sirocco a une fréquence maximale pendant l’été, spécialement en juillet et août. Il se manifeste comme une chaleur forte qui produit la sécheresse de la végétation. Le nombre des jours de sirocco, est donné pour la station de Tizi Ouzou dans le tableau (I.6).

Tableau (I.6) : Nombre des jours de sirocco

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juill	Août	Sep	Oct	Nov	Déc	Total Annuel
Nombre de jours	0.0	0.3	1.3	1.5	2.4	4.0	8.5	8.8	5.2	3.6	1.6	0.2	37.3

Source : ONM

I.7. Conclusion

Après la détermination des caractéristiques morphologiques du bassin versant du barrage de Souk El Tlata, on constate que :

- Le bassin versant à une superficie de 466.49 km² ;
- D'après la classification de l'ORSTOM, on peut dire que la vitesse de ruissellement (la vitesse de drainage) est importante ;

L'analyse des données géologiques obtenues sur le terrain et au laboratoire montre que :

- Les conditions géologiques et géotechniques du site ne permettent pas de réaliser un barrage en béton ;
- Les fractures et les contacts stratigraphiques sont donc des chemins potentiels de fuite de l'eau du réservoir. C'est dans la colline de rive gauche que les risques sont les plus élevés ;
- Les terrains du réservoir, mettent à notre disposition des matériaux nécessaires pour la construction d'un barrage avec des matériaux locaux ;

CHAPITRE II

ETUDE HYDROLOGIQUE

INTRODUCTION

L'étude hydrologique est une discipline primordiale pour la réalisation d'un ouvrage hydraulique. Le but est de mettre en évidence les paramètres hydrologiques de l'oued tels que les débits des crues, les apports du bassin versant « apports liquides et solides » qui constituent la base de dimensionnement des ouvrages constituant l'aménagement.

Les paramètres hydrologiques essentiels à l'étude sont :

- Les précipitations ;
- Les apports liquides ;
- Les apports solides ;
- Les crues et leurs caractéristiques.

II.1 Etudes des apports

II.1.1 Apport moyen interannuel

L'apport interannuel de l'oued et la répartition mensuelle des apports liquides moyens (figure (II.1)) du cours d'eau de Tala Imedrane est calculé et déduit à partir de la série hydrométrique de la station Tala Imedrane code: 021909 (annexe 2).

- L'apport interannuel de l'oued est de **150 hm³**
- La répartition mensuelle des apports liquides moyens est montrée dans la figure (II.1) ci-dessous.

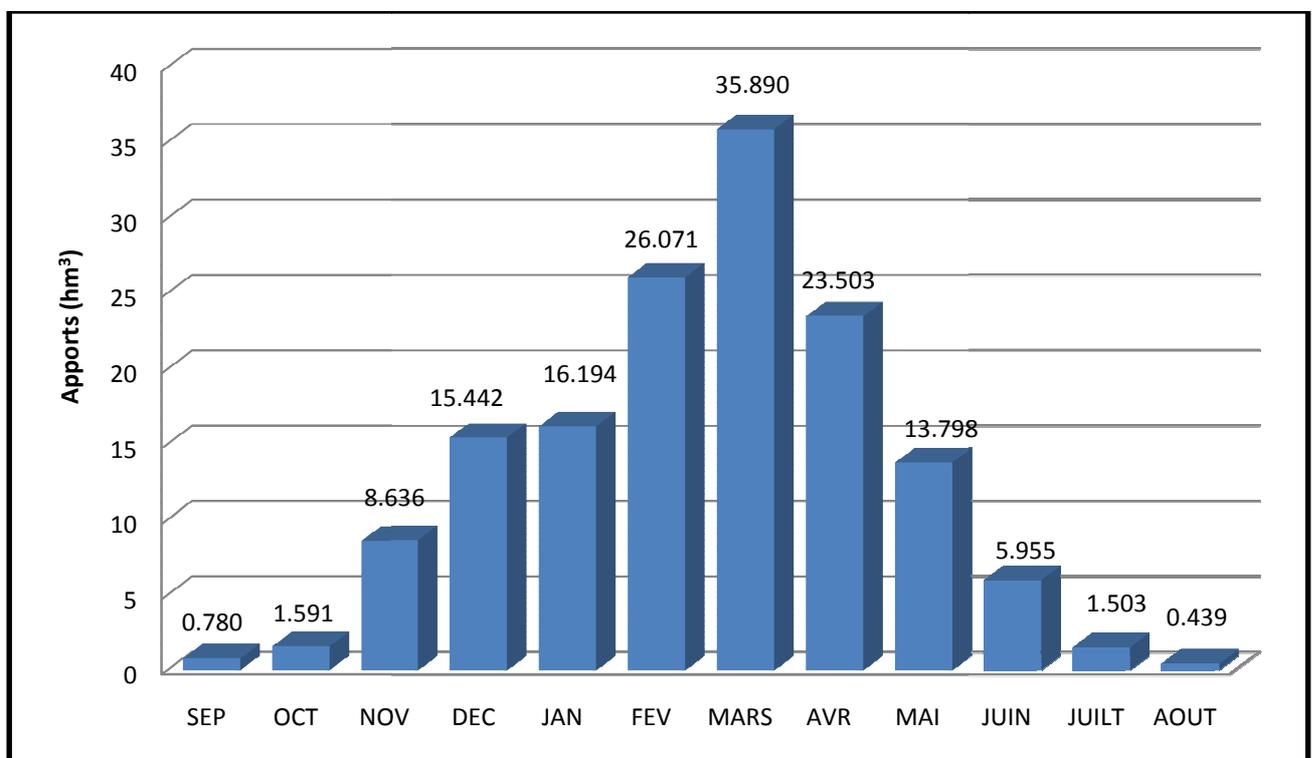


Figure (II.1) : répartition mensuelle des apports liquides.

II.1.2 Les caractéristiques de l'écoulement

Le calcul des différentes caractéristiques d'écoulements sont présentées comme suit, [4] :

a. lame d'écoulement

La lame d'écoulement est donnée par la formule suivante:

$$h = \frac{A_0}{A} \cdot 10^3 \dots\dots\dots (II.1)$$

Avec :

h : lame d'écoulement en mm ;

A_0 : apport moyen interannuel en m^3 ;

A : surface du bassin versant en m^2 .

En appliquant la formule ci-dessus on trouvera :

$$h=321.55 \text{ mm}$$

b. Module de l'écoulement

Le module d'écoulement est calcul par la formule ci-dessus :

$$M_e = \frac{A_0}{T} \dots\dots\dots (II.2)$$

Avec :

M_e : module de l'écoulement (l/s) ;

A_0 : apport moyen interannuel (m^3) ;

T : temps d'une année en secondes $T=31.536 \cdot 10^6$ s.

Par application numérique on trouvera :

$$M_e= 4756.47 \text{ l/s}$$

c. Module de l'écoulement relatif

$$M_0 = \frac{M_e}{A} \dots\dots\dots (II.3)$$

M_0 : module de l'écoulement relatif ($l/s/km^2$) ;

M_e : module de l'écoulement (l/s) ;

A : surface du bassin versant.

Après le calcul on trouvera :

$$M_0= 10.20 \text{ l/s/km}^2$$

II.1.3 Coefficient de variation

Pour calculer le coefficient de variation C_v , on utilise les formules empiriques suivantes, [4] :

a. Formule de SOKOLOVSKY

$$C_v = 0.78 - 0.29 \log M_0 - 0.063 \log (A + 1) \dots\dots\dots (II.4)$$

Avec :

M_0 : module de l'écoulement relatif ($l/s/km^2$) ;

A : superficie du bassin versant.

Après le calcul on trouvera :

$$C_v=0.32$$

b. Formule de L'ANTONNOV

$$C_v = 0.7 / (A + 1000)^{0.097} \dots\dots\dots(II.6)$$

Donc on trouvera après le calcul :

$$C_v = 0.35$$

c. Formule de KRISTEKLY MENKEL

$$C_v = 0.83 / (A^{0.06} \cdot M_0^{0.27}) \dots\dots\dots(II.7)$$

Donc on aura :

$$C_v = 0.31$$

d. Formule Algérienne de N.N PADOUM [5]

$$C_v = 0.93K / M_0^{0.23} \dots\dots\dots(II.8)$$

Avec :

K : coefficient de réduction varie entre (0.25 ÷ 1.0), on prend K = 0.6 ;

Donc on aura :

$$C_v = 0.33$$

La formule de SOKOLOVSKY a donnée un C_v qui est égale à la moyenne, on prend donc :

$$C_v = 0.32$$

II.2 Irrégularité des apports**II.2.1 Estimation fréquentielle des apports**

Les apports fréquentiels ou de période de retour donnée sont nécessaires pour le dimensionnement de la cuvette et de la digue de l'ouvrage et la régularisation et gestion rationnelles de la capacité en eau.

Les apports fréquentiels peuvent être estimés par la formule suivante, [5] :

$$A_F = \frac{A_0}{\sqrt{C_{vq}^2 + 1}} e^{-u_F \sqrt{\log(C_{vq}^2 + 1)}} \dots\dots\dots(II.7)$$

Avec :

A_F : apport fréquentiel (hm^3) ;

A_0 : apport interannuel (hm^3) ;

U_F : variable réduite de Gauss ;

C_{vq} : coefficient de variation de l'apport moyen $C_v=0.32$.

L'équation (II.7) devient :

$$A_F = 142.86 e^{-0.21u_F} \dots\dots\dots(II.8)$$

Les résultats de calcul des apports fréquentiels pour défierent période de retour sont données dans le tableau (II.1) ci-dessus.

Tableau (II.1) : apports fréquentiels pour défierent période de retour.

Fréquences (%)	90	80	10	05	02	1.0
Variable de Gauss	1,29	0.84	1.28	1.64	2.05	2.33
Apports (hm ³)	108.95	119.76	186.92	201.60	219.72	233.03

II.2.2 Répartition mensuelle de l'apport moyen annuel

La répartition mensuelle des apports moyens annuels est donnée dans le tableau (II.2) et représenté à la figure (II.2).

Tableau (II.2) : Répartition mensuelle des apports

Mois	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MARS	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOUT
Apports mensuels (hm ³)	0.780	1.591	8.63	15.442	16.194	26.071	35.890	23.503	13.798	5.955	1.503	0.439
Apports fréquentiels (%)	0.520	1.061	5.757	10.295	10.796	17.381	23.927	15.669	9.199	3.970	1.002	0.292

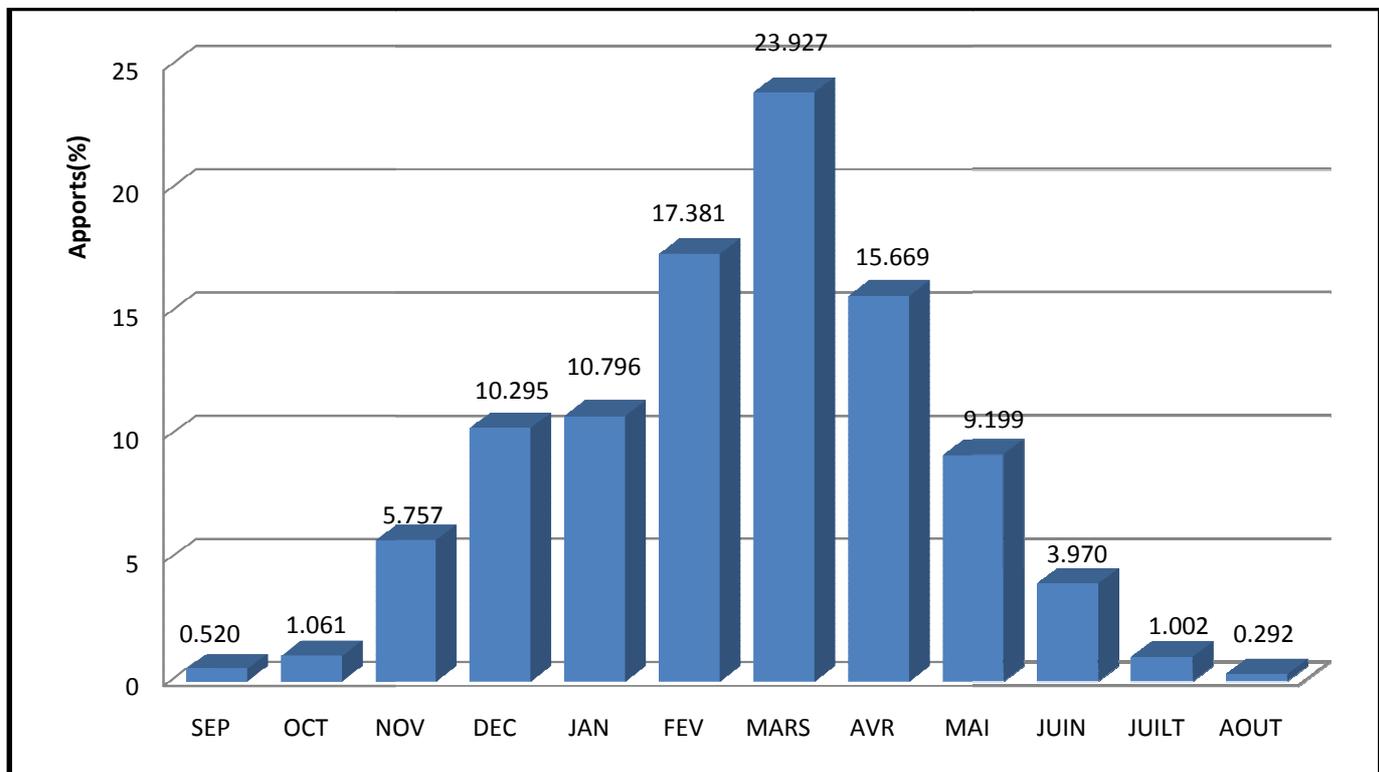


Figure (II.2) : Répartition mensuelle des apports fréquentiels

II.3 Etude des crues

Les crues sont des écoulements variables dans lesquelles les débits atteignent des valeurs importantes.

L'estimation des crues révèle une grande importance pour la sécurité de l'ouvrage implanté.

Les paramètres définissant une crue sont :

- Le débit maximum de la crue (débit de pointe).
- Le volume de la crue.

II.3.1 Test d'homogénéisation et test d'ajustement de la série hydrométrie

1. Test de WILCOXON

Soit une série d'observations de longueur N à partir de laquelle on tire deux échantillons X et Y, N₁ et N₂ sont respectivement les tailles de ces échantillons, avec N= N₁+N₂ et N₁<N₂.

On classe ensuite les valeurs de notre série par ordre croissant. Par la suite, nous ne nous intéresserons qu'au rang de chacun des éléments des deux échantillons dans cette série. Si une valeur répète plusieurs fois, on lui associe le rang moyen correspondant.

On calcule ensuite les sommes W_x et W_y comme suit,[4]:

$$W_y = \sum rang = 1 + 3 + 4 + \dots + 13 + 17 + \dots + n \dots \dots \dots (II.9)$$

$$W_x = \sum rang = 2 + 5 + \dots + 12 + 14 + 15 + 16 + \dots + n - 1 \dots \dots \dots (II.10)$$

L'hypothèse nulle est vérifiée si :

$$W_{min} < W_x < W_{max}$$

Avec :

$$W_{min} = \frac{(N_1 + N_2 + 1)N_1 - 1}{2} - z_{1-\frac{\alpha}{2}} \sqrt{\frac{N_1 N_2 (N_1 + N_2 + 1)}{12}} \dots \dots \dots (II.11)$$

$$W_{max} = (N_1 + N_2 + 1)N_1 - W_{min} \dots \dots \dots (II.12)$$

$u_{1-\frac{\alpha}{2}}$: Représente la valeur de la variable centrée réduite de Gauss ;

Les résultats du test de WILCOXON sont présentés dans le tableau suivant (II.3) ci-dessous.

Tableau (II.3) : Résultats du test de WILCOXON

Paramètres	N ₁	N ₂	W _{min}	W _{max}	W _x	Z _{1-2.5%}
valeurs	8	12	48.095	119.9	103	1.96

L'hypothèse $W_{min} < W_x < W_{max}$ est vérifiée donc notre série hydrométrique de la station TALA IMEDRANE est homogène.

2. Test d'ajustement de la série hydrométrique de la station TALA IMEDRANE

L'ajustement de la série des débits maximaux sera effectué à l'aide du logiciel « HYFRAN ». On a effectué l'ajustement de la série hydrométrique à la loi Normale, Gumbel et log Normale, [6].

➤ Ajustement à la loi Normale.

L'expression de la fonction de densité de probabilité de la loi normale est :

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \dots\dots\dots(II.13)$$

Où μ : est la moyenne et σ l'écart-type de la population étudiée.

En remplace x par $z = \frac{x-\mu}{\sigma}$ qui est la variable normale réduite, ou encore appelée variable centrée réduite, on a :

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{z^2}{2}} \dots\dots\dots(II.14)$$

Avant de procéder à l'ajustement il faut suivre les étapes suivantes :

- On classe les valeurs de l'échantillon par ordre croissant ou décroissant en attribuant à chacune des valeurs son numéro d'ordre n_i compté à partir de 1.
- On calcule la fréquence expérimentale de chacune des valeurs avec la formule suivante :

$$F_i(x) = (n_i - 0.5) / N \dots\dots\dots(II.15)$$

Avec :

n_i : rang de la valeur de débit.

N : nombre d'observation (20).

Si on a classé nos valeurs par ordre croissant, la formule ci-dessus donne la fréquence au non-dépassement ($F = FND$). Dans le cas contraire, la formule donne la fréquence au dépassement ($F = FD$) ;

Les résultats d'ajustement par la loi « Normale » sont résumés dans le tableau II.6

Normale (maximum de vraisemblance)

Paramètre :

Mu= 113.4421

Sigma= 130.4118

Quantiles :

$q = F(x)$ (probabilité au non-dépassement)

$T = 1 / (1 - q)$

Tableau (II.4) : résultats d'ajustement par la loi « Normale »

T (ans)	q	Q _{max} (m ³ /s)	Ecart-type	Intervalle de confiance (95%)
10.000	0.9999	598	83.9	434 – 763
2.000	0.9995	543	75.5	395 – 691
1.000	0.9990	516	71.6	376 – 657
200	0.9950	449	61.8	328 – 571
100	0.9900	417	57.2	305 – 529
50	0.9800	381	52.3	279 – 484
20	0.9500	328	45.4	239 – 417
10	0.9000	281	39.8	203 – 359
5	0.800	223	34.2	156 – 290

Résultats tirés par la manipulation de logiciel HYFRAN**Test d'adéquation**

Hypothèse

H0 : l'échantillon provient d'une loi Normale

H1 : l'échantillon ne provient pas d'une loi Normale

Résultats

P-value p= 0.0081

Degré de liberté : 3

 $\chi^2 = 11.81$ Pour ddl= 3 et $\alpha = 0.05$, $\chi^2 = 7.81$ (voir annexe 3).

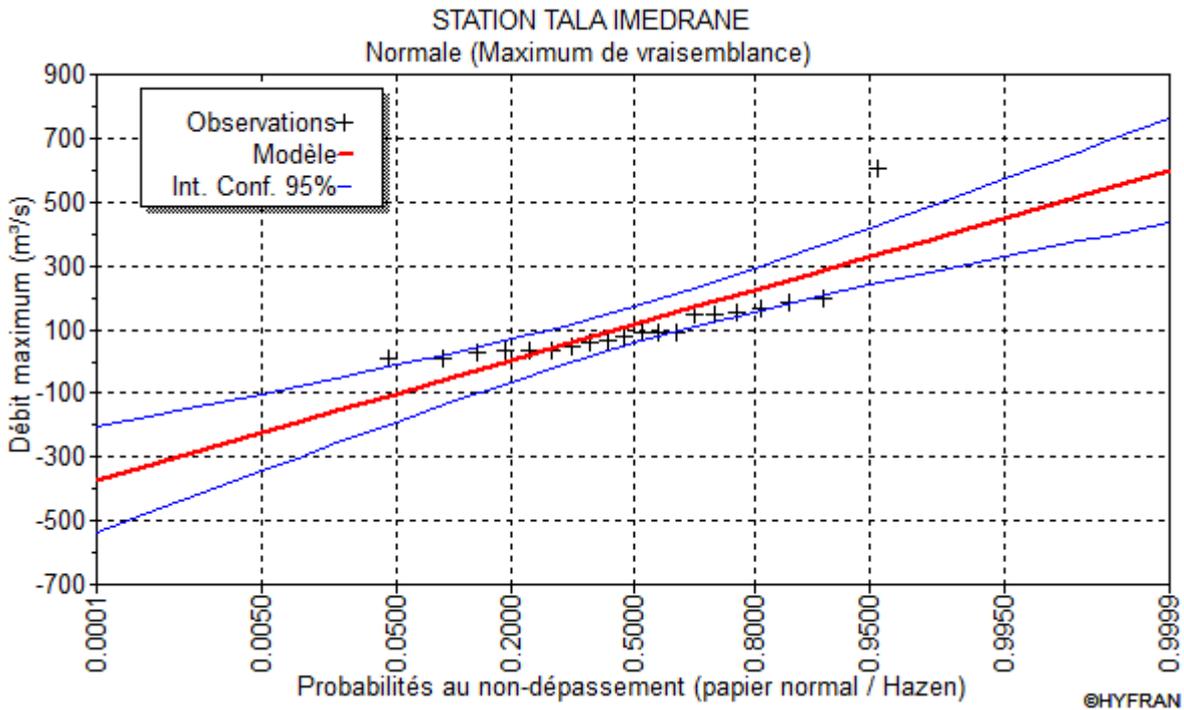


Figure (II.3) : l'ajustement à la loi Normale

➤ **Ajustement à la loi Gumbel**

La fonction de répartition de la loi de Gumbel est donnée par la formule suivante :

$$F(X) = e^{-e^{-\alpha(x-x_0)}} \dots\dots\dots(II.16)$$

Où :

- F(x) = fréquence au non dépassement, FND = F
- α, x_0 = coefficients d'ajustements.

Par changement de variable $y = \alpha(x-x_0)$, la loi de Gumbel s'écrit comme suit :

$$F(X) = F(Y) = e^{-e^{-y}} \dots\dots\dots(II.17)$$

Avant de procéder à l'ajustement on doit suivre les étapes suivantes :

- Classer les valeurs des débits par ordre croissant avec attribution d'un rang 1, 2, 3,..... n.
- Calculer pour chaque valeur de débit la fréquence expérimentale par la formule de HAZEN (II.15).
- Calculer la variable réduite de Gumbel donnée par la formule suivante :

$$Y = -\left[\ln(-\ln(F(X))) \right] \dots\dots\dots(II.18)$$

- Calculer les paramètres d'ajustement « α » et « x_0 ».
- Représenter graphiquement les couples (x_i, y_i) sur papier Gumbel.

➤ **Calcul des paramètres de l'ajustement de la loi de Gumbel :**

La droite de Gumbel est donnée par la formule :

$$x = (1/\alpha)y + x_0 \dots \dots \dots (II.19)$$

Avec :

$(1/\alpha)$: La pente de la droite de Gumbel.

x_0 : représente l'ordonnée à l'origine.

Une approximation des valeurs $(1/\alpha)$ et x_0 est donnée par :

$(1/\alpha) = 0.78\sigma_x$ et $x_0 = \bar{X} - 0.577/\alpha$ où \bar{X} = moyenne de la série des x et σ_x = l'écart-type de la même série.

Les résultats d'ajustement par la loi de Gumbel sont résumés dans le tableau (II.5) suivant :

Tableau (II.5) : résultats d'ajustement par la loi « Gumbel ».

T (ans)	q	Q_{\max} (m ³ /s)	Ecart-type	Intervalle de confiance (95%)
10.000	0.9999	991	223	554 – 1430
2.000	0.9995	828	185	465 – 1190
1.000	0.9990	757	169	427 – 1090
200	0.9950	593	131	337 – 849
100	0.9900	523	114	298 – 747
50	0.9800	452	98.2	259 – 644
20	0.9500	357	76.9	206 – 508
10	0.9000	284	60.9	164 – 403
5	0.8000	207	45.1	119 - 296

Résultats déduit par la manipulation de logiciel HYFRAN

Test d'adéquation

Hypothèse

H_0 : l'échantillon provient d'une loi Gumbel.

H_1 : l'échantillon ne provient pas d'une loi Gumbel.

Résultats

P-value p = 0.2035

Degrés de liberté : 3

$\chi^2=10.60$

Pourddl =3 et $\alpha= 0.05$, $\chi^2=7.81$

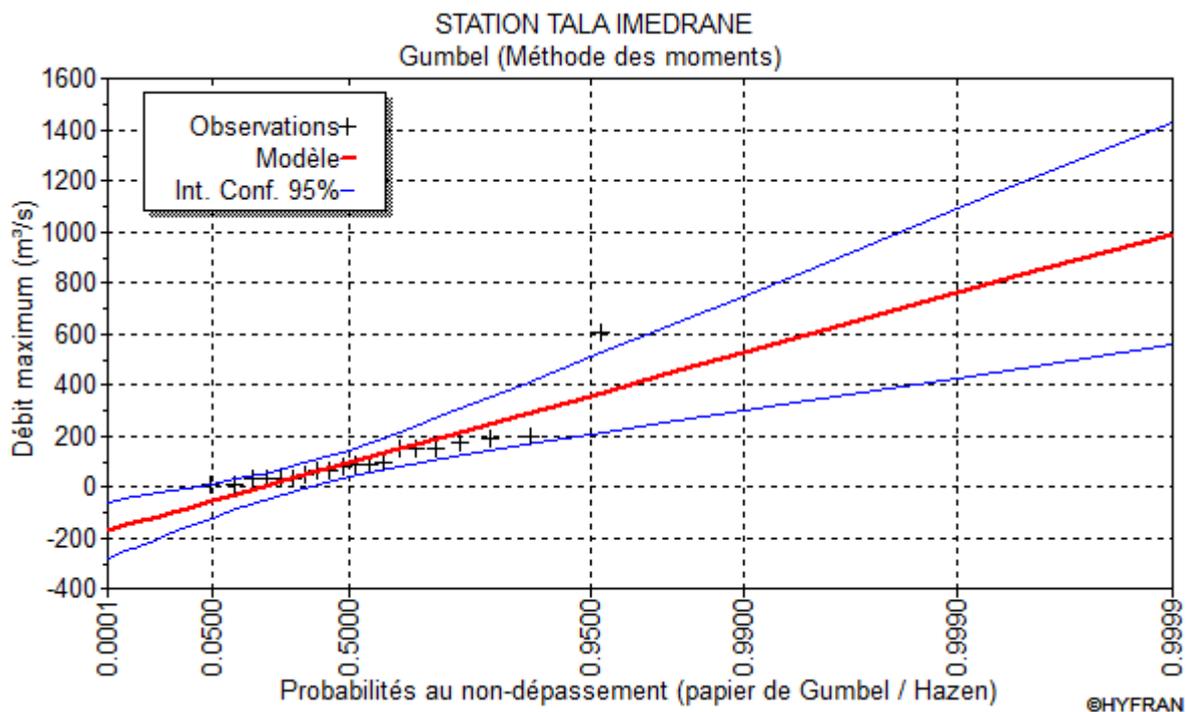


Figure (II.4) : ajustement à la loi de Gumbel.

➤ Ajustement à la loi Log-Normale

La fonction de répartition de la loi log-normale s'écrit :

$$F(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int e^{-\frac{z^2}{2}} dz \dots\dots\dots (II.20)$$

Où :

$$z = a \text{Log}(x-x_0) + b$$

Les résultats de l'ajustement par la loi Log-Normale sont résumés dans le tableau (II.6).

Tableau (II.6) : résultats d'ajustement par la loi « Log-Normale ».

T (ans)	q	Q _{max} (m ³ /s)	Ecart-type	Intervalle de confiance (95%)
10.000	0.9999	3710	2550	N/D
2.000	0.9995	2350	1450	N/D
1.000	0.9990	1900	1110	N/D
200	0.9950	1100	554	N/D
100	0.9900	840	393	N/D
50	0.9800	628	269	N/D
20	0.9500	406	151	110 – 702
10	0.9000	275	89.8	99.5 – 451
5	0.8000	172	48.1	77.9 – 267

Résultats déduit par la manipulation de logiciel HYFRAN

Test d'adéquation

Hypothèses

H_0 : l'échantillon provient d'une loi Log-Normale.

H_1 : l'échantillon ne provient pas d'une loi Log- Normale.

Résultats

P-value $p = 0.5319$

Degrés de liberté : 3

$\chi^2=2.20$

Pourddl =3 et $\alpha= 0.05$, $\chi^2=7.81$

Conclusion

La série hydrométrique de Tala Imedrane s'ajuste bien à la loi LogNormale,

La figure (II.5) représente la distribution de la série hydrométrique de la station Tala Imedrane selon la loi Log-Normale.

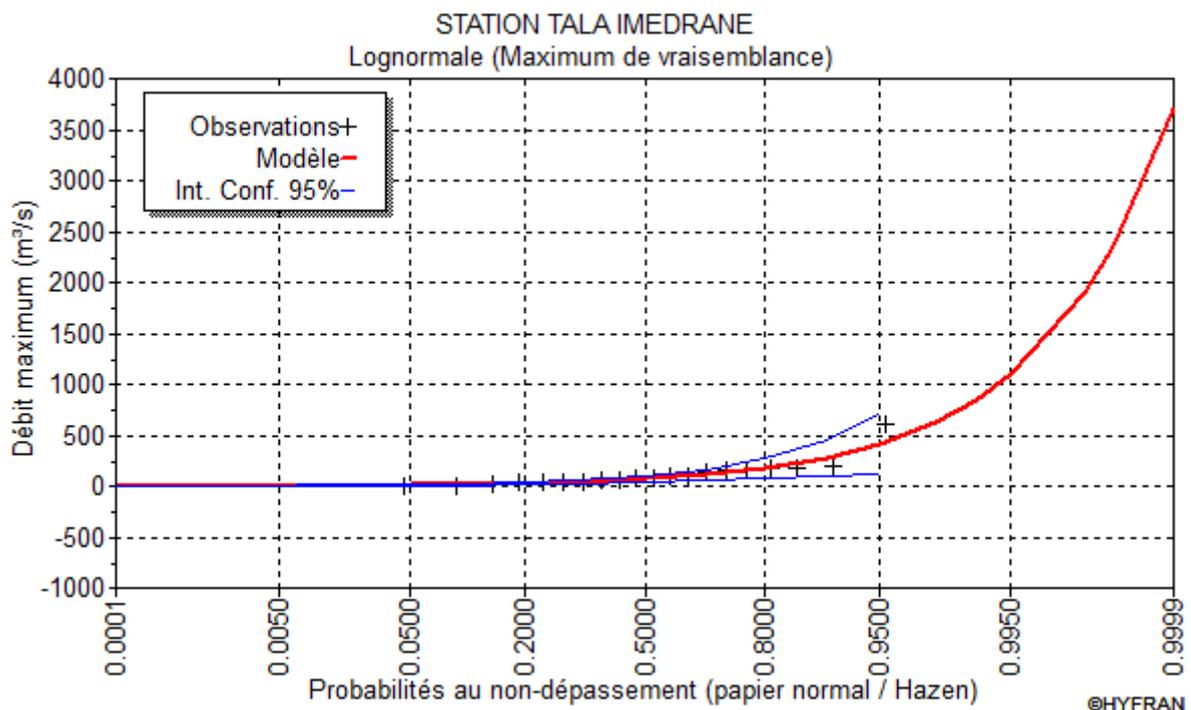


Figure (II.5) : ajustement à la loi de Log-Normale.

II.3.2 Hydrogramme de crue

L'hydrogramme de la crue est une identité de la crue, il nous donne les caractéristiques principales de la crue telle que, [4] :

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

Pour tracer 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

$$Q_m = Q_{\max} \left(\frac{t}{t_m} \right)^n \dots\dots\dots (II.21)$$

b. Pour la décrue

$$Q_d = Q_{\max} \left(\frac{t_d - t}{t_d} \right)^m \dots\dots\dots (II.22)$$

Avec :

$n=2$ et $m=3$;

q_m : débit de la montée (m^3/s) ;

q_d : débit de la décrue (m^3/s) ;

t_m : temps de la montée (heure), $t_m = t_c$;

t_d : temps de la décrue (heure), $t_d = \delta t_c$. On prend $\delta = 3$, bassin versant boisé, sol perméable ;

q_{\max} : débit maximum de la crue de fréquence considérée (m^3/s) ;

Pour calculer le temps de concentration, il existe plusieurs formules. Dans le contexte Algérien et pour les grands bassins versants, il peut être notamment calculé par l'ancienne formule de GIANDOTTI (1937) soit :

$$T_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L_{cp}}{0.8\sqrt{H_{moy} - H_{min}}} \dots\dots\dots (II.23)$$

Avec :

A : surface du bassin versant (km^2) ;

L_{cp} : longueur du cours d'eau principal (km) ;

T_c : temps de concentration exprimé en heure ;

H_{moy} : altitude moyenne (m) ;

H_{min} : altitude minimale (m) ;

Par application numérique on trouvera :

$$\mathbf{T_c = 7.9 \text{ heure}}$$

Les résultats de calcul des débits de la crue pour les différentes périodes de retour sont donnés dans les tableaux : (II.7) pour la montée et tableau (II.8) pour la décrue.

Tableau (II.7) : valeurs des périodes de retours et des débits nécessaires à l'élaboration de l'Hydrogramme des crues phase de crue

Temps (heure)	Période de retour (ans)									Débits (m ³ /s)
	05	10	20	50	100	200	1000	2000	10000	
0.0	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
01	3.765	5.207	6.618	8.476	9.870	11.248	14.453	15.831	19.067	
02	15.062	20.830	26.470	33.905	39.481	44.993	57.811	63.323	76.270	
033	33.889	46.867	59.558	76.286	88.832	101.234	130.075	142.477	171.607	
04	60.247	83.320	105.880	135.619	157.923	179.971	231.245	253.293	305.079	
05	94.136	130.187	165.438	211.905	246.755	281.205	361.320	395.770	476.686	
06	135.555	187.470	238.231	305.143	355.328	404.935	520.301	569.909	686.428	
07	184.506	255.167	324.259	415.334	483.640	551.162	708.188	775.709	934.305	
07.9	235	325	413	529	616	702	902	988	1190	

Tableau (II.8) : valeurs des périodes de retours et des débits nécessaires Hydrogramme des crues, phase de décrue.

Temps (heure)	Période de retour (ans)									Débits (m ³ /s)
	05	10	20	50	100	200	1000	2000	10000	
0.0	235	325	413	529	616	702	902	988	1190	
02	180.386	249.470	317.018	406.060	472.841	538.854	692.374	758.387	913.442	
04	134.965	186.654	237.194	303.815	353.781	403.172	518.036	567.428	683.440	
06	97.891	135.381	172.038	220.359	256.599	292.423	375.735	411.559	495.703	
08	68.316	94.479	120.062	153.783	179.075	204.076	262.217	287.217	345.940	
10	45.393	62.777	79.775	102.182	118.986	135.598	174.230	190.842	229.860	
12	28.274	39.102	49.689	63.646	74.113	84.460	108.522	118.869	143.172	
14	16.112	22.282	28.315	36.268	42.233	48.460	61.841	67.737	81.586	
16	8.059	11.146	14.164	18.142	21.126	24.075	30.934	33.883	40.811	
18	3.269	4.521	5.746	7.359	8.570	9.766	12.548	13.745	16.555	
20	0.894	1.237	1.571	2.013	2.344	2.671	3.432	3.759	4.528	
22	0.087	0.120	0.152	0.195	0.227	0.259	0.333	0.365	0.439	
23.7	00	00	00	00	00	00	00	00	00	

Après la déduction de différentes valeurs de débits liés à des périodes de retours différentes, l'hydrogramme de crues pour différents périodes de retour est représenté par la figure (II.6) ci-dessus.

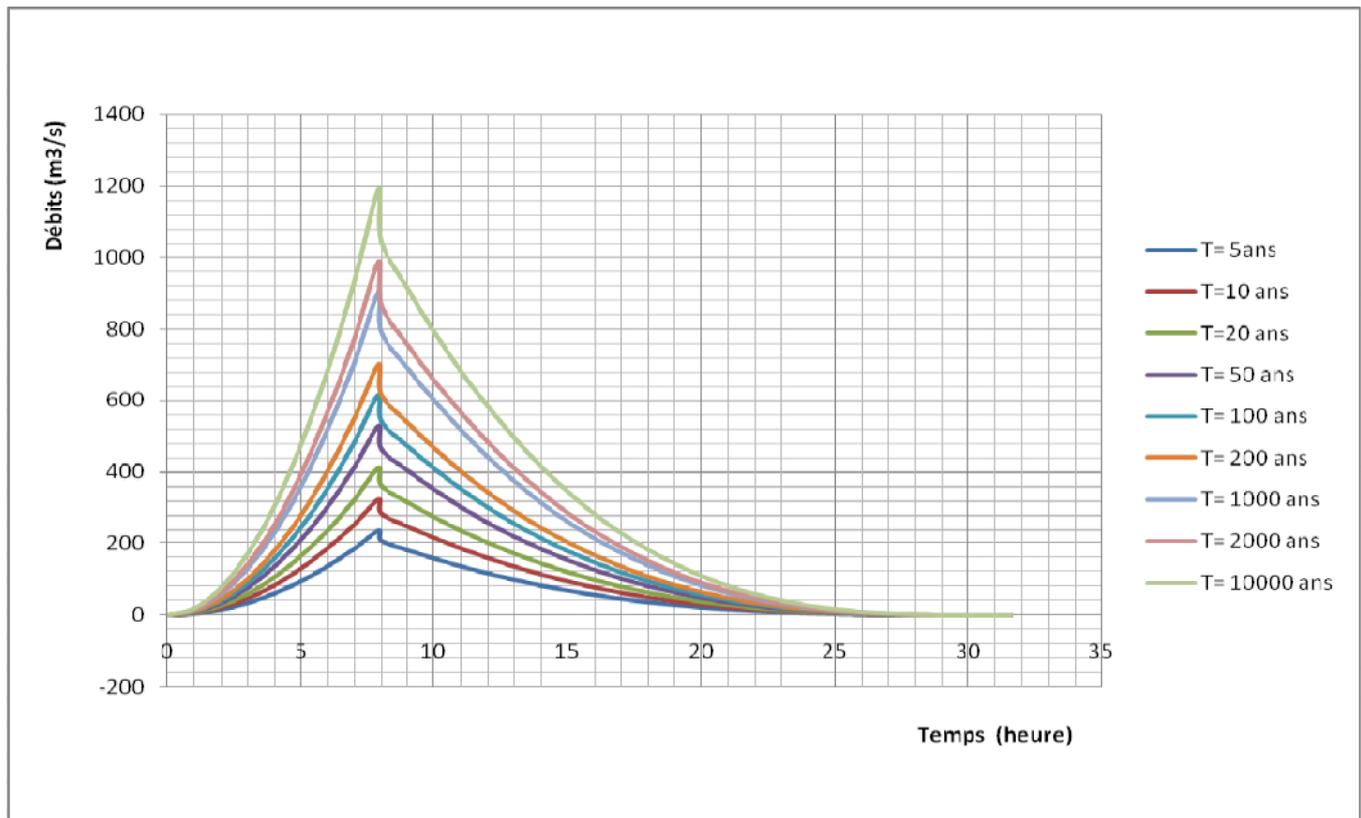


Figure (II.6) : Hydrogramme des crues pour différents périodes de retour.

II.3.3 Estimation de la crue de projet

La crue de projet est la crue de plus faible fréquence entrant dans la retenue. Elle est prise en compte pour déterminer le niveau des plus hautes eaux. Donc la hauteur du barrage, et pour le dimensionnement de l'évacuateur de crues, en intégrant les possibilités du laminage. Souvent la crue de projet considérée est la crue du débit de pointe maximal, mais il n'est pas toujours certain que cette crue soit la plus défavorable pour le calcul de l'évacuateur de crues ; une crue moins pointue, mais plus étalée pourrait être plus défavorable. La période de retour minimale préconisée pour cette crue est comprise entre (100 et 1000 ans), [7].

Le choix de la période de retour dépend du risque induit par la rupture du barrage. Cependant le risque global est lié aussi à la vulnérabilité de la vallée en aval (occupation de la zone susceptible d'être inondée en cas de rupture). Lorsque le barrage intéresse la sécurité publique la période de retour ne devra en aucun cas être inférieure à 1000 ans.

L'estimation de la crue de projet résulte non seulement de l'influence des facteurs hydrologiques sur le projet lui-même et du coût de l'ouvrage, mais également du risque potentiel de rupture du barrage sur la vie des personnes et sur les pertes économiques résultant de cette rupture.

Autrement dit, il s'agit de chercher un compromis optimum entre l'aspect économique de la construction et les risques en cours à l'aval. On se reporte alors, aux recommandations du comité national Australien des grands barrages.

Le comité Australien des grands barrages donne les recommandations suivantes :

Tableau (II.9) : catégories des dommages résultants des crues

Dommmages élevées	Dommmages importantes	Dommmages faibles
Pertes de vie envisagées en raison de la fréquence de la population ou d'autre centre d'activité à l'aval.	Pas de pertes de vies envisagées mais la possibilité existe toute fois. Pas de développement urbain et nombre limité d'édifices à l'aval.	Pas de pertes de vies envisagées.
Pertes économiques considérables (dommages à des entreprises industrielles, commerciales ou agricoles, des édifices publics et des centres d'habitation, dommage au barrage lui même et à d'autres réservoirs à l'aval).	Pertes économiques appréciables. Dommages à des édifices publics importants, au barrage lui-même et à d'autres réservoirs à l'aval.	Pertes économiques minimales. Bâtiments agricoles, terres et chemin vicinaux.
Le barrage est essentiel à l'activité économique et les réparations ne sont pas possibles.	Réparation possible du barrage. Disponibilité des sources de secours pour la fourniture en eau ou en électricité.	Réparation du barrage possible, pertes indirectes faibles.

Tableau (II.10) : crue de projet recommandé

Catégories des dommages	Crue de projet recommandé
Élevés : – Perte de vie – Dommages considérables	1/100000 à 1/10000
Importants : – Pas de pertes de vies – Dommages importants	1/10000 à 1/1000
Faibles : – Pas de pertes de vies – Dommages légers	1/1000 à 1/100

Pour notre cas, on peut considérer que les dommages à l'aval du barrage sont élevés, car la ville la plus peuplé à Tizi Ouzou « Draa Ben Khedda » est situé à moins de 8 km du barrage. Alors nous optons pour une crue de probabilité $Q_{0.01\%}$ (T= 10000).

$$Q = 1190 \text{ m}^3/\text{s}$$

II.3.4 Apport solide et estimation de volume mort

L'estimation de l'envasement (volume morte) est indispensable pour un dimensionnement harmonieux de l'ouvrage ; une évaluation correcte de sa durée de vie et une définition rationnelle des modes de gestion et d'exploitation [5].

Le transport solide dans un cours d'eau constitue la seconde phase de l'érosion.

L'eau trouve la puissance nécessaire pour ce transport dans la perte de charge qu'elle subit.

Le champ d'exploitation de vitesse varie tout au long du profil de l'oued d'amont en aval.

L'eau met en jeu deux types de mécanismes : le charriage et la suspension qui sont les principaux types de transport solide.

La capacité de charriage est liée à la nature granulométrique des matériaux et varie dans le temps et dans l'espace avec le débit liquide.

La répartition entre le charriage et la suspension dépend essentiellement de la dimension des matériaux rapportes à la vitesse de l'eau et la turbulence de l'écoulement.

En tout point d'une rivière d'alimentation, le débit solide est défini par les caractéristiques hydrologiques de son bassin versant.

L'absence des mesures sur le transport solide oblige à avoir recours à la méthode empirique de TIXERONT.

Formule de TIXERONT

$$T_s = \alpha h^{0.15} \dots\dots\dots(II.24)$$

Avec :

T_s : le transport solide en (t/km²/an) ;

h : lame d'eau écoulée en (mm) ;

α : Paramètre caractérisant la perméabilité du bassin versant ;

$\alpha = 350$ (faible à moyenne)

Par application numérique on trouvera :

$$T_s = 832.06 \text{ t/km}^2/\text{an}$$

II.3.5 Calcule du volume mort

Le volume mort est un volume qui ne participe pas à la régularisation des débits.

Il existe plusieurs formules pour calculer le volume mort :

a. Méthode liée à l'érosion spécifique

Le volume mort est donné par la formule suivante :

$$V_m = \frac{T_s \cdot T \cdot A}{\delta_s} \dots\dots\dots(II.25)$$

Avec :

V_m : volume mort en (m³) ;

T_s : le transport solide en (t/km²/an) ;

T : la durée de vie du barrage (35 ans) ;

δ_s : poids spécifique des sédiments ;

A : superficie du bassin versant;

$$AN : V_m = 10.50 \text{ hm}^3$$

b. Formule de TIXERONT

$$V_m = (1.05 \div 1.10) \frac{Q_s T}{\delta_s} \dots\dots\dots (II.26)$$

Avec

$$Q_s = T_s \cdot A \dots\dots\dots (II.27)$$

Q_s : débit solide en (t/an), $Q_s = 388147.67$ t/an.

$$\text{AN : } V_m = 11.50 \text{ hm}^3$$

Remarque

La réalisation de l'autoroute qui relie entre la route nationale N12 et l'autoroute est-ouest, peut augmenter le transport solide car la quantité de remblai est très importante. Alors en prend :

$$V_m = 12 \text{ hm}^3$$

CONCLUSION

Le cours d'eau de TALA IMEDRANE a un apport très important, qui est d'ordre 150 hm^3 . Ce cours d'eau est caractérisé par un module d'écoulement de **4756.47 l/s**, qui correspond à un module d'écoulement relatif de **10.2 l/s/km²**.

L'étude fréquentielle des apports a donnée un apport à 90% ($A_{90\%} = 108.95 \text{ hm}^3$) supérieur à la demande **98 hm³**. Cet apport nous aide dans l'étude de la régularisation dans chapitre suivant.

Le test de **WILCOXON** a montré que la station hydrométrique de TALA IMEDRANE est homogène, ainsi que le test d'adéquation χ^2 , montre que la série hydrométrique s'ajuste bien à la loi LogNormale.

La crue de projet est d'ordre **Q = 1190 m³/s** pour une période de retour de 10000 ans. Le volume mort est estimé à **12 hm³**.

CHAPITRE III

Régularisation et

laminage des crues

INTRODUCTION

La régularisation des débits permet de déterminer la meilleure façon de restituer les eaux stockées dans le but de satisfaire la demande en aval, que se soit en eau potable ou en irrigation. Il existe deux types de régularisation :

- La régularisation saisonnière, effectuée lorsque l'apport $A_{90\%}$ est supérieur à la demande en eau.
- La régularisation interannuelle, exécutée lorsque l'apport interannuel est inférieur à la demande en eau.

Les données de base du calcul sont :

- L'apport fréquentiel ($A_{90\%}$ en hm^3).
- La demande totale en eau (hm^3).
- Les infiltrations et l'évaporation.
- Les courbes caractéristiques de la cuvette.

III.1 Les courbes caractéristiques « hauteur-capacité-surface »

A l'aide d'une carte topographique d'une échelle de 1/25000, on a constaté que la cuvette de notre barrage est comprise entre une côte minimale de 64 m.NGA et une côte maximale de 150m. Les surfaces du plan d'eau à chaque niveau (cote) sont extraites à l'aide du logiciel MapInfo.

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

$$\Delta V_n = V_{i-1} + \left(\frac{S_i + S_{i+1}}{2} \right) \Delta H \dots\dots\dots (III.1)$$

Avec :

$$V_1 = \frac{2}{3} S_1 \cdot H_1 \dots\dots\dots (III.2)$$

S_i : surface du plan d'eau correspondant à la courbe de niveau H_i en m^2

S_{i+1} : surface du plan d'eau correspondant à la courbe de niveau H_{i+1} en m^2

ΔH : Différence d'altitude entre les deux courbes de niveau successives

ΔV_i : Volume élémentaire compris entre deux courbes de niveau successives (m^3)

Le tableau (III.1) donne les caractéristiques topographiques de la retenue.

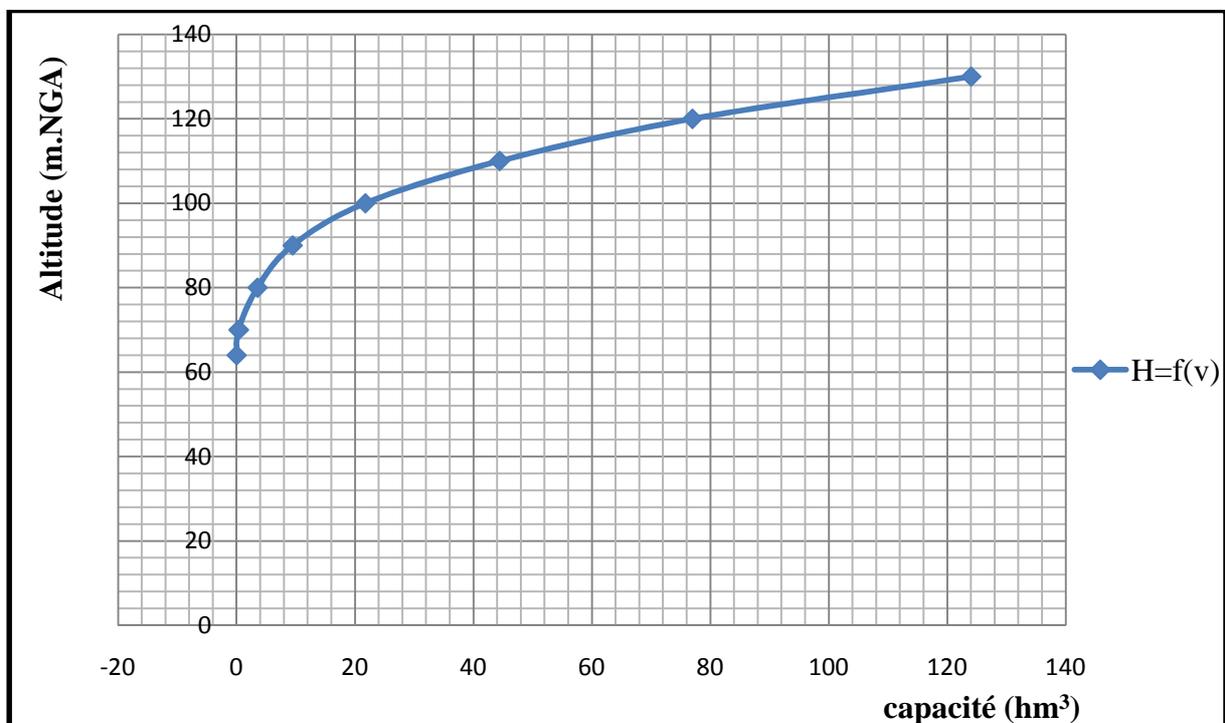
Courbe capacité hauteur $H=f(V)$

Courbe surface hauteur. $H=f(S)$

Tableau(III.1) : les coordonnées des courbes Hauteur- Surface- Capacité.

Cote(m)	Surface(Km ²)	Surface moyenne (Km ²)	ΔH (m)	Volume partiel (hm ³)	Volume cumulé (hm ³)
64	0	0	0	0	0
70	0.0838	0.3194	6	0.3353	0.3353
80	0.5549		10	3.1937	3.5290
90	0.6297	0.5923	10	5.9234	9.4525
100	1.8270	1.2284	10	12.2839	21.7364
110	2.7036	2.2653	10	22.6533	44.3896
120	3.8073	3.2555	10	32.5547	76.9443
130	5.6070	4.7072	10	47.0715	124.0158

Les courbes « Hauteur- capacité » et « Hauteur- surface » sont présentés respectivement par la figure (III.1) et la figure (III.2) ci-dessous.

**Figure (III.1) : courbe « Hauteur- Capacité » $H=f(V)$**

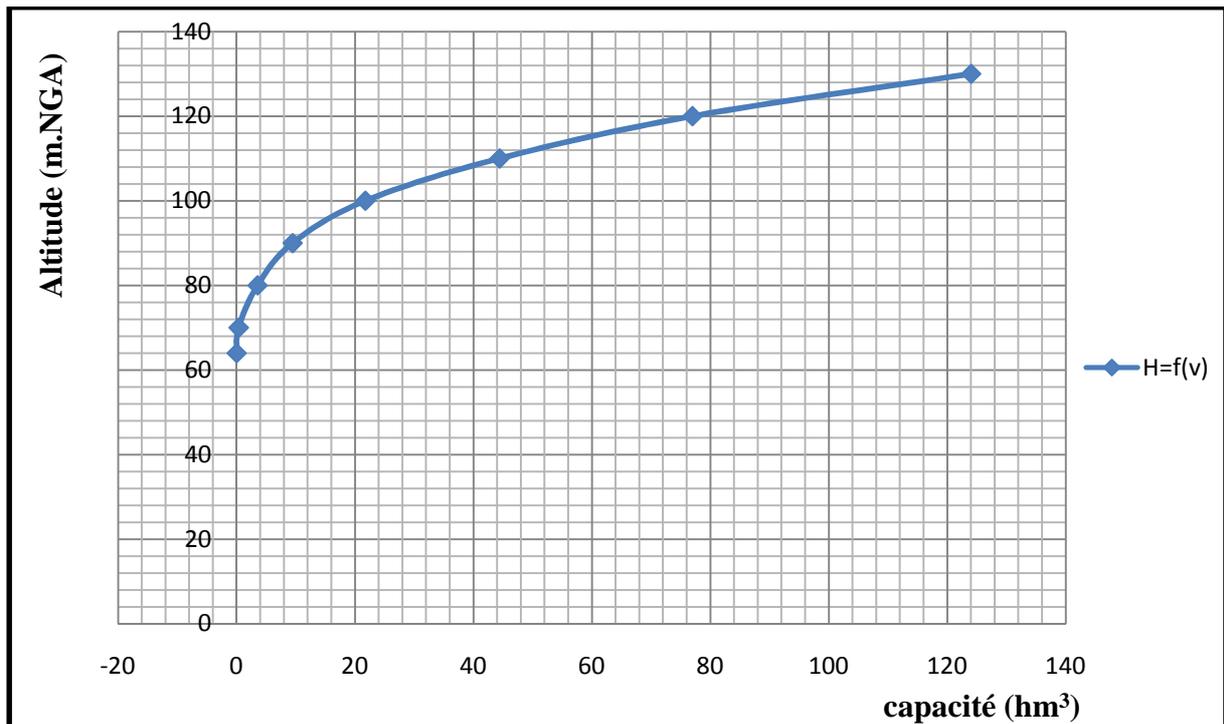


Figure (III.2) : courbe « Hauteur- Surface » $H=f(S)$

III.2 La répartition mensuelle la demande en eau AEP et Irrigation

La demande en eau et sa répartition mensuelle est présenté au tableau (III.2).

Tableau (III.2) : la répartition mensuelle de la demande en eau AEP+IRR

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juillt	Aout
AEP + IRR	14.5	13.5	13.5	3	3	3	3	3	3	14.5	14.5	14.5

III.3 La répartition mensuelle de l'apport $A_{90\%}$

L'apport $A_{90\%}$ est calculé à partir de la série des apports mensuels, les résultats de calcul sont présentés au tableau (III.3).

Tableau (III.3) : répartition mensuelle de l'apport $A_{90\%}$

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juillt	Aout	total
Apports (hm³)	0.780	1.591	8.636	15.442	16.194	26.071	35.890	23.503	13.798	5.955	1.503	0.439	150
A % (hm³)	0.520	1.061	5.757	10.295	10.796	17.381	23.927	15.669	9.199	3.970	1.002	0.292	100
$A_{90\%}$ (hm³)	0.567	1.156	6.272	11.216	11.762	18.936	26.068	17.071	10.022	4.325	1.091	0.319	108.95

III.4 Calcule de volume utile sans tenir compte les pertes

Le calcul de la régularisation est effectué en utilisant "la méthode du bilan d'eau", [8].

Les procédées de calcule sont :

- ↪ Détermination de la période à bonne hydraulicité.
- ↪ Détermination des périodes excédentaires et déficitaires sur un cycle hydrologique.
- ↪ Calcul des volumes excédentaires et déficitaires "Vs" et "Vd".
- ↪ Détermination du type de fonctionnement du barrage et calcul du volume utile.

La période à bonne hydraulicité est celle de mois de décembre jusqu'au mois de mai.

Les périodes excédentaires et déficitaires et leurs volumes sont donnés au tableau (III.4)

Tableau (III.4) : volume excédentaire et déficitaire

Mois	A _{90%} (hm ³)	U (hm ³)	A-U (hm ³)	V (hm ³)
Dec	11.216	3	8.216	V _s = 77.075
Jan	11.762	3	8.762	
Fev	18.936	3	15.936	
Mars	26.068	3	23.068	
Avr	17.071	3	14.071	
Mai	10.022	3	7.022	
Juin	4.325	14.5	-10.175	V _d = 70.0
Juillt	1.091	14.5	-13.409	
Aout	0.319	14.5	-14.181	
Sep	0.567	14.5	-13.933	
Oct	1.156	13.5	-12.344	
nov	6.272	13.5	-7.228	

A partir de tableau (III.4) ci-dessus, on peut calculer le volume excédentaire ainsi que le volume déficitaire.

On a :

$$V_s = 77.075 \text{ hm}^3 \text{ et } V_d = 70 \text{ hm}^3$$

On remarque que le volume excédentaire est supérieur au volume déficitaire, donc le barrage fonctionne à un seul temps.

Donc, le volume utile sans tenir compte les pertes est égale :

$$V_u = V_d = 70 \text{ hm}^3$$

Le volume au niveau normal du barrage sera donc :

$$V_{NNR} = V_u + V_m \dots \dots \dots (III.3)$$

Le volume au niveau normal du barrage est :

$$V_{NNR} = 82 \text{ hm}^3 \Rightarrow NNR = 118.2 \text{ mNGA}$$

La régularisation saisonnière sans tenir compte les pertes, est présentée dans le tableau (III.5).

Tableau (III.5) : Régularisation saisonnière suivant la 1^{ère} consigne.

Mois	A _{90%} [hm ³]	U _{90%} [hm ³]	A-U [hm ³]	La 1 ^{ère} consigne d'exploitation		
				V _{ri}	V _{rf}	S [hm ³]
Dec	11.216	3	8.216	12	12	
				20.216	20.216	
Jan	11.762	3	8.762	28.978	28.978	
				44.914	44.914	
Fev	18.936	3	15.936	67.982	67.982	
				82.053	82	0.053
Mars	26.068	3	23.068	89.022	82	7.022
				71.825	71.825	
Avr	17.071	3	14.071	58.416	58.416	
				44.235	44.235	
Mai	10.022	3	7.022	30.302	30.302	
				17.958	17.958	
Juin	4.325	14.5	-10.175	12	12	
				12	12	ΣS = 7.075
Juilt	1.091	14.5	-13.409			
Aout	0.319	14.5	-14.181			
Jsep	0.567	14.5	-13.933			
Oct	1.156	13.5	-12.344			
Nov	6.272	13.5	-6.606			

Les calculs font à l'aide de la formule suivante :

$$V_{rf} = V_{ri} + (A - U) \dots \dots \dots (III.3)$$

Avec :

- V_{rf} : volume de remplissage final en hm^3 ;
- V_{ri} : volume de remplissage initial en hm^3 ;
- A : apport mensuel à 90%, $A_{90\%}$ en hm^3 ;
- U : la demande en eau AEP+IRR en hm^3 ;

III.5 Régularisation saisonnière en tenant compte les pertes

Les pertes dans le barrage sont à deux sortes, [9]:

- ↳ Pertes par évaporation
- ↳ Pertes par infiltration

III.5.1 Pertes par évaporation

Le volume évaporé est estimé par la formule suivante :

$$V_{év} = E_s \cdot S_{moy} \dots \dots \dots (III.4)$$

Avec :

- $V_{év}$: volume évaporé en hm^3 ;
- E_s : lame d'eau évaporée en m ;
- S_{moy} : surface moyenne en km^2 , qui correspond à V_{moy} .

Le volume moyen (V_{moy}) est :

$$V_{moy} = \frac{V_{rf,i} + V_{rf,i+1}}{2} \dots \dots \dots (III.5)$$

Avec :

$V_{rf,i}$ et $V_{rf,i+1}$: volume du barrage de deux mois successives.

III.5.2 Pertes par infiltration

Le volume mensuel des pertes par infiltration est donné par :

$$V_{inf} = \frac{\delta \cdot V_{moy}}{100} \dots \dots \dots (III.6)$$

Avec :

- V_{inf} : pertes par infiltration en hm^3 ;
- δ : Coefficient qui dépendant des conditions hydrogéologiques de la cuvette déterminer à partir de tableau (III.6).

Tableau (III.6) : Valeurs de δ en fonction des conditions hydrogéologique.

Nature	Hauteur d'infiltration pendant une année (cm)	δ	
		Année	Mois
Sol a faible perméabilité	0 à 50	5 à 10	0,5 à 1,0
Sol à perméable moyenne	50 à 100	10 à 20	1 à 1,5
Sol a forte perméabilité	>100 à 200	>20 à 40	>1,5 à 3,0

Dans notre cas, on a un sol à perméabilité moyenne alors on opte pour $\delta= 1.5$. Le calcul des pertes est présenté dans le tableau (III.7) suivant :

Tableau (III.7) : volumes des pertes dans le barrage

Mois	V_{moy} [hm ³]	S_{moy} [km ²]	E_s [mm]	V_{ep} [hm ³]	V_{inf} [hm ³]	Prtes [hm ³]	A-U-P [hm ³]	V [hm ³]
Dec	16.575	1.073	30	0.032	0.249	0.281	9.048	V _s =80.664
Jan	26.115	1.493	31	0.046	0.392	0.438	9.491	
Fev	39.990	2.104	46	0.097	0.600	0.697	17.118	
Mars	61.730	3.060	102	0.312	0.926	1.238	24.417	
Avr	78.280	3.788	100	0.379	1.174	1.553	14.212	
Mai	77.125	3.738	129	0.482	1.157	1.639	6.378	
Juin	65.600	3.230	145	0.468	1.968	2.436	-12.182	V _d =77.761
Juillt	51.875	2.627	170	0.447	1.556	2.003	-15.303	
Aout	37.865	2.010	183	0.368	1.136	1.504	-15.654	
Sep	24.820	1.436	112	0.161	0.745	0.905	-14.782	
Oct	15.355	1.020	74	0.075	0.322	0.398	-12.628	
nov	12.000	0.872	42	0.366	0.240	0.606	-7.211	

A partir de tableau (III.7) on a :

$$V_s = 80.664 \text{ hm}^3 \text{ et } V_d = 77.80 \text{ hm}^3$$

$V_s > V_d \Rightarrow$ le barrage fonctionne à un seul temps.

Donc, le volume utile sans tenir compte les pertes est égale :

$$V_u = V_d = 77.8 \text{ hm}^3$$

Le volume au niveau normal du barrage est :

$$V_{NNR} = 89.8 \text{ hm}^3 \Rightarrow NNR = 122 \text{ mNGA}$$

La régularisation de première consigne d'exploitation est montrée au tableau (III.8).

Tableau (III.8) : régularisation saisonnière suivant la 1^{ère} consigne.

Mois	A _{90%} [hm ³]	U _{90%} [hm ³]	P [hm ³]	A-(U+P) [hm ³]	La 1 ^{ère} consigne d'exploitation		
					V _{ri} [hm ³]	V _{rf} [hm ³]	S [hm ³]
Dec	11.216	3	0.281	7.935	12	12	
					21.048	21.048	
Jan	11.762	3	0.438	8.324	30.539	30.539	
					47.657	47.657	
Fev	18.936	3	0.697	15.239	72.074	72.074	
					86.286	86.286	
Mars	26.068	3	1.238	21.83	92.664	89.8	2.864
					77.618	77.618	
Avr	17.071	3	1.553	12.518	62.315	62.315	
					48.661	48.661	
Mai	10.022	3	1.639	5.383	31.879	31.879	
					19.251	19.251	
Juin	4.325	14.5	2.436	-12.611	12	12	S= 2.864
Juilt	1.091	14.5	2.003	-15.412			
Aout	0.319	14.5	1.504	-15.685			
Sep	0.567	14.5	0.905	-14.838			
Oct	1.156	13.5	0.398	-12.742			
Nov	6.272	13.5	0.606	-7.834			

III.6 Laminage des crues

L'étude de laminage va nous permettre de déterminer la cote maximale du plan d'eau, ainsi que le dimensionnement optimum de l'évacuateur de crue en fonction de hauteurs laminées sans effectuer la sécurité globale de l'aménagement [10].

Cette étude peut se faire par des méthodes purement hydraulique, basées sur la formule de déversoir telles que :

- ↳ La méthode de BLACKMOR
- ↳ La méthode de KOTCHERINE
- ↳ La méthode graphoanalytique de HILDEN BLAT

L'étude de laminage est basée sur l'équation différentielle suivante :

$$Q(t)dt = q(t)dt + S(t)dH \dots\dots\dots(III.7)$$

Avec :

Q(t) : débit de crue entrant à l'instant (t) en (m³/s);

q(t) : débit déversé par l'évacuateur de crue (laminé) en (m³/s);

S : surface du plan d'eau à l'instant (t) en m² ;

III.6.1 Laminage des crues avec la méthode de KOTCHERINE

La méthode de KOTCHERINE est un procédé grapho-analytique, qui se base sur les principes suivants :

- L'hydrogramme de crue est considéré comme un triangle ou un trapèze.
- Les débits transitant par évacuateur de crue se déversent selon une fonction linéaire.
- Laminage commence avec le remplissage de la cuvette au niveau NNR.
- Les pertes par l'évaporation et infiltration sont considérés nulles au moment de la crue.

III.6.1.1 Estimation du débit de crue laminée

Le débit de crue laminée est estimé par la formule suivante :

$$q = Q \left(1 - \frac{V_F}{V_C} \right) \dots\dots\dots(III.8)$$

Avec :

Q : débit de crue du projet (m³/s) ;

V_F : volume de charge sur le déversoir déduit par la courbe « capacité – Hauteur » en (hm³) ;

V_C : volume de la crue du projet (m³) estimée par :

$$V_C = \frac{1}{2} Q \cdot T_b \dots\dots\dots(III.9)$$

Avec :

T_b : temps globale de la crue en seconde ;

III.6.1.2 Estimation de la charge sur le déversoir

Le débit d'évacuation est calculé par l'équation suivante :

$$q = mb\sqrt{2g}H^{3/2} \dots\dots\dots(III.10)$$

Avec :

m : coefficient de débit dépend de la forme de déversoir m=0.51.

b : largeur du déversoir (en m).

H : charge globale d'eau sur le déversoir.

Les données initiales pour la méthode de KOTCERINE sont données au tableau (III.9) suivant :

Tableau (III.9) : les données initiales.

L'accélération de la gravité g (m/s)	9.81
Crue de projet (m^3/s)	1190
Volume de la crue de projet (hm^3)	34
Coefficient de débit m	0.51

Les débits laminés pour différentes charge sur le déversoir sont calculés à l'aide de la formule (III.8), sont illustrés au tableau (III.10)

Tableau (III.10) : les données de départ pour la méthode de KOTCHERINE

H (m)	Q (m^3/s)	NPHE (m.NGA)	$V_f(hm^3)$	q (m^3/s)	b (m)
0.5	1190	122.5	1.5	1137.5	1424.22
0.7	1190	122.7	2.5	1102.5	833.32
0.9	1190	122.9	4	1050	544.38
1.1	1190	123.1	5	1015	389.46
1.3	1190	123.3	6	980	292.68
1.5	1190	123.5	7	945	227.71
1.7	1190	123.7	8	910	181.74
1.9	1190	123.9	8.5	892.5	150.85
2.1	1190	124.1	9.5	857.5	124.73
2.3	1190	124.3	10.5	822.5	104.38
2.5	1190	124.5	11.5	787.5	88.19
2.7	1190	124.7	12.5	752.5	75.08
2.9	1190	124.9	13.5	717.5	64.31
3.1	1190	125.1	14.5	682.5	55.35
3.3	1190	125.3	15.5	647.5	47.81
3.5	1190	125.5	16.5	612.5	41.41
3.7	1190	125.7	17.5	577.5	35.92

Les débits déversés pour différentes largeurs du déversoir sont calculés à l'aide de l'équation (III.10), sont donnés au tableau (III.11) et illustrés au figure (III.3)

Tableau (III.11) : débits déversés pour différentes largeurs du déversoir

H (m)	b (m)					q (m ³ /s)
	94	110	126	142	158	
0.5	75.076	87.855	100.634	113.413	126.192	
0.7	124.364	145.532	166.701	187.869	209.037	
0.9	181.306	212.166	243.027	273.887	304.748	
1.1	244.983	286.683	328.382	370.081	411.781	
1.3	314.748	368.322	421.896	475.470	529.044	
1.5	390.108	456.509	522.910	589.311	655.713	
1.7	470.675	550.790	630.904	711.019	791.134	
1.9	556.132	650.793	745.454	840.114	934.775	
2.1	646.214	756.208	866.202	976.196	1086.190	
2.3	740.695	866.770	992.846	1118.922	1244.998	
2.5	839.378	982.251	1125.124	1267.996	1410.869	
2.7	942.092	1102.448	1262.804	1423.160	1583.516	
2.9	1048.684	1227.183	1405.682	1584.182	1762.681	
3.1	1159.018	1356.297	1553.577	1750.857	1948.136	
3.3	1272.971	1489.647	1706.323	1922.998	2139.674	
3.5	1390.431	1627.101	1863.770	2100.439	2337.108	
3.7	1511.298	1768.540	2025.782	2283.025	2540.267	

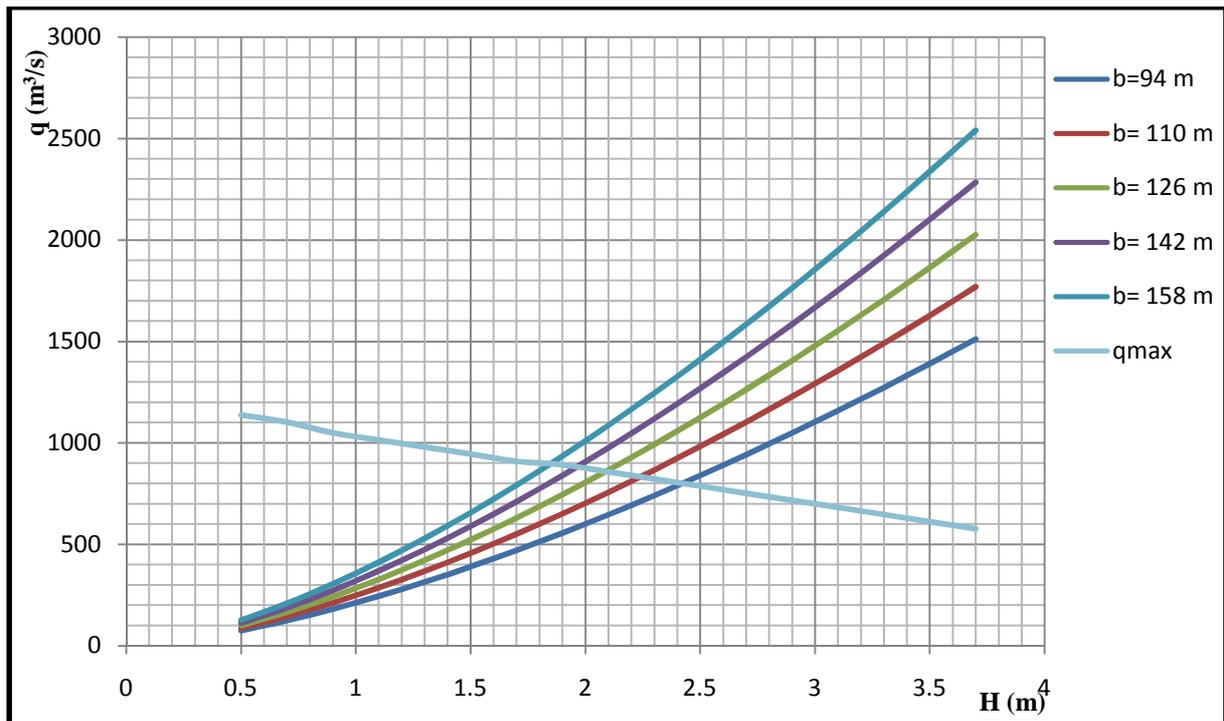


Figure (III.3) : débits déversés pour différentes charges et largeurs du déversoir.

Le volume de la crue laminée pour différentes largeurs du déversoir, est illustré à la figure (III.4).

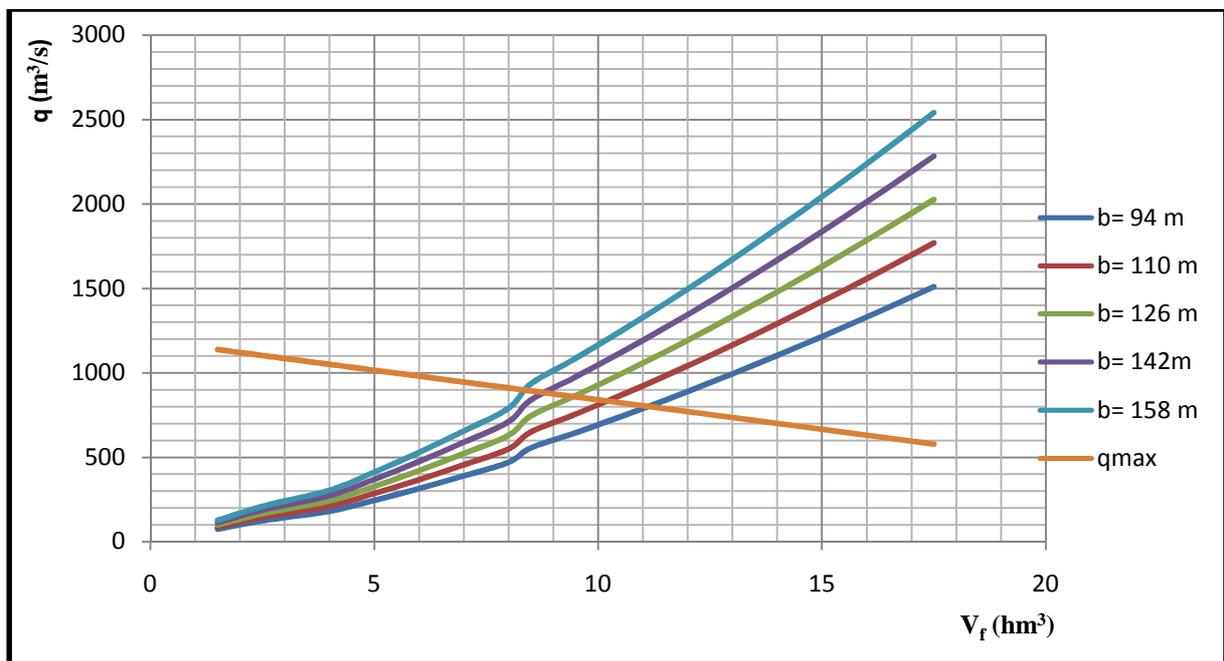


Figure (III.4) : volume de la crue pour différentes largeurs du déversoir.

III.6.2 Laminage de crue par la méthode de HILDENBLAT

Les résultats de calcul sont présentés sous forme d'une figure de hydrogramme de la crue à l'entrée et à la sortie, pour une largeur de déversoir de 126 m.

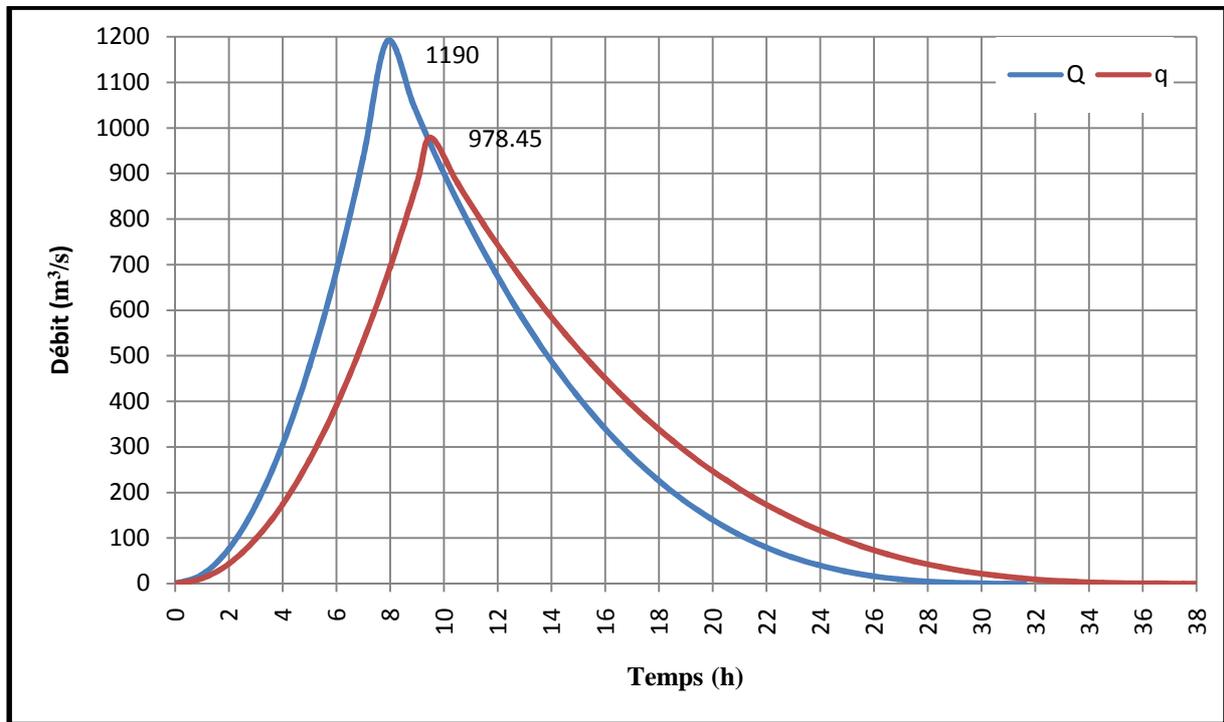


Figure (III.5) : Hydrogramme de crue à l'entrée et à la sortie pour $b=126m$.

A partir de la figure (III.5), on opte pour une largeur de déversoir de $b = 126 m$, correspondant à un débit déversé $q = 978.45 m^3/s$, une charge de 2,3 m et un volume forcé de $10.5 hm^3$

CONCLUSION

Après avoir le volume mort au chapitre précédent qui égale $V_m = 12 hm^3$, le tracé de courbe « Hauteur – Capacité » ainsi que la courbe « Hauteur – Surface », nous a permis de déterminer le niveau de volume mort (NVM) est approximativement à 77.8 m.NGA.

L'étude de la régularisation a donné un volume utile de $77.8 hm^3$ qui correspond au niveau normal du barrage de Souk El Tlata (NNR) de 122 m.NGA.

L'étude de laminage nous a permis d'obtenir les dimensions du déversoir, qui a une largeur (b) de 126 m et une hauteur de 2,3 m. Cette hauteur correspond au niveau plus haute des eaux (NPHE) qui égale à 124.5 m.NGA.

CHAPITRE IV

Digues et

Ouvrages annexes

INTRODUCTION

Les barrages en terre peuvent être constitués de matériaux de construction de caractéristiques très diverses, à la différence des barrages en béton ou même en enrochements dont les matériaux constitutifs restent 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 de sol de fondation et de la forme de la vallée, des problèmes de transport d'approvisionnement, de l'extraction des matériaux de construction de leurs zones d'emprunts ainsi que des conditions économiques.

L'étude géologique et géotechnique est la base fondamentale de cette étude, en effet c'est en fonction de la nature du sol de fondation et des matériaux de construction disponibles au voisinage du site du barrage que l'on peut proposer des variantes et en écarter d'autres.

IV.1 Choix du type de barrage

Les principaux paramètres à prendre en considération dans le choix du type de barrage sont :

- La topographie du site.
- La morphologie de la vallée.
- Les conditions géologiques et géotechniques.
- Les matériaux de construction.

Pour le cas présent, les conditions topographiques, géotechniques, et géologiques du site permettent d'envisager un barrage zoné en matériaux locaux.

IV.2 Profil général du barrage

Le profil du barrage est déterminé par le calcul des éléments ci-dessous.

IV.2.1 Calcul de la revanche

Il existe plusieurs méthodes pour calculer de la revanche, on site, [11]:

a. Formule de STEVENSON GAILLARD

La formule de *STEVENSON GAILLARD* est donnée par les formules suivantes

$$R_v = 0.75h_v + \frac{V_v^2}{2g} \dots\dots\dots(IV.1)$$

$$h_v = 0.75 + 0.34\sqrt{F} - 0.26\sqrt[4]{F} \dots\dots\dots(IV.2)$$

$$V_v = 1.5 + 0.66\sqrt{h_v} \dots\dots\dots(IV.3)$$

Ou :

R_v : hauteur de monter de la vague en (m).

F: fetch en (km), avec F= 13 km.

V_v : vitesse propagation des vagues en (m/s).

b. Formule de MALLET et PAQUANT

La formule **MALLET et PAQUANT** est exprimée par les formules suivantes :

$$R_v = h_v + \frac{V_v^2}{2g} \dots\dots\dots(IV.4)$$

$$V_v = \frac{3}{2} + \frac{2}{3} h_v \dots\dots\dots(IV.5)$$

$$h_v = \frac{1}{2} + \frac{1}{3} \sqrt{F} \dots\dots\dots(IV.6)$$

c. Formule de l'USBR

La formule de calcul est donnée par :

$$V_v = 1.5 + 2h_v \dots\dots\dots(IV.7)$$

Les résultats du calcul de la revanche par différentes formules sont donnés au tableau (IV.1).

Tableau (IV.1) : les résultats du calcul de la revanche

Formules	valeurs		
	h_v	V_v	R
STEVENSON GAILLARD	1,043	2,174	1,023
MALLET et PAQUANT	1,141	2,261	1,402
USBR	1,141	3,782	1,870

Les résultats du tableau sont que des valeurs théoriques, c'est pour cela on opte pour une revanche de deux mètres « $R= 2.0 m$ » pour des mesures de sécurité.

Après avoir la hauteur de déversoir ainsi que la revanche, on peut déterminer la hauteur totale du barrage avec la formule suivante :

$$H_b = NNR - N_F + h_{dev} + R + t \dots\dots\dots(IV.8)$$

Avec :

H_b : la hauteur totale du barrage en (m) ;

NNR : niveau normale du barrage, NNR= 122 m.NGA.

N_F : niveau de la fondation après l'excavation la couche des alluvions du lit d'oued,

$N_F = 38$ m.NGA.

R : la revanche, $R = 2$ m.

h_{dev} : hauteur du déversoir, $h_{dev} = 2.5$ m.

t : tassement plus (+) le risque sismique, $t = 2.5 + 1 = 3.5$ m.

L'application numérique donne une valeur pour la hauteur du barrage d'ordre :

$$H_b = 92 \text{ m} \Rightarrow N_{cr} = 130 \text{ m.NGA}$$

Pour la digue de col, on a :

$N_F = 103$ m.NGA, $t = 1.5$ m.

$$H_{dc} = 25 \text{ m} \Rightarrow N_{cr} = 128 \text{ m.NGA}$$

IV.2.2 Largeur en crête

Plusieurs formules sont utilisées pour calculer la largeur de la crête, on site, [11]:

a. Formule de KNAPEN

$$b_{cr} = 1.65\sqrt{H_b} \dots\dots\dots(IV.9)$$

b. Formule d'E-F-PREECE

$$b_{cr} = 1.1\sqrt{H_b} + 1 \dots\dots\dots(IV.10)$$

c. Formule ANONYME (simplifiée)

$$b_{cr} = 3.60\sqrt[3]{H_b} - 3 \dots\dots\dots(IV.11)$$

La largeur de la crête pour la digue principale et la digue de col est donnée au tableau (IV.2) :

Tableau (IV.2) : la largeur de la crête pour les deux digues.

Formules	valeurs	
	Barrage principal	digue de col
KNAPEN	12,566	7.56
d'E-F-PREECE	9,377	6.04
ANONYME (simplifiée)	10,935	6.93

D'après les résultats de tableau (IV.2), on opte pour une largeur de 10 m ($b_{cr} = 10$ m) pour le barrage principal et une largeur de 6 m ($b_{cr} = 6$ m) pour la digue de col.

IV.2.3 Pente des talus

Il n'existe pas des formules théoriques qui permettent de calculer directement ces pentes. Les pentes des talus du barrage de Souk El Tlata sont données au tableau (IV.3).

Tableau (IV.3) : pentes des talus

Niveau (m.NGA)	Digue principale		Digue de col	
	Amont (m ₁)	Aval (m ₂)	Amont (m ₁)	Aval (m ₂)
130 – 110	1/1.9	/	/	/
130 – 116	/	1/1.9	/	/
128 - 112	/	/	1/2.5	/
116 – 91	/	1/2.2	/	/
128 – 119	/	/	/	1/2.5
112 - 107	/	/	1/2	/
110 – 90	1/2.4	/	/	/
91 – 56	/	1/2.4	/	/
90 – 80	1/3	/	/	/
80 – 62.5	1/2	/	/	/

IV.2.4 Protection des talus

Les talus d'un barrage sont sensibles à l'érosion due au ruissellement des eaux de pluie, au renard provoqué par le ressuyage des eaux de saturation du barrage, en ce qui concerne le parement amont à l'attaque des vagues ainsi que la vidange rapide.

➤ Talus amont

On opte pour une protection en enrochement pour les deux digues (principale et digue de col), cette protection consiste à la réalisation des couches d'épaisseur prédéterminées des blocs des pierres des dimensions appropriées (rip-rap). Le matériau devra être sain, d'un poids capable de résister à la poussée des vagues.

➤ Talus aval

Une couche de terrain végétal d'une épaisseur de 40 cm couvre le talus aval pour les deux digues. Cette couche prolonge de 2.5 m vers la crête pour la digue principale et de 0.5 m pour la digue du col.

IV.2.5 Diamètre moyenne de l'enrochement et l'épaisseur minimale de la couche d'enrochement

Pour déterminer l'épaisseur de cette couche, on utilise les méthodes suivantes, [12]:

➤ Méthode USA

Les ingénieurs d'US ARMY utilisent un tableau déterminé à partir d'abaques qui permettent d'obtenir l'épaisseur minimale de la couche d'enrochement et les dimensions minimales des blocs de roche en fonction de la hauteur de la vague.

Les valeurs de l'épaisseur minimum de la couche d'enrochement et D_{50} min sont données au tableau (IV.4).

Tableau (IV.4) : Epaisseur minimale de la couche d'enrochement et D_{50} minimal.

Hauteur des vagues (m)	Epaisseur min de la couche d'enrochement (m)	d_{50} min (m)
0 à 0.3	0.30	0.20
0.3 à 0.6	0.40	0.25
0.6 à 1.2	0.45	0.30
1.2 à 1.8	0.55	0.40
1.8 à 2.4	0.70	0.45
2.4 à 3.3	0.80	0.55

Le tableau (IV.4) montre que pour notre cas, la hauteur de la vague est entre 0.6 et 1.2 donc l'épaisseur minimale $e = 0.45$ m et $d_{50} = 0.30$.

➤ Méthode T.V.A (Tennessee. Valley. Authority)

L'épaisseur de l'enrochement est donnée par :

$$e = C.V^2 \dots\dots\dots (IV.12)$$

Avec :

e : Epaisseur de l'enrochement en (m) ;

V : vitesse de propagation des vagues, $V = 3.78$ m/s.

C : coefficient dont la valeur est en fonction de la pente du talus et du poids spécifique γ du matériau d'enrochement ($\gamma=2.5 \text{ g/cm}^2$), $C= 0.028$.

La valeur de C est donnée par le tableau (IV.5) suivant :

Tableau (IV.5) : les valeurs de C en fonction de la pente du talus et du poids spécifique d'enrochement

Pente du talus	Valeurs de C pour différents poids		
	$\gamma=2.50$	$\gamma= 2.65$	$\gamma= 2.80$
1/4	0.027	0.024	0.022
1/3	0.028	0.025	0.023
1/2	0.031	0.028	0.026
1/1.5	0.036	0.032	0.030
1/1	0.047	0.041	0.038

L'épaisseur minimale de l'enrochement donnée par la formule (IV.12) pour une pente du talus de 1/3, est d'ordre :

$$e = 0.4 \text{ m}$$

L'épaisseur de la couche d'enrochement pour le talus amont du barrage principal est de « $e = 1.7 \text{ m}$ », repose sur un lit du gravier de 0.8 m d'épaisseur. Ces deux couche prolonge jusqu'à la crête de 2.5 m, d'épaisseur de 0.8 m et 0.4 m respectivement pour chaque une.

Par contre, la digue du col a une épaisseur de « $e = 1.10 \text{ m}$ » et 0.40 m pour le lit du gravier prolongent de 0.5 m pour chacune.

IV.2.6 Protection de la crête

La crête du barrage en tant qu'élément de la digue est nécessaire pour donner au profil en travers une forme trapézoïdale stable. Elle peut servir pour les passages de service.

La crête de deux digues est revêtue par une couche des granulats de 0.30 m d'épaisseur et 0.1 m de gravier bitumé sur une longueur de 5 m, la couche de protection doit être bien compactée.

IV.2.7 Noyau argileux

Les noyaux de deux digues ont une forme trapézoïdale, leurs dimensions se fait comme suit, [12]:

➤ La hauteur de noyau

La hauteur de noyau est donnée par la formule suivante :

$$H_n = H_b - 1 \dots \dots \dots (IV.13)$$

Avec :

H_n : hauteur de noyau en (m) ;

H_b : hauteur du barrage en (m) ;

➤ **La largeur en crête**

La largeur en crête est donnée par :

$$b_{ncr} = \frac{1}{2} b_{cr} \dots \dots \dots (IV.14)$$

Avec :

b_{ncr} : la largeur en crête du noyau en (m) ;

b_{cr} : la largeur en crête du barrage (m) ;

La largeur au sommet du noyau sera déterminée par des raisons de conduite du chantier pour autoriser le passage des engins de compactage, mais aussi par des raisons d'étanchéité.

On prend « $b_{ncr}=0.8.b_{cr}$ »

➤ **La largeur à la base du noyau**

La largeur à la base du noyau est donnée par la formule suivante :

$$B_n = 2mH_n + b_{ncr} \dots \dots \dots (IV.15)$$

Avec :

B_n : la largeur du noyau à la base (m) ;

H_n : la hauteur du noyau (m) ;

m : fruit des talus du noyau ;

b_{ncr} : la largeur en crête du noyau (m) ;

➤ **La largeur moyenne du noyau**

La largeur du noyau au niveau de lit de l'oued est donnée par :

$$\delta_m = 2mH_{nTN} + b_{ncr} \dots \dots \dots (IV.16)$$

Avec :

m : fruit des talus du noyau ;

H_{nTN} : hauteur du noyau au niveau du lit de l'oued (m) ;

b_{ncr} : la largeur en crête du noyau (m) ;

Les résultats de calcul sont récapitulés au tableau (IV.6) ci-dessus.

Tableau (IV.6) : les dimensions du noyau argileux

Dimensions		Noyau Argileux			
		Symboles	Barrage principal	Digue de col	Unité
Hauteur		H_n	91	24	m
Niveau		N_{cr}	129	127	m. NGA
La largeur à la crête		b_{ncr}	8	5	m
La largeur à la base		B_n	53.5	17	m
Niveau à la base		N_B	38	103	m.NGA
La largeur moyenne		δ_m	40.5	17	m
Niveau moyen		H_{nTN}	64	103	m.NGA
Pentes des talus	Amont	m_1	0.25		/
	Aval	m_2	0.25		/

IV.3 Les matériaux de recharges

Les recharges amont du barrage et la digue du col sont constituées par les matériaux graveleux prélevés dans le lit de l'Oued Bou Gdoura. Les divers matériaux peuvent servir à la composition de :

- **Les alluvions sélectionnées** de la couche amont ne devront pas avoir un pourcentage de matériaux passant au tamis 0.074 supérieur à 5% dans le but d'obtenir une zone drainante indispensable à la stabilité du barrage.
- **Les alluvions tout-venant** devront avoir un diamètre maximum de 30 cm, une fraction inférieure à 60 mm comprise entre 40 et 100%, les éléments inférieurs à 2 mm comprise entre 10 et 50% tandis que la fraction inférieure à 0.075 mm ne devra pas dépasser 20%.
- **La transition** devra avoir 30 mm de diamètre maximum des grains et la fraction passant à 2 mm entre 85% et 70%.

Les recharges aval du barrage et de la digue de col sont constituées de grès de deux types sont :

- **Grès type 2** : matériaux passant au tamis 0.074 mm \leq 8%. Ce matériau sélectionné sera placé dans la portion extérieure de la recharge aval tandis que le matériau tout-venant (grès type 1).
- **Grès type 1** : matériaux passant au tamis 0.074 mm \leq 35%, sera placé à l'intérieur de la même recharge.

Pour les filtres et les drains, on pourra utiliser, par criblage, les alluvions de l'Oued Bou Gdoura. Les filtres auront une granulométrie comprise entre 0.1 et 2 mm et les drains entre 2 et 15 mm.

IV.4 Etudes des infiltrations

Les infiltrations à travers le corps du barrage et sa fondation, jouent un rôle très important sur la déstabilisation de l'ouvrage. Cette étude nous permet de déterminer la zone saturante (submergée) et sa ligne de saturation.

IV.4.1 Ligne de saturation

La ligne de saturation est la ligne le long de laquelle la pression hydrostatique est nulle, on appelle aussi « ligne phréatique », [12].

Elle est en fonction des caractéristiques des matériaux de constructions, elle est déterminée sur la base de la parabole de KOZENY qui nous permet de délimiter la partie sèche ou humide de la partie saturante.

La parabole de KOZENY est donnée par l'équation suivante :

$$y^2 - y_0^2 - 2xy_0 \dots \dots \dots (IV.17)$$

tel que :

$$y_0 = \sqrt{h^2 + d^2} - d \dots \dots \dots (IV.18)$$

Avec :

b : Projection horizontale de la partie mouillée du parement amont du noyau ;

d : Largeur en base du noyau diminuée de 0.7b ;

h : Charge hydraulique du barrage ;

Les paramètres de l'équation (IV.17) et (IV.18) sont calculés comme suit :

La largeur d est calculée par la formule suivante :

$$d = \delta_m - 0.7b \dots \dots \dots (IV.19)$$

Avec :

δ_m : la largeur moyenne du noyau

Les résultats du calcul sont récapitulés au tableau (IV.7) suivant :

Tableau (IV.7) : les résultats de calcul pour l'équation (IV.8)

Paramètres (m)	Parabole de KOZENY	
	Digue principale	Digue de col
b	15.125	6.25
y ₀	37.58	15.38
d	29.91	12.63
h	60.5	25

Les coordonnées de parabole de KOZENY sont données au tableau (IV.9), (IV.10) et illustrée à la figue (IV.1).

Tableau (IV.8) : les coordonnées de parabole de KOZENY pour la digue principale

X (m)	0	2	4	6	8	10	12	14
Y (m)	37.58	39.53	41.39	43.16	44.87	46.52	48.10	49.64
X (m)	16	18	20	22	24	26	28	29.91
Y (m)	51.13	52.58	53.99	55.37	56.71	58.02	59.30	60.50

Tableau (IV.9) : les coordonnées de parabole de KOZENY pour la digue de col

X (m)	0	1	2	3	4	5	6
Y (m)	15.38	16.35	17.27	18.14	18.96	19.76	20.52
X (m)	7	8	9	10	11	12.63	
Y (m)	21.26	21.97	22.66	23.33	23.98	25	

La ligne de saturation est présentée dans la figure (IV.1)

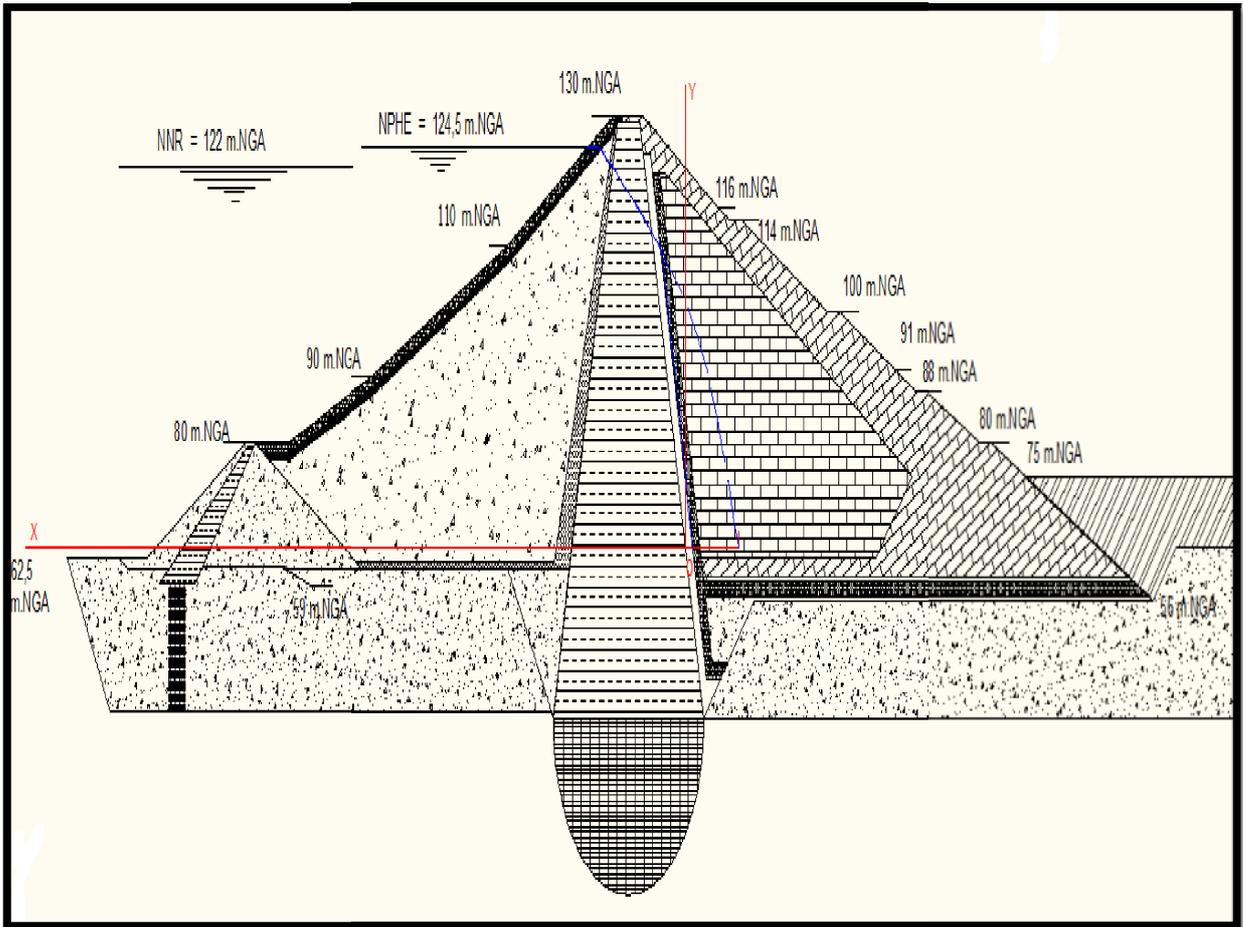


Figure (IV.1) : représentation de la ligne de saturation

IV.4.2 Débit de fuite

Le débit de fuite est donné par la formule de DARCY suivante :

$$q_n = K_r \frac{h^2 - y_0^2}{2\delta'} \dots\dots\dots(IV.20)$$

Avec :

K_r : Coefficient de perméabilité de matériau de recharge, $K_r = 5.10^{-4}$ m/s.

h : Charge hydraulique dans la retenue,

y_0 : Charge hydraulique à l’aval de noyau,

δ' : Epaisseur fictif du noyau (m) ;

L’épaisseur fictive du noyau est estimée par la formule suivante :

$$\delta' = \delta_m \frac{K_r}{K_n} \dots\dots\dots(IV.21)$$

Avec :

δ_m : Largeur moyen du noyau,

K_r : Coefficient de perméabilité de matériau de recharge,

K_n : Coefficient de perméabilité du noyau, $K_n = 4.10^{-7}$ m/s.

L'épaisseur fictive pour la digue de col et la digue principale est :

$$\delta'_{dp} = 50.625m$$

$$\delta'_{dc} = 21.250m$$

La formule de DARCY (IV.20) donne un débit de fuite pour un mètre linéaire (1 ml) pour les deux digues, qui est égale à :

$$q_{ndp} = 0.011m^2 / s$$

$$q_{ndc} = 2.76.10^{-3}m^2 / s$$

Si on multiplie le débit de fuite par la largeur de la digue, on trouve :

$$q_{ndp} = 1.66m^3 / s$$

$$q_{ndc} = 0.92m^3 / s$$

IV.5 Description des ouvrages annexes

IV.5.1 L'évacuateur de crues

Le déversoir sera réalisé selon la formule standard du « U.S.A, Corps of Engineers ». Ce seuil est modélisé suivant le profil:

$$x^{1.85} = 2H^{0.85} \cdot y \dots \dots \dots (IV.22)$$

La crête du déversoir, à la cote du niveau de retenue normale (122 m.NGA), est partagée en trois parties égales de 42 m par deux parois de 0.8 m de largeur.

L'auge de réception des eaux présente une profondeur de 11.5 m entre le déversoir et le fond (110.5 m.NGA).

Le coursier commence à la cote 111.5 m.NGA avec 20 m de largeur et se termine, après 258.5 m avec 40 m de largeur. Le profil en long du coursier a une forme parabolique.

L'installation de 11 déflecteurs sur le coursier, à une distance de 30 m de son extrémité aval, pour améliorer le fonctionnement du bassin amortisseur (60x40 m) ; en effet les déflecteurs de l'écoulement en jets libres et en jets à la paroi facilitent la formation et le maintien du ressaut dans l'enveloppe du bassin.

IV.5.2 Vidange de fond

Cet ouvrage, adossé à la rive gauche en amont du barrage. La vidange de fond est dimensionnée pour décharger un débit de 130 m³/s, lorsque le niveau du barrage est à 122 m.NGA ; à partir de ce niveau, le volume utile peut être vidangé en 7 jours environ.

L'ouvrage d'entrée, dont le seuil est fixé à la cote de 81.5 m.NGA, abrite trois ouvertures (7.80 × 7.50 m).

IV.5.3 La prise d'eau

Le plan incliné consistant la surface supérieure de la prise d'eau forme avec l'horizontale un angle d'environ 31°. La base de cette tour est située à la cote 64 m.NGA et a une largeur de 5 m. si l'on remonte le plan incliné, on rencontre successivement les deux prises de la conduite d'adduction ; ces pertuis, de 3 m × 6 m, sont situés aux cotes. Ils ne sont pas alignés, mais décalés de 3.5 m l'un par rapport l'autre. La capacité de la prise est de 7 m³/s.

CONCLUSION

Le barrage de SOUK EL TLATA sera réalisé par deux digues, une en matériaux meubles qui aura une hauteur de 92 m qui correspond au niveau 130 m.NGA.

Une digue de col sera réalisée pour barrer la dorsale en rive gauche, cette digue aura une hauteur de 25 m qui correspond au niveau de 128 m.NGA.

La disponibilité des matériaux de recharges sur l'oued de Bou Gdoura et sur le site, ne s'impose aucun problème à part les enrochements qu'il faut chercher en d'hors du site.

L'évacuateur du crues sera réalisé au rive droite du barrage, avec un déversoir latéral d'une largeur de 126 m au niveau normale de la retenue 122 m.NGA et un coursier de 20 m de largeur et 258.5 m de longueur.

Le barrage a une tour de prise (02 prises d'eau), la capacité de la prise est de 7 m³/s. la vidange du fond est dimensionnée pour décharger un débit de 130 m³/s.

Conclusion

Générale

CONCLUSION GENERALE

Le présent mémoire est une étude de faisabilité de barrage de SOUK EL TLATA. Les résultats des investigations effectuées dans le cadre de ce projet, nous ont permis de tirer les conclusions suivantes :

- Le bassin versant du barrage est d'une superficie qui est de l'ordre de 466.49 km² avec un fort relief.
- La détermination de la superficie du bassin versant est effectuée à l'aide du logiciel professionnel dénommé MapInfo.

Le bassin versant a une forme allongé du Nord-ouest au Sud-est. Et il est bien drain.

La digue principale est fondée sur une vingtaine de mètres d'alluvions graveleuses, par contre la réalisation des excavations jusqu'au socle métamorphique paléozoïque s'avère nécessaire pour assurer une bonne assise du noyau.

Oued de Tala Imedrane, assure un apport liquide moyen de l'ordre de 150 hm³ et un apport solide de 12hm³, pour une garantie de 90%, l'apport fréquentiel correspond à 119.76 hm³.

Le temps met par une crue du projet de l'ordre de 1190 m³/s pour atteindre l'exutoire du bassin versant est de 7.9 h.

La capacité utile du barrage est de 77.8 hm³ qui doit satisfaire une demande de 98 Hm³.

Le plan d'eau du barrage amorti la crue du projet durant 36 mn qui donne un débit laminé d'une valeur de 978.45 m³/s.

Pour le stockage d'eau dans le barrage, deux digues seront construites :

- Une digue principale qui représente les caractéristiques suivantes :
 - Cote de la crête : 130 m.NGA
 - Cote du terrain naturel : 64 m.NGA
 - Cote du noyau : 129 m.NGA
 - Cote des fondations : 38 m.NGA
- Une digue de cote :
 - Cote de la crête : 128 m.NGA
 - Cote du noyau : 127 m.NGA
 - Cote des fondations : 103 m.NGA

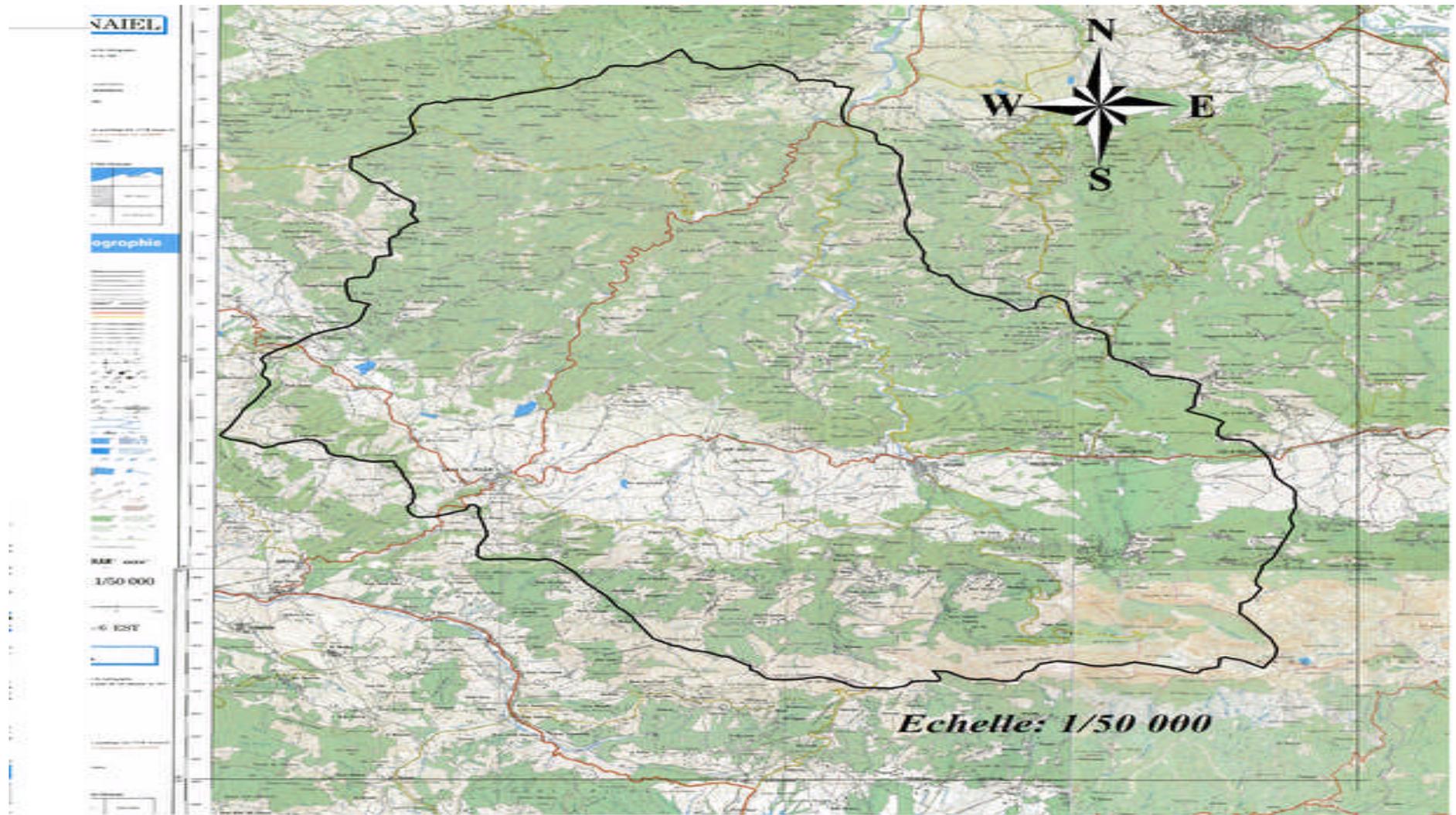
Bibliographie

BIBLIOGRAPHIE

- [1] **Liamas,J.** "Hydrologie générale : Principe du calcul " , Edition Gaitanmorin.
- [2] **Laborde, J. P.** "‘ELEMENTS D'HYDROLOGIE DE SURFACE’",2000.
- [3] **Agence Nationale des Barrages et Transfert.** " Rapport géologique et géotechnique du barrage de Souk El Tlata " , 1988.
- [4] **Touaibia, B.** "‘Manuel Pratique d’Hydrologie’", Presse Madani Frères Guerrouaou-Blida, Mars 2004.
- [5] **Buján, César M et Véliz, José et Manzanares, Boris.** " ‘ Hydrologie appliquée’", Alger, Avril 2004.
- [6] **ROCHE,M.** "HYDROLOGIE DE SURFACE" GAUTHIER - VILLARS ÉDITEUR– Paris, 1963.
- [7] **Comité internationale des grands barrages,** " ‘ Choix de la crue de projet, méthodes actuelles. Bulletin 82. Paris, 1984.
- [8] **Namik,S.** " ETUDE DE FAISABILITE DU BARRAGE DE BOUNACHI SUR OUED RABTA (W. TIZI OUZOU) " , Projet de Fin d’Etudes, Ingéniorat Ecole Nationale Supérieure de l’Hydraulique « Arbaoui Abdellah », Octobre 2008.
- [9] **LADISLAV, V et VOJTECH, B.** "WATER MANAGEMENT IN RESERVOIRS " , ELSEVIER Amsterdam - Oxford - New York - Tokyo 1989.
- [10] **Pochat, R.** "Evacuateur de crues, bulletin technique de génie rural N°125 " , Edité et imprimé par le C.T.G.R.E.F. Paris, Octobre 1980.
- [11] **PADAUX.S :** " Technique des barrages en aménagement rural " ,Edition Eyrolles .Paris , France.1985.
- [12] **Rosete Gamboa, L et Alvarez García, A.** " Manuel de conception et projets typiques des évacuateurs des crues " , Alger, Avril 2004.

Annexes

Annexe 1 : Carte d'état major d'une échelle 1/50 000



ANNEXES

Annexe 2 : Série hydrométrique de la station Tala Imedrane code : 021909.

Années	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juillt	Aout	Moyenne
1973	3.937	3.150	2.819	17.247	16.332	43.942	174.777	53.797	31.369	9.296	4.928	2.083	363.677
1974	2.057	3.886	8.687	4.216	3.759	15.570	28.499	22.581	11.455	34.493	1.651	0.660	137.516
1975	2.616	1.219	87.173	16.764	11.862	87.655	52.451	42.977	31.191	9.627	4.267	1.372	349.174
1976	1.524	4.420	10.008	34.138	50.013	17.932	7.671	12.954	8.026	4.267	1.600	0.432	152.984
1977	0.406	0.635	1.803	3.302	4.394	9.677	17.755	58.598	13.614	4.343	1.168	0.406	116.103
1978	0.406	2.108	3.404	9.423	7.341	19.279	53.619	17.932	9.119	2.642	0.864	0.178	126.314
1979	0.787	1.753	11.938	7.391	29.007	16.688	46.584	20.726	26.822	4.877	1.422	0.559	168.554
1980	0.178	1.016	2.921	57.480	23.520	27.661	32.156	30.226	22.403	5.182	1.829	1.041	205.613
1981	0.584	1.041	1.067	5.766	32.334	49.784	29.997	23.368	12.903	3.759	0.660	0.508	161.773
1982	1.067	3.327	21.158	56.413	17.272	9.677	9.271	8.382	4.851	1.270	0.432	0.203	133.325
1983	0.381	0.254	1.651	2.667	8.230	26.543	23.165	23.546	9.881	9.144	2.032	0.508	108.001
1984	0.782	3.874	3.335	11.989	30.150	21.199	84.201	25.230	15.270	4.961	3.663	0.352	205.005
1985	0.459	1.059	3.010	5.555	7.656	12.073	41.885	3.670	1.176	0.257	0.124	0.000	76.923
1986	0.004	0.217	0.562	20.023	22.598	113.944	45.110	28.423	8.938	3.597	1.226	0.034	244.676
1987	0.000	0.938	1.560	3.741	5.824	7.066	15.034	7.409	6.386	2.060	0.162	0.000	50.180
1988	0.293	0.214	0.487	21.610	11.882	8.352	19.416	20.000	6.802	3.292	0.887	0.000	93.235
1989	0.082	0.984	1.823	1.998	4.072	3.282	2.964	6.746	15.067	6.586	0.000	0.000	43.604
1990	0.013	1.452	1.722	2.282	5.278	6.939	10.490	42.240	18.344	5.382	2.985	0.435	97.563
1991	0.000	0.233	6.523	20.145	22.466	8.062	13.528	10.112	13.973	3.378	0.154	0.000	98.573
1992	0.022	0.038	1.064	6.698	9.881	16.096	9.235	11.148	8.377	0.688	0.000	0.000	63.247
moyenne	0.780	1.591	8.636	15.442	16.194	26.071	35.890	23.503	13.798	5.955	1.503	0.439	150.000
fraction	0.005	0.011	0.058	0.103	0.108	0.174	0.239	0.157	0.092	0.040	0.010	0.003	1.000
%	0.520	1.061	5.757	10.295	10.796	17.381	23.927	15.669	9.199	3.970	1.002	0.292	100.000
A (90%)	0.567	1.156	6.272	11.216	11.762	18.936	26.068	17.071	10.022	4.325	1.091	0.319	108.950

Annexe 3 : Table de distribution de χ^2 (Loi de K. Pearson).

	Probabilité au déplacement (P)								
	0,990	0,975	0,950	0,900	0,100	0,050	0,025	0,010	0,001
1	0,0002	0,0010	0,0039	0,0158	2,71	3,84	5,02	6,63	10,83
2	0,02	0,05	0,10	0,21	4,61	5,99	7,38	9,21	13,82
3	0,12	0,22	0,35	0,58	6,25	7,81	9,35	11,34	16,27
4	0,30	0,48	0,71	1,06	7,78	9,49	11,14	13,28	18,47
5	0,55	0,83	1,15	1,61	9,24	11,07	12,83	15,09	20,52
6	0,87	1,24	1,64	2,20	10,64	12,59	14,45	16,81	22,46
7	1,24	1,69	2,17	2,83	12,02	14,07	16,01	18,47	24,32
8	1,65	2,18	2,73	3,49	13,36	15,51	17,53	20,09	26,13
9	2,09	2,70	3,33	4,17	14,68	16,92	19,02	21,67	27,88
10	2,56	3,25	3,94	4,87	15,99	18,31	20,48	23,21	29,59
11	3,05	3,82	4,57	5,58	17,27	19,67	21,92	24,72	31,26
12	3,57	4,40	5,23	6,30	18,55	21,03	23,34	26,22	32,91
13	4,11	5,01	5,89	7,04	19,81	22,36	24,74	27,69	34,53
14	4,66	5,63	6,57	7,79	21,06	23,68	26,12	29,14	36,12
15	5,23	6,26	7,26	8,55	22,31	25,00	27,49	30,58	37,70
16	5,81	6,91	7,96	9,31	23,54	26,30	28,84	32,00	39,25
17	6,41	7,56	8,67	10,08	24,77	27,59	30,19	33,41	40,79
18	7,01	8,23	9,39	10,86	25,99	28,87	31,53	34,80	42,31
19	7,63	8,91	10,12	11,65	27,20	30,14	32,85	36,19	43,82
20	8,26	9,59	10,85	12,44	28,41	31,41	34,17	37,57	45,32
21	8,90	10,28	11,59	13,24	29,61	32,67	35,48	38,93	46,80
22	9,54	10,98	12,34	14,04	30,81	33,92	36,78	40,29	48,27
23	10,20	11,69	13,09	14,85	32,01	35,17	38,08	41,64	49,73
24	10,86	12,40	13,85	15,66	33,20	36,41	39,37	42,98	51,18
25	11,52	13,12	14,61	16,47	34,38	37,65	40,65	44,31	52,62
26	12,20	13,84	15,38	17,29	35,56	38,88	41,92	45,64	54,05
27	12,88	14,57	16,15	18,11	36,74	40,11	43,19	46,96	55,48
28	13,57	15,31	16,93	18,94	37,92	41,34	44,46	48,28	56,89
29	14,26	16,05	17,71	19,77	39,09	42,56	45,72	49,59	58,30
30	14,95	16,79	18,49	20,60	40,26	43,77	46,98	50,89	59,70

Annexe 2 : Fonction de répartition de la loi normale réduite

ANNEXES

u p	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,0	0,5000	0,5040	0,5080	0,5120	0,5160	0,5199	0,5239	0,5279	0,5319	0,5359
0,1	0,5398	0,5438	0,5478	0,5517	0,5557	0,5596	0,5636	0,5675	0,5714	0,5753
0,2	0,5793	0,5832	0,5871	0,5910	0,5948	0,5987	0,6026	0,6064	0,6103	0,6141
0,3	0,6179	0,6217	0,6255	0,6293	0,6331	0,6368	0,6406	0,6443	0,6480	0,6517
0,4	0,6554	0,6591	0,6628	0,6664	0,6700	0,6736	0,6772	0,6808	0,6844	0,6879
0,5	0,6915	0,6950	0,6985	0,7019	0,7054	0,7088	0,7123	0,7157	0,7190	0,7224
0,6	0,7257	0,7291	0,7324	0,7357	0,7389	0,7422	0,7454	0,7486	0,7517	0,7549
0,7	0,75 80	0,7611	0,7642	0,7673	0,7704	0,7734	0,7764	0,7794	0,7823	0,7852
0,8	0,7881	0,7910	0,7939	0,7967	0,7995	0,8023	0,8051	0,8078	0,8106	0,8133
0,9	0,8159	0,8186	0,8212	0,8238	0,8264	0,8289	0,8315	0,8340	0,8365	0,8389
1,0	0,8413	0,8438	0,8461	0,8485	0,8508	0,8531	0,8554	0,8577	0,8599	0,8621
1,1	0,8643	0,8665	0,8686	0,8708	0,8729	0,8749	0,8770	0,8790	0,8810	0,8830
1,2	0,8849	0,8869	0,8888	0,8907	0,8925	0,8944	0,8962	0,8980	0,8997	0,9015
1,3	0,9032	0,9049	0,9066	0,9082	0,9099	0,9115	0,9131	0,9147	0,9162	0,9177
1,4	0,9192	0,9207	0,9222	0,9236	0,9251	0,9265	0,9279	0,9292	0,9306	0,9319
1,5	0,9332	0,9345	0,9357	0,9370	0,9382	0,9394	0,9406	0,9418	0,9429	0,9441
1,6	0,9452	0,9463	0,9474	0,9484	0,9495	0,9505	0,9515	0,9525	0,9535	0,9545
1,7	0,9554	0,9564	0,9573	0,9582	0,9591	0,9599	0,9608	0,9616	0,9625	0,9633
1,8	0,9641	0,9649	0,9656	0,9664	0,9671	0,9678	0,9686	0,9693	0,9699	0,9706
1,9	0,9713	0,9719	0,9726	0,9732	0,9738	0,9744	0,9750	0,9756	0,9761	0,9767
2,0	0,9772	0,9778	0,9783	0,9788	0,9793	0,9798	0,9803	0,9808	0,9812	0,9817
2,1	0,9821	0,9826	0,9830	0,9834	0,9838	0,9842	0,9846	0,9850	0,9854	0,9857
2,2	0,9861	0,9864	0,9868	0,9871	0,9875	0,9878	0,9881	0,9884	0,9887	0,9890
2,3	0,9893	0,9896	0,9898	0,9901	0,9904	0,9906	0,9909	0,9911	0,9913	0,9916
2,4	0,9918	0,9920	0,9922	0,9925	0,9927	0,9929	0,9931	0,9932	0,9934	0,9936
2,5	0,9938	0,9940	0,9941	0,9943	0,9945	0,9946	0,9948	0,9949	0,9951	0,9952
2,6	0,9953	0,9955	0,9956	0,9957	0,9959	0,9960	0,9961	0,9962	0,9963	0,9964
2,7	0,9965	0,9966	0,9967	0,9968	0,9969	0,9970	0,9971	0,9972	0,9973	0,9974
2,8	0,9974	0,9975	0,9976	0,9977	0,9977	0,9978	0,9979	0,9979	0,9980	0,9981
2,9	0,9981	0,9982	0,9982	0,9983	0,9984	0,9984	0,9985	0,9985	0,9986	0,9986

ملخص:

في إطار الاستراتيجية الوطنية التي تهدف إلى الحفاظ على الموارد المائية من أجل تخزين ملايين الأمتار المكعبة التي تتسرب إلى البحر. لذا ترى الوكالة الوطنية للسدود والتحويلات ضرورة إنشاء سدود وحواجز مائية بالمنطقة. وعلى اثر ذلك ، يجب الاهتمام بهذه المنشآت من حيث تقدير أبعاد الهندسية والاختيار الأمثل لمواقعها ودراسة جميع ملحقها وتماماتها. وفي إطار ذلك تأتي مذكرتنا هذه لتناول دراسة مفصلة لسد مائي على مستوى نهر تالة امرذان بولاية تيزي وزو.

Résume :

Dans le cadre de la stratégie nationale en matière de conservation des eaux et afin de mobiliser les millions de mètre cubes d'eau qui est perdus (rejet en mer et pertes au niveau des frontières). L'ANBT s'est vue réaliser des barrages et des retenues collinaires.

Toutefois l'étude, le choix et le dimensionnement des ouvrages de stockage méritent d'être approfondis.

Ainsi, l'étude que nous avons menée dans ce MFE est une étude de faisabilité d'un barrage dans la wilaya de Tizi ousou et principalement sur l'Oued Tala Imedrane

Mots clés : Eau, Barrage, Ouvrage

Abstract:

In the setting of the national strategy concerning conservation of water, in order to mobilize an important quality of water that is lost (dismissal in sea and loss at the borders).

The ANBT saw itself achieving dams.

However the survey, the choice and the dimensionality of the storage works deserve to be deepened.

Sow to survey we led in this thesis is a feasibility of a dam in the wilaya of the area of Tizi ousou on Oued Tala Imedrane.

Keys words: Water, Dam, Work