

Laboratoire de Recherche en Hydraulique Appliquée et Environnement (LRHAE)

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par :

ATTOUT Meriem

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

Filière : **Hydraulique**

Spécialité : **Ouvrages et Aménagements Hydrauliques**

INTITULE :

ETUDE DE FAISABILITE DU BARRAGE DE TARZOUT, WILAYA DE CHLEF

Soutenu le **25/06/2024** devant le jury composé de :

- Présidente : **Mme .BENSLIMANE Malika**
- Promoteurs : **Mr .BERREKSI Ali**

Mr .HAMMOUCHE Abderrahmane

- Examineur : **Mr. IKNI Tahar**



Dédicaces

*Du profond de mon cœur , je dédie ce travail à
tous qui me sont chers .*

***M**es chers parents, Aucune dédicace ne saurait
exprimer mon respect, mon amour éternel et
ma considération pour les sacrifices que vous
avez consenti pour mon instruction et mon bien
être.*

***M**a petite famille : À l'homme de ma vie, mon
guide éternel, mon roc et la source de tout mon
bonheur. À celui qui s'est toujours dévoué pour
assurer mon succès, que Dieu te bénisse et te
protège.*

***À** mes deux chères filles , Safa et Marwa, sources de ma joie,
compagnes de ma vie, vous qui m'apportez force et
courage, que Dieu vous préserve et veille sur vous.*

***M**a sœur, pour son engagements et son amour
qu'elle trouve ici l'expression de ma haute
gratitude.*

Et à toute la famille ATTOUT et HANI

MERJEM. A





Remerciements

Tout d'abord, je remercie DIEU , Le Tout-Puissant, de m'avoir accordé le Courage, la volonté et la patience pour mener à bien ce travail de recherche

Je tiens, en deuxième lieu, à remercier vivement mes encadrants Mr.BERREKSI Ali et Mr. HAMMOUCHE Abderrahmane pour leur suivi, leur conseils précieux, et leur engagement tout au long de mon travail.

Je tiens à remercier également les respectables membres du jury , d'avoir pris le temps d' examiner et d'évaluer ce travail, et d'honorer ainsi ma soutenance par leur présence.

je tiens également à exprimer mes remerciements à nos enseignants et à l'ensemble du personnel du département d'hydraulique.

Enfin , il m'est impossible de conclure ces remerciements sans exprimer ma gratitude à toutes les personnes qui m'ont soutenu tout au long de mon parcours académique .

Merci infiniment



Liste des figures

Chapitre I : Généralités sur les barrages

Figure I-1: Structure d'un barrage	2
Figure I-2 : Géométrie simplifiée d'un site de barrage	3
Figure I-3 : Barrages en terre homogènes	5
Figure I-4 : Barrage à noyau étanche.....	5
Figure I-5: Barrage zoné	6
Figure I-6: Barrages à masque amont.....	7
Figure I-7: Barrages à masque amont en béton armé	7
Figure I-8: Pose de géo membrane (Barrage de Sar Cheshmeh, Iran).	8
Figure I-9: Schéma d'un barrage poids	8
Figure I-10: Schéma d'un barrage voûte.....	9
Figure I-11: Schéma d'un barrage à contreforts.....	9
Figure I-12 : Classement des barrages selon leur géométrie et leur retenue	11

Chapitre II:Aperçus géologique et géotechnique

Figure II-1: Structure d'un barrage	13
Figure II-2: Carte geologique 1/50000	15
Figure II-3: Position des niveaux des aquifères dans la zone du site du barrage de Tarzout	19

Chapitre III:Etude hydrologique

Figure III-1 : Carte d'Etat-major Orleansville à l'échelle1/250 000	24
Figure III-2: Bassin Versant de l'Oued Tarzout et réseau hydrographique	25
Figure III-3: Courbe hypsométrique (Tarzout)	28
Figure III-4 : Ordres des talwegs du bassin versant.	32
Figure III-5 : Températures moyennes mensuelles	36
Figure III-6 : Evaporation mensuelles.....	37
Figure III-7: Graphique d'ajustement à la loi Gumbel.....	44
Figure III-8: Graphique d'Ajustement à la loi de LOG Normale.....	45
Figure III-9: Courbes des intensités des pluies pour différentes fréquences	48
Figure III-10: Les hydrogrammes de crues	59

Chapitre IV:Etude de régularisation et laminage des crues

Figure IV-1: Courbe surfaces- hauteurs	67
Figure IV-2: Courbe capacité-hauteur.....	67
Figure IV-3: Courbes $h=(q,Q)$	77
Figure IV-4: Courbes $V=f(q,Q)$	77

Chapitre V: Dimensionnement du barrage

Figure V-1: Clé d'ancrage du barrage.....	84
Figure V-2: Calcul les infiltrations à travers le corps de la digue.	90

Liste des tableaux

Chapitre II :Aperçus géologique et géotechnique

Tableau II-1: Résultats des essais Lefranc.	18
Tableau II-2 :Zones d'emprunt potentielles des matériaux de construction	20

Chapitre III: Etude hydrologique

Tableau III-1: Répartition des surfaces en fonction des cotes de courbes de niveaux	29
Tableau III-2: Détermination des altitudes	30
Tableau III-3: Caractéristiques morphologiques du bassin versant de Tarzout	31
Tableau III-4: Récapitulatif des résultats obtenus	34
Tableau III-5: Récapitulatif des résultats obtenus	35
Tableau III-6: Caractéristique de la Station.....	35
Tableau III-7: Températures moyennes mensuelles et température moyenne annuelle.....	36
Tableau III-8: L'évaporation mensuelle moyenne.....	36
Tableau III-9: Analyse mensuelle des résultat.....	38
Tableau III-10: Ajustement à la loi de Gumbel.....	44
Tableau III-11: Résultats de l'ajustement à la loi de LOG Normale.....	45
Tableau III-12: Les précipitations des différentes fréquences.....	46
Tableau III-13 : Pluies de courtes durées pour les différentes fréquences et leurs intensités ..	47
Tableau III-14: Récapitulatif des apports	51
Tableau III-15 Rrécapitulatifs des Cv	52
Tableau III-16: Les apports de différentes fréquences	53
Tableau III-17: Répartition mensuelle de la précipitation et de l'apport.....	53
Tableau III-18: Débit maximum de crue pour différents périodes de retour (Formule de Mallet-Gauthier)	54
Tableau III-19: Valeur de α en fonction de la fréquence.....	55
Tableau III-20: Débit maximum de crue pour différents périodes de retour (Formule de Sokolovsky).....	55
Tableau III-21: Débit maximum de crue pour différents périodes de retour (Formule de Turraza)	56
Tableau III-22: Récapitulatif des résultats de débit de crue.	56
Tableau III-23 : Coefficient de forme de l'hydrogramme de crue δ	57
Tableau III-24: Les débits de la crue	58
Tableau III-25: Quelques critères de choix de la crue de projet.....	60
Tableau III-26: Récapitulation pour le choix de la crue de projet	60
Tableau III-27 : Les différents méthodes du transport solide.....	62

Chapitre IV: Etude de régularisation et laminage des crues

Tableau IV-1: Répartition mensuelle des besoins	64
Tableau IV-2: Répartition mensuelle des apports	65
Tableau IV-3: Surface et volume en fonction de l'altitude	66
Tableau IV-4:Régularisation saisonnière sans tenir compte des pertes (le taux derégularisation	

est de 80 %)	69
Tableau IV-5: Valeurs de δ en fonction des conditions hydrogéologiques.....	70
Tableau IV-6: La régularisation saisonnière en tenant compte des pertes	71
Tableau IV-7: Données initiales.....	74
Tableau IV-8:1 ère étape de calcul	75
Tableau IV-9:2ème étape de calcul.....	76
Tableau IV-10: 3ème étape de calcul.....	76
Tableau IV-11:Récapitulatif des résultats de la méthode de Kotcherine.....	78
Tableau IV-12: Les caractéristiques du barrage	78

Chapitre V: Dimensionnement du barrage

Tableau V-1: Récapitulatif des résultats.....	81
Tableau V-2: Valeurs indicatives des pentes des talus	81
Tableau V-3: Les valeurs de C en fonction de la pente du talus et du poids	82
Tableau V-4: Classes de barrage en terre en fonction du type de la fondation	83
Tableau V-5: Récapitulatif des résultats de la 1 ère couche de filtre.....	86
Tableau V-6: Récapitulatif des résultats des 2 ième couches de filtre.....	86
Tableau V-7: Coordonnées de la ligne de Kozeny	90
Tableau V-8: Gradient hydraulique admissible	92
Tableau V-9: Volumes des différentes couches de protection	94
Tableau V-10: Volumes des différents matériaux constituant le prisme et tapis de drainage..	95
Tableau V-11: Volumes des différents matériaux.....	96

Sommaire

Introduction générale	1
-----------------------------	---

Chapitre I: Généralités sur les barrages

Introduction	2
I-1 Définition d'un barrage	2
I-2 Sélection du site pour un barrage	3
I-2-1 Conditions topographiques favorables	3
I-2-2 Conditions géologiques	3
I-2-3 Conditions hydrologiques	4
I-3 Différents types de barrage	4
I-3-1 Les barrages en terre	4
I-3-1-1 Les barrages en terre homogènes	5
I-3-1-2 Les barrages en terre zonés (hétérogènes)	5
I-3-2 Les barrages en béton ou en maçonnerie	8
I-3-2-1 Les barrages poids	8
I-3-2-2 Les barrages poids évidés	Erreur ! Signet non défini.
I-3-2-3 Les barrages voûtes	8
I-3-2-4 Les barrages à contreforts	9
I-4 Utilisation des barrages	9
I-5 Classification des barrages	10
Conclusion	11

Chapitre II: Aperçus géologique et géotechnique

Introduction	12
II-1 Topographie de la région	12
II-2 Géologie de la région	13
II-3 Stratigraphie générale	13
II-4 Sismicité régionale	15
II-5 Etude Géotechnique	16
II-5-1 Terrains de couverture	16
II-5-2 Fond de la vallée	16
II-5-3 Couverture quaternaire en rive droite	16
II-5-4 Substratum rocheux	16
II-6 Caractéristiques hydrogéologiques	17
II-6-1 Essais de perméabilité	17
II-6-2 Analyse des fluctuations des niveaux des eaux souterraines	18
II-7 Matériaux de Construction	19
II-7-1 Zones d'emprunt des matériaux de construction	21
II-7-2 Essais et Reconnaissances	21
II-7-3 Utilisation des Matériaux	21
Conclusion	21

Chapitre III: Etude hydrologique

Etude hydrologique	23
Introduction	23
III-1 Le bassin versant	23

III-1-1	Caractéristiques générales du bassin versant.....	23
III-1-2	Caractéristiques physico-géographiques du bassin versant	23
III-1-3	Caractéristiques géographiques du bassin versant.....	23
III-1-4	Caractéristique morpho-métriques	24
III-1-4-1	Principaux indices physiques du bassin versant	25
III-1-4-2	Périmètre P du bassin versant	25
III-1-4-3	Longueur du thalweg principal	25
III-1-4-4	Altitudes du bassin versant	25
III-1-4-5	Pente moyenne de l'oued	26
III-1-4-6	Indice de compacité de Gravelius Kc.....	26
III-1-4-7	Coefficient d'allongement	26
III-1-4-8	Dimension du rectangle équivalent.....	26
III-1-5	Paramètres du relief.....	27
III-1-5-1	Courbe hypsométrique	27
III-1-5-2	Altitude moyenne du bassin versant	28
III-1-5-3	Indice de pente globale	30
III-1-5-4	Pente moyenne du bassin versant	30
III-1-5-5	Densité de drainage.....	31
III-1-5-6	Densité du thalweg élémentaire	31
III-1-5-7	Coefficient de torrencialité	32
III-1-5-8	Temps de concentration	32
III-1-5-9	Vitesse de ruissellement.....	34
III-2	Caractéristiques climatologiques	35
III-2-1	Les températures.....	35
III-2-2	L'évaporation.....	36
III-2-3	Pluviométrie	37
III-2-3-1	Répartition mensuelle	38
III-2-3-2	Pluie journalière maximale	41
III-3	Choix de la loi d'ajustement.....	41
III-3-1	Ajustement des pluies maximales journalières à la loi de Gumbel	42
III-3-1-1	Résultats de l'ajustement à la loi de LOG Normale (maximum de vraisemblance	44
III-4	Pluies de courtes durées de différentes fréquences et leurs intensités.....	46
III-5	Etude des apports	49
III-6	Apport moyen annuel (A0).....	49
III-6-1-1	Formules empiriques.....	49
III-6-1-2	Caractéristiques de l'écoulement.....	51
III-6-2	Irrégularité des apports	52
III-6-2-1	Estimation fréquentielle des apports	52
III-6-2-2	Répartition mensuelle de l'apport moyen annuel	53
III-7	Etude des crues	53
III-7-1	Formules empiriques pour la détermination de la crue	54
III-7-2	Hydrogramme de crue	56
III-7-3	Estimation de la crue de projet	59
III-7-4	Transport solide et calcul du volume mort	61
III-7-4-1	Transport solide	61
III-7-4-2	Calcul du Volume mort du barrage.....	62
Conclusion	63

Chapitre IV: Etude de régularisation et laminage des crues

Introduction	64
IV-1 Répartition des apports et de la consommation U80%	64
IV-1-1 Répartition mensuelle des besoins	64
IV-1-2 Répartition mensuelle de l'apport A80% (Mm3)	65
IV-1-3 Courbe capacité hauteur et surface-hauteur	65
IV-1-4 Calcul du volume utile	68
IV-1-4-1 Régularisation saisonnière sans tenir compte des pertes	68
IV-1-4-2 Régularisation saisonnière (en tenant compte des pertes)	70
IV-2 Laminage des crues	72
IV-2-1 Procédés de calcul	72
Conclusion	78

Chapitre V: Dimensionnement du barrage

Introduction	79
V-1 Dimensionnement de la digue (homogène en argile)	79
V-1-1 Dispositif de protection contre les effets de l'eau et description générale des variantes de protection des talus	82
V-1-2 Méthode TVA (Tennessee -Valley- Authority)	82
V-2 Classification de l'ouvrage	83
V-3 Organes d'étanchéité	83
V-3-1 La clé d'ancrage	83
V-3-2 Le dispositif de drainage du remblai	84
V-3-3 Le tapis drainant sous le talus aval	84
V-3-4 Le prisme de drainage	85
V-4 Calcul des filtres	85
V-4-1 Règles des filtres	85
V-4-2 Détermination de la courbe granulométrique des filtres	86
V-4-3 Vérification de l'absence de renard dans le sol des filtres	87
V-4-4 Vérification de la nécessité de construire un filtre entre la digue et le drain	88
V-5 Protection de la Crête	88
V-5-1 Calcul d'infiltration à travers la digue et la fondation	89
V-5-2 Tracé de la ligne de saturation	89
V-5-3 Calcul du débit d'infiltration (débit de fuite)	90
V-5-4 Vérification de la résistance d'infiltration du sol du barrage	91
V-5-5 Débit d'infiltration à travers la fondation	92
V-6 Volume des travaux	93
Conclusion	97
Conclusion Générale	98
Références bibliographiques	
Annexes	

Liste des symboles

- Amoy*** : Apport moyen interannuel (hm^3)
- B*** : Base de la digue (m)
- bcr*** : Largeur en crête (m)
- b*** : Exposant climatique
- C*** : Coefficient de ruissellement en fonction de la probabilité donnée
- CBam*** : Cote de la berme amont (m)
- CBav*** : Cote de la berme aval (m)
- Ce*** : Coefficient de l'écoulement
- Cf*** : Cote du fond
- Cr*** : Coefficient de ruissellement de la crue pour une période donnée
- Cs*** : Coefficient d'asymétrie
- Cv*** : Coefficient de variation
- Cv*** : Coefficient de variation des pluies
- D*** : Déficit de l'écoulement (mm)
- Ds*** : Dénivelé spécifique (m)
- Ev*** : Lamé d'eau évaporée (m)
- E*** : Module pressiométrique (bar)
- Ev_p*** : Evaporation du plan d'eau (mm)
- F*** : Coefficient de forme de la crue
- H*** : Profondeur (m)
- H₀*** : Charge sur le déversoir.
- H_p*** : Perte d'eau initiale (mm)
- H_b*** : Hauteur de la digue (m)
- H_d*** : Charge sur l'évacuateur de la retenue (m)
- H_{DV}*** : Hauteur de déferlement des vagues sur le talus (m)
- H_f*** : Profondeur de fondation
- H_{max}*** : Altitude max des courbes de niveaux (m)
- H_{méd}*** : Altitude médiane des courbes de niveaux (m)
- H_{min}*** : Altitude min des courbes de niveaux (m)
- H_{moy}*** : Altitude moyenne des courbes de niveaux (m)
- H_{NR}*** : Niveau normal de la retenue (m)
- H_s*** : Hauteur de sécurité (m)

Hv : Hauteur des vagues (m)

Ic : Pente moyenne du cours d'eau principal (%)

Ig : Indice de pente global (%)

Im : Indice de pente moyenne (%)

Ip : Intensité des pluies (mm/h)

Itc : Intensité des pluies pour une fréquence donnée (mm/h)

Kb : Constante dépendant des caractéristiques du bassin

Kf : Perméabilité (m/s)

Kt : Coefficient qui dépend de type de surface des talus

L : Longueur du talweg (km)

Lc : Longueur en crête (m)

Le : Lamme d'eau écoulée (mm)

Ln : Base du noyau (m)

ln : Largeur du noyau en crête (m)

Lr : Longueur du rectangle équivalent (km)

lr : Largeur du rectangle équivalent (km)

m : Coefficient de débit

M0 : Module de l'écoulement relatif (l/s)

Me : Module de l'écoulement (l/s)

me : Volume relatif de l'écoulement pendant l'étiage au cours de l'année (Mm³)

N : Taille de la série des apports annuels de l'échantillon

n10% : Nombre d'année de sécheresse successive maximal à 10 %

NNR : Cote au niveau normal de la retenue (m)

NVM : Cote au niveau du volume mort (m)

P : Périmètre du bassin versant (km)

P0 : Pression total sur le manomètre (g/cm²)

PF : pression de fluage (bar)

Pj : Pluie max journalier (mm)

Pj : Pluie maximale journalière pour la même fréquence (mm)

PL : Pression limite (bar)

Pmoy : Pluie moyenne annuelle (mm)

Pt : Pluie d'une durée (t) pour une fréquence voulue (mm)

Q : Débit (cm³/s)

Qc(t) : Débit de crue entrant à l'instant t (m³/s)

Qd: Débit instantané de la décrue (m^3/s)

Qmax%: Débit maximum pour une fréquence donnée (m^3/s)

Qs : Débit solide (t/an)

q: Débit laminé m^3/s

q(t) : Débit déversé par l'évacuateur de crue (m^3/s)

R : Revanche (m)

S : Surface de plan d'eau de la cuvette à l'instant t

Si : Surface du plan d'eau correspondant à la courbe de niveau H_i (m^2)

s : Superficie du bassin versant (km^2)

Tr : Période de retour (année)

T : Température ($^{\circ}\text{C}$)

Ta : Coefficient de tassement des barrages (m)

Tc : Temps de concentration (heures)

t : Durée de la pluie (heures)

U : Valeur de la variable centrée réduite de gauss

UP% : Demande en eau à satisfaire pour une garantie de P% (hm^3)

μ : Coefficient d'ajustement

V : Vitesse des vagues (m/s)

Van : Volume annuel saisonnier (Mm^3)

VC : Volume de la crue correspondant au Q (m^3)

Ve : Volume évaporé (hm^3)

VNNR : Volume normal de la retenue (m^3)

Vr : Vitesse de ruissellement (km/h)

Vu int : Volume utile interannuel (Mm^3)

Vu : Volume utile (Mm^3)

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

W0 : Apport moyen interannuel (Mm^3)

XT : Pluie journalière de chaque période de retour (mm)

Δ : Dénivelé équivalent (m)

Δhi : Différence d'altitude entre les deux courbes de niveau successives (m)

Introduction Générale

Introduction générale

L'eau est une ressource essentielle, soutenant la vie et le développement humain, économique et écologique. Dans un contexte de croissance démographique accélérée et de développement industriel soutenu, la pression sur les ressources hydriques devient de plus en plus prégnante. Face à ces défis, la gestion durable et la préservation des ressources en eau émergent comme des impératifs cruciaux. L'Algérie, consciente de ces enjeux, a entrepris de nombreux projets d'aménagements hydrauliques pour améliorer la disponibilité et la gestion de l'eau, notamment dans des régions à fort enjeu agricole et urbain comme la wilaya de Chlef.

Le présent mémoire de master explore la faisabilité de construction du barrage de Tarzout, envisagé comme un moyen stratégique pour augmenter la capacité de stockage d'eau dans la région, avec des applications directes en irrigation, en régulation des crues, et en approvisionnement en eau potable. Cette étude de faisabilité est structurée autour de cinq chapitres principaux, chacun abordant un aspect crucial du projet.

Le premier chapitre offre une vue d'ensemble sur les barrages, présentant les différents types et les fonctions qu'ils peuvent remplir, ainsi que les considérations techniques et environnementales associées à leur construction.

Le deuxième chapitre se penche sur l'aperçu géologique et géotechnique du site prévu pour le barrage, évaluant la stabilité du sol et les conditions géologiques qui pourraient influencer la construction et la sécurité du barrage.

Le troisième chapitre traite de l'étude hydrologique du bassin versant de Tarzout, en analysant les régimes de précipitations, les débits d'eau et les potentiels hydrologiques pour assurer la viabilité du barrage.

Le quatrième chapitre explore les techniques de régularisation et de gestion des crues, essentielles pour optimiser le stockage et l'utilisation de l'eau tout en prévenant les risques d'inondation.

Le cinquième et dernier chapitre approfondit la conception technique et le dimensionnement du barrage, détaillant les composants structurels, la sélection des matériaux et les techniques de construction à employer pour garantir la fonctionnalité et la durabilité du barrage.

Chapitre I:

Généralités sur les barrages

Introduction

L'ingénierie des barrages, essentielle dans la gestion des ressources hydriques, représente un domaine complexe qui nécessite une compréhension approfondie de nombreux aspects techniques et environnementaux. Un barrage, est une construction majeure destinée à retenir l'eau dans un but spécifique, qu'il s'agisse de la production d'énergie hydroélectrique, de l'irrigation des terres agricoles, de la fourniture d'eau potable ou encore de la prévention des inondations. Ce chapitre explore les divers aspects liés à la conception, la construction, et l'exploitation des barrages, en mettant en lumière les critères de sélection des sites, les types de barrages existants et leurs particularités, ainsi que les considérations hydrologiques et géologiques qui influencent leurs designs.

I-1 Définition d'un barrage

Un barrage est une structure artificielle ou naturelle érigée dans le lit d'une rivière pour stocker ou détourner l'eau. Il traverse la vallée de part en part, créant ainsi un bassin artificiel étanche. Les barrages artificiels sont généralement construits dans des zones géologiquement imperméables et se composent d'un corps spécifiquement conçu pour chaque type de structure, reposant sur une fondation imperméable ou rendue telle en amont (Figure I-1) [1].

Un barrage est dynamique : il évolue, opère et s'affaiblit en réaction aux forces qu'il subit, et la sécurité des communautés en aval en dépend.

Un barrage fonctionne comme un mur érigé à travers un cours d'eau pour en élever le niveau, créant ainsi un réservoir ou une chute. Il retient l'eau grâce à un revêtement étanche. Ce mur intègre plusieurs structures annexes pour assurer ses fonctions :

- Un évacuateur de crue qui prévient les risques de submersion en cas de crue excessive.
- Une vanne de vidange pour évacuer l'eau du réservoir.
- Une prise d'eau utilisée pour la production d'énergie hydroélectrique.

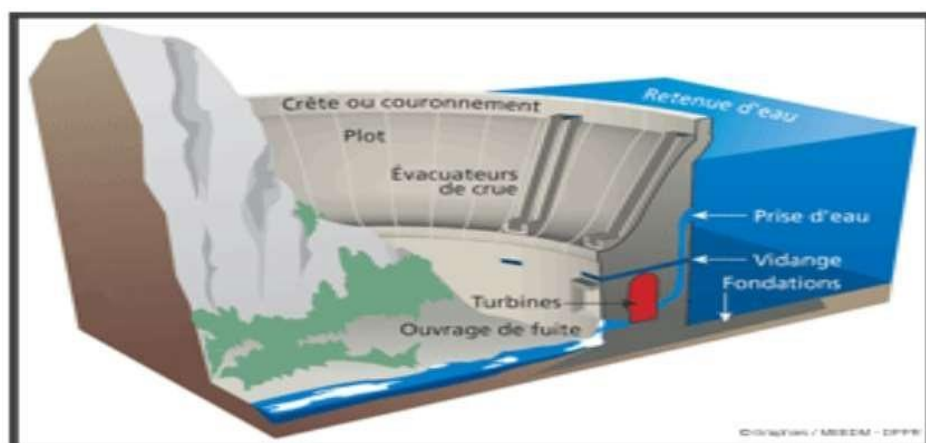


Figure I-1: Structure d'un barrage [2]

I-2 Sélection du site pour un barrage

Choisir un emplacement adapté à la construction d'un barrage requiert une analyse approfondie de la topographie, de la géologie et de l'hydrologie. Ces trois aspects sont cruciaux pour appréhender les caractéristiques hydrauliques du site et pour adapter la structure et le type de barrage à son environnement spécifique

I-2-1 Conditions topographiques favorables

Du point de vue topographique, un site idéal pour un barrage se situe généralement au niveau d'un resserrement naturel de la vallée, juste en aval d'une dépression naturelle. Une fois barrée, cette dépression peut former un réservoir offrant une capacité de stockage adéquate. La forme géométrique du site influe directement sur le choix du type de barrage, déterminée par deux paramètres principaux : le ratio de largeur relative (L/H), variant habituellement de 1 à 4, et la configuration en U ou en V (Figure I-2).

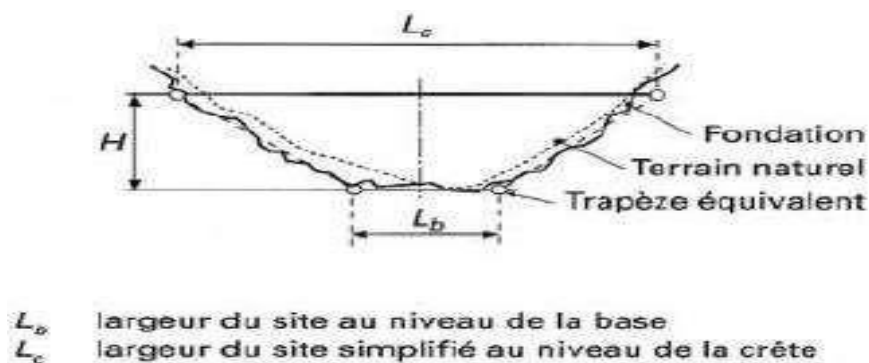


Figure I-2 : Géométrie simplifiée d'un site de barrage [3]

I-2-2 Conditions géologiques

Les roches sur lesquelles repose le barrage doivent être solides et imperméables, assurant à la fois efficacité et sécurité. La constitution même d'une retenue d'eau requiert que le massif sur lequel elle s'appuie possède des propriétés minimales en termes d'étanchéité naturelle ; l'utilisation d'étanchéité artificielle sur toute la base du bassin serait très coûteuse et rarement réalisée. Chaque type de barrage exige également des propriétés mécaniques spécifiques pour résister aux :

- ✚ Forces directes exercées par le barrage ;
- ✚ Forces internes causées par la percolation de l'eau dans le sol.

Le processus de planification d'un barrage débute donc par une étude approfondie, comprenant des analyses géologiques, géophysiques et géotechniques.

Ces études sont progressivement affinées au fur et à mesure de l'avancement du projet et

de la précision des choix concernant le type et la hauteur du barrage. Les géologues interviennent en premier lieu pour décrire la nature et la structure du site et identifier les principales incertitudes ; des études géotechniques sont ensuite menées, comprenant des sondages, des prélèvements, des essais en laboratoire et sur le terrain, afin de lever ces incertitudes. Ces analyses permettent de déterminer la nature des différentes formations présentes sur le site, leur étendue, ainsi que leurs caractéristiques en termes de perméabilité, de déformabilité, de résistance mécanique et de susceptibilité à l'eau. Une attention particulière est portée à la recherche de discontinuités telles que les failles, les fractures ou les zones karstiques.

I-2-3 Conditions hydrologiques

Les précipitations sur le bassin versant alimentant le barrage doivent être suffisantes pour remplir le réservoir et compenser les pertes par évaporation. L'étude hydrologique permet de déterminer les apports moyens en eau, exprimés en hm^3/an ou en m^3/s , ainsi que leurs variations saisonnières ou annuelles. De plus, cette étude fournit des données sur le volume et le débit maximal des crues exceptionnelles, qui doivent être pris en compte lors de la conception du barrage. Généralement, il est exigé que le barrage puisse résister à une crue ayant une période de retour de 10 000 ans, surtout pour les barrages en remblai qui sont susceptibles de subir des dommages en cas de submersion. L'étude hydrologique inclut également des informations sur le transport des sédiments dans la rivière, évaluant ainsi la vitesse d'envasement de la zone morte du réservoir..

I-3 Différents types de barrage

Les barrages s'intègrent étroitement au terrain sur lequel ils sont érigés : chaque site requiert un type de barrage spécifique et une conception adaptée sur les plans technique et économique. Il n'existe donc pas de modèle standard de barrage. De plus, certains barrages sont constitués de plusieurs structures différentes, justifiées par les caractéristiques particulières du sol de fondation et par des considérations économiques.

Les types de barrages peuvent être classés en différentes catégories en fonction du matériau de construction et du mode de résistance à la pression de l'eau. On distingue principalement deux types de barrages selon les matériaux utilisés :

- ✚ Barrages en terre (ouvrages souples)
- ✚ Barrages en béton ou en maçonnerie (ouvrages rigides)

I-3-1 Les barrages en terre

Les barrages en terre compacté sont parmi les plus anciens. On peut les classer principalement en deux catégories : les barrages en terre homogènes et les barrages en terre

zonés (hétérogènes).

I-3-1-1 Les barrages en terre homogènes

Ils sont constitués entièrement d'un seul matériau, l'argile étant le plus couramment utilisé en raison de son imperméabilité, assurant ainsi la stabilité du barrage. Les matériaux les plus fins sont généralement placés en amont, tandis que les plus grossiers se trouvent en aval (Figure I-3).

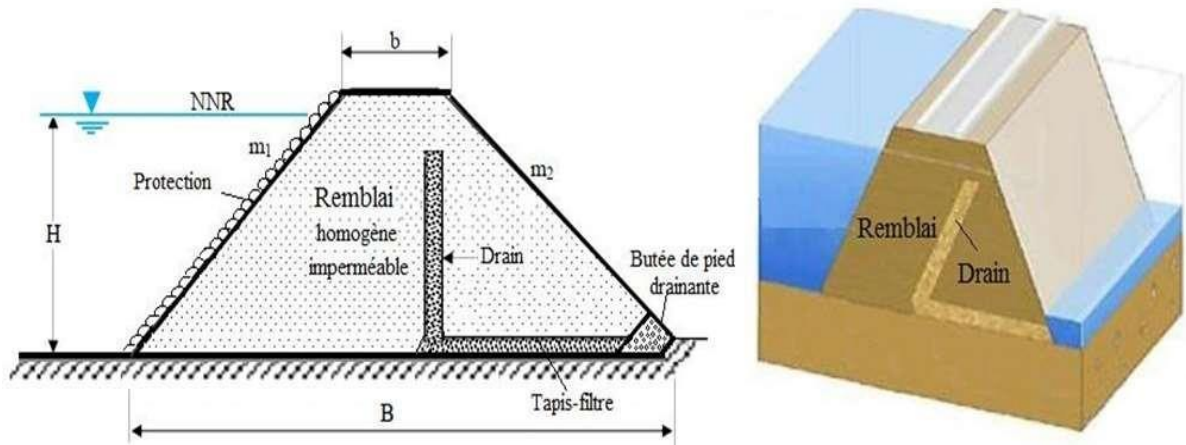


Figure I-3 : Barrages en terre homogènes [3].

I-3-1-2 Les barrages en terre zonés (hétérogènes)

Il existe deux types principaux : les barrages à noyau étanche et les barrages à masque amont

➤ Les barrages en terre à noyau étanche

Ces barrages sont constitués d'un noyau imperméable entouré de zones de matériaux plus grossiers qui assurent la stabilité. Les matériaux sont agencés en fonction de leur granularité, avec des filtres de transition pour protéger le noyau (Figure I-4) .

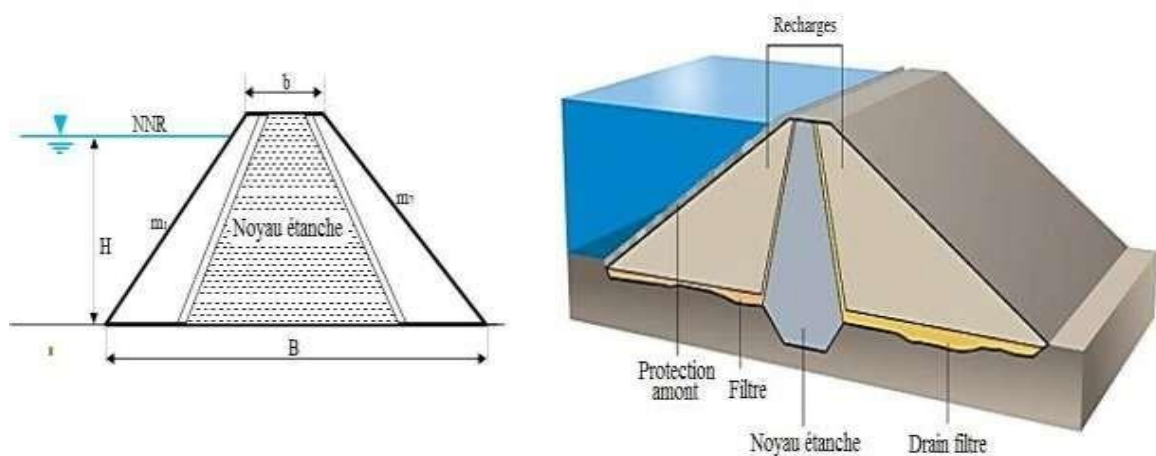
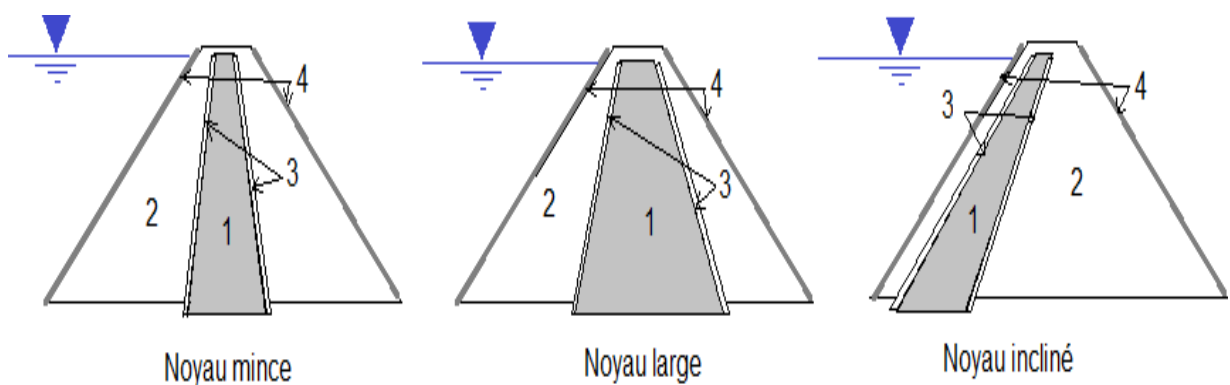


Figure I-4 : Barrage à noyau étanche [3]

Le noyau étanche est placé au centre verticalement ou incliné à l'amont, constitué de matériaux argileux imperméables, d'épaisseur variable généralement plus large à la base à cause des pressions interstitielles plus fortes. L'épaisseur du noyau dépend de la largeur minimale en crête pour le passage des engins, de la disponibilité des terres imperméables et du gradient hydraulique en contact avec la fondation (Figure I-5).

Le type et la position du noyau est choisi selon le cas:

- Le noyau central mince est choisi lorsque la roche de fondation est peu déformable, imperméable et résistante à l'érosion interne.
- Dans le cas d'une digue à noyau incliné, le noyau est déplacé vers l'amont, ce qui présente certains avantages comme
 - La possibilité de construire le corps d'appui séparément du noyau; le noyau est comprimé par la poussée de l'eau ;
 - La surélévation du barrage est plus facile à réaliser.



1 : Noyau 2 : Recharges 3 : Filtres 4 : Protection de talus (Rip-rap)

Figure I-5: Barrage zoné[3]

➤ *Les barrages en terre à masque amont*

Ce sont des remblais perméables dotés d'un écran étanche placé sur la face amont pour assurer l'étanchéité. Le masque peut être réalisé en béton armé, en béton bitumineux ou en géomembrane (Figure I-6).

Le corps du barrage est construit avec un matériau quelconque de manière qu'il soit peu déformable et pouvant assurer la stabilité au glissement de l'ensemble de l'ouvrage.

La présence de ce masque sur le parement amont présente un double avantage de pouvoir faire des réparations en cas de dégradation du masque et de permettre de faire des vidanges rapides sans risque de glissements.

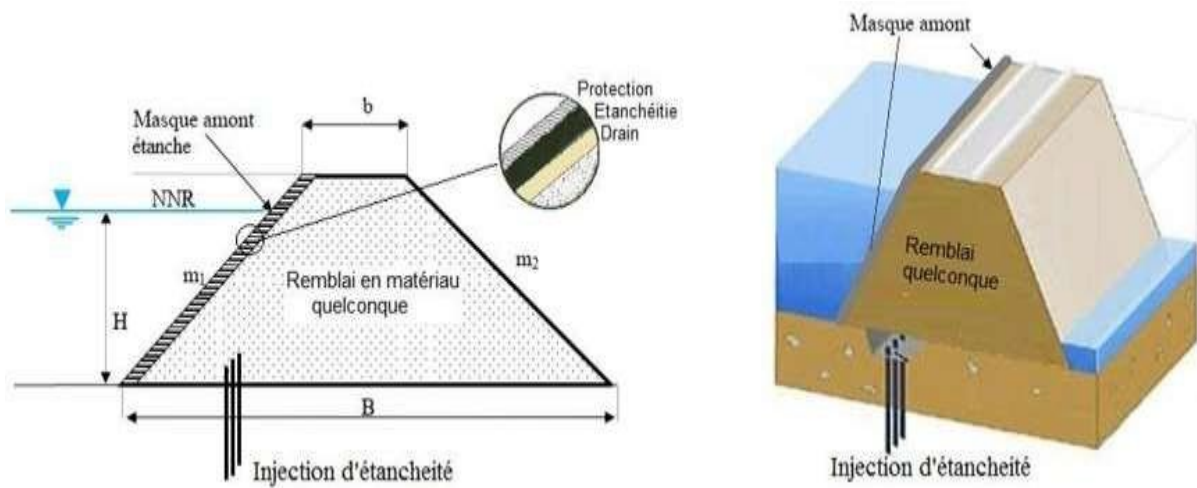


Figure I-6: Barrages à masque amont[3]

Le masque peut être réalisé :

- i. Par une dalle de béton armé coulée par plots successifs sur toute la surface du parement amont (Figure I-7).

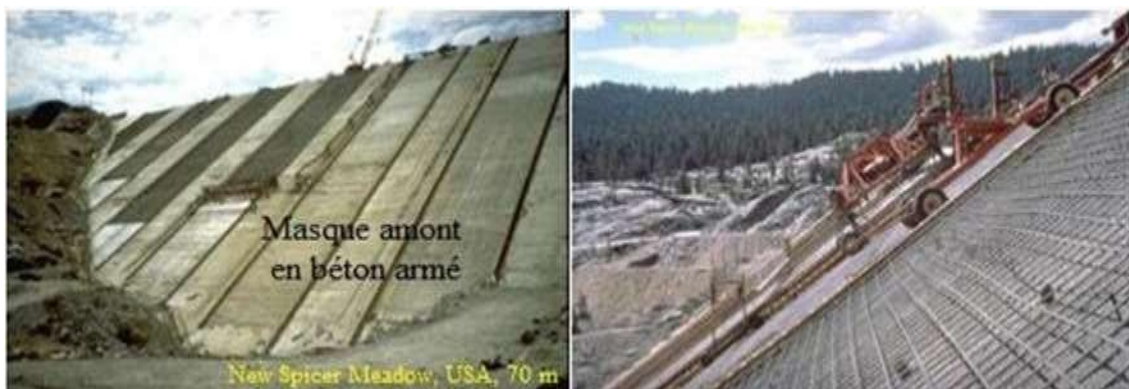


Figure I-7: Barrages à masque amont en béton armé[3]

- ii. Par une ou des couches de béton bitumineux mises en place par des engins routiers
- iii. Par des géo membranes (typiquement des feuilles de PVC de forte épaisseur) livrées en lés et soudées les unes aux autres. Les feuilles sont posées sur une couche de transition en matériau fin (pour éviter de déchirer la membrane qui s'appuierait directement sur les enrochements) et protégées par des dalles oueds pavés (Figure I-8)



Figure I-8: Pose de géo membrane (Barrage de Sar Cheshmeh, Iran).

I-3-2 Les barrages en béton ou en maçonnerie

Il existe plusieurs types de barrages rigides, notamment

I-3-2-1 Les barrages poids

Ce sont des structures massives en béton, épaissies à la base et affinées vers le haut, qui résistent à la pression de l'eau par leur propre poids. Ces ouvrages peuvent être en maçonnerie ou en béton, en maçonnerie hourdée à la chaux pour les plus anciens, en béton compacté au rouleau pour les plus récents. Ce type de barrage convient bien pour des vallées larges ayant une fondation rocheuse. Ils sont souvent découpés en plots à la construction, l'étanchéité entre plots étant assurée par un dispositif placé à l'amont des joints (Figures I-9).

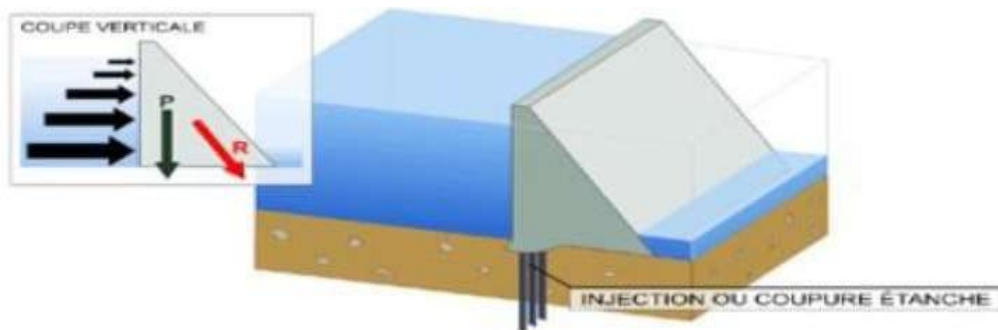


Figure I-9: schéma d'un barrage poids[3]

I-3-2-2 Les barrages voûtes

Ces barrages ont une forme convexe tournée vers l'amont, permettant à la poussée de l'eau d'être répartie sur les flancs de la vallée grâce à un mur de béton arqué (Figure I-10).

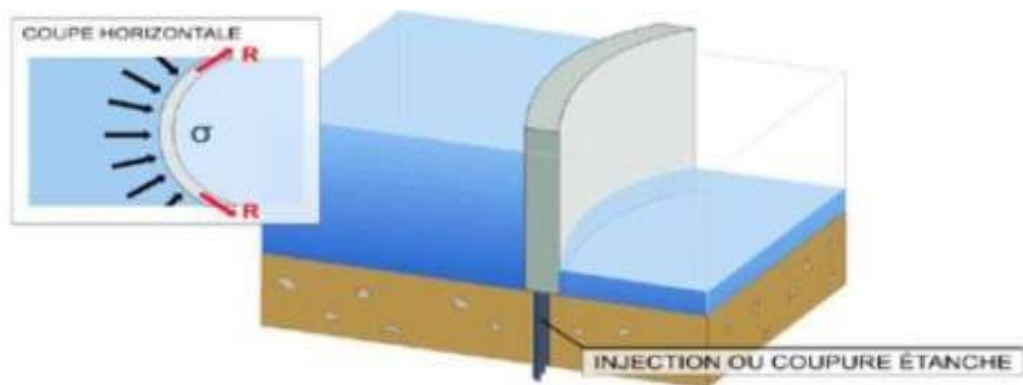


Figure I-10: schéma d'un barrage voûte[2]

I-3-2-3 Les barrages à contreforts

Ces barrages comportent un mur amont supportant l'eau retenue, avec des contreforts verticaux pour redistribuer la pression de l'eau vers les fondations. Ils conviennent bien aux vallées larges avec une bonne qualité de fondation rocheuse (Figure I-11).

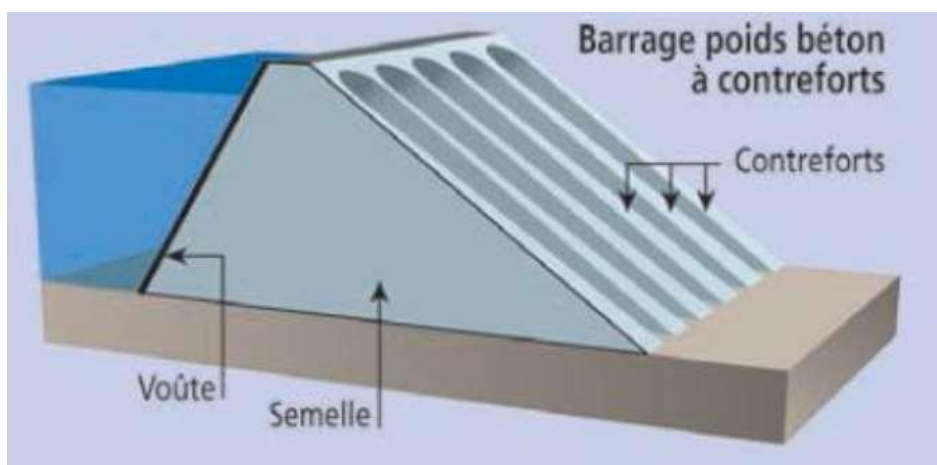


Figure I-11: schéma d'un barrage à contreforts[2]

I-4 Utilisation des barrages

Les barrages sont érigés dans un but multifonctionnel, notamment :

- Production d'électricité à partir de l'énergie renouvelable de l'eau, grâce à des centrales hydroélectriques adossées au barrage ou situées en aval dans la vallée et alimentées par des conduites forcées.
- Création de réserves d'eau pour l'approvisionnement en eau potable des zones urbaines. L'eau peut également être utilisée pour des besoins industriels.
- Irrigation des terres agricoles nécessitant une quantité importante d'eau pendant les périodes sèches.
- Maintien d'un débit minimal dans les rivières pendant les périodes de basses eaux, afin de garantir une qualité écologique satisfaisante et de permettre les prélèvements en aval par

pompage (pour l'approvisionnement en eau, l'irrigation, etc.).

- Atténuation des crues en retenant l'eau dans le réservoir pour la relâcher après le pic de crue.

Certains de ces objectifs peuvent être complémentaires sur un même barrage, tandis que d'autres sont a priori contradictoires. Par exemple, il est impossible d'avoir simultanément un réservoir plein pour fournir de l'eau potable et un réservoir vide pour limiter les crues. Les barrages de régulation des crues sont spécifiquement conçus dans ce but, avec des aménagements particuliers de conception et d'exploitation.

I-5 Classification des barrages

Pour mieux évaluer les risques potentiels associés à ces ouvrages et renforcer leur sécurité, les digues et barrages sont classés en quatre catégories, hiérarchisant les mesures de surveillance à mettre en œuvre. Ce classement va de la catégorie "A", pour les ouvrages présentant le plus grand risque pour la sécurité publique, à la catégorie "D", pour les ouvrages présentant un risque plus faible :

- Pour les barrages : en fonction de leur hauteur et du volume d'eau retenu.
- Pour les digues : en fonction de leur hauteur et de la population située dans la zone protégée par l'ouvrage.

Pour évaluer les risques associés à ces ouvrages, en plus des données géométriques, il serait également utile de connaître la population résidant dans la zone qui serait affectée en cas de rupture de l'ouvrage. Les plus grands barrages, de classe A et dont le réservoir a une capacité égale ou supérieure à 15 millions de mètres cubes, doivent disposer d'un plan particulier d'intervention (PPI). Les critères de classification des digues prennent en compte la population protégée. En tout état de cause, le préfet peut modifier le classement d'un ouvrage s'il estime que celui défini ci-dessus n'est pas suffisant pour assurer la prévention des risques pour la sécurité des personnes et des biens (Figure I-12)[3] .

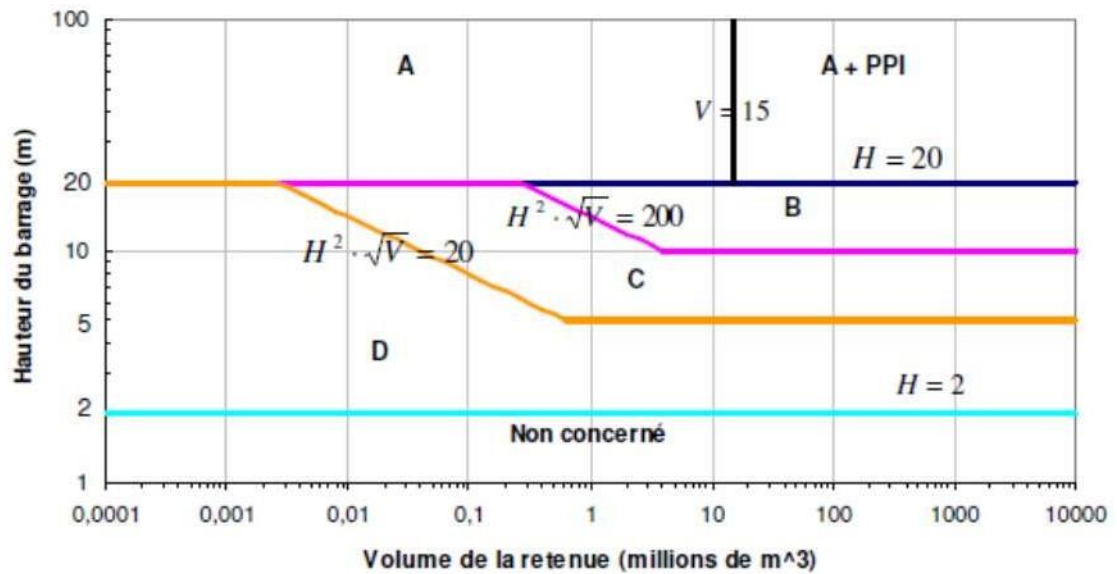


Figure I-12 : Classement des barrages selon leur géométrie et leur retenue [2]

Conclusion

La conception et la gestion des barrages impliquent une série de décisions techniques rigoureuses et une planification détaillée pour assurer leur efficacité et leur sécurité à long terme. Chaque barrage est unique, adapté spécifiquement au site sur lequel il est construit, en tenant compte des conditions topographiques, géologiques et hydrologiques locales. Il est impératif que ces structures soient conçues en respectant les normes de sécurité les plus strictes, car elles jouent un rôle crucial dans la protection des écosystèmes et des communautés humaines qui en dépendent. Enfin, il est essentiel de maintenir une surveillance continue et de mettre en œuvre des stratégies de gestion adaptatives pour répondre aux défis posés par le changement climatique et les variations hydrologiques futures.

Chapitre II:
Aperçus géologique et géotechnique

Introduction

Les barrages en terre peuvent être constitués par des matériaux de caractéristiques trèsdiverses, à la différence des barrages en béton.

Le choix du type de barrage dépend essentiellement de la morphologie, la géologie et de lagéotechnique du site et de la cuvette ainsi que de la qualité et de la quantité des matériaux.

II-1 Topographie de la région

Le site du barrage de Tarzout se trouve dans la wilaya de Chlef, à environ 250 km à l'ouest d'Alger, à quelques 70 km de la ville de Chlef, en direction de nord-ouest, et à 1.5 km en amont de l'agglomération de Tarzout, c'est-à-dire de l'embouchure de l'oued de Tarzout dans la Méditerranée (Figure II-1). Le site du barrage de Tarzout a des coordonnées suivantes[4] :

- Système WGS 84 UTM (Fuseau 31)
- Système Nord Sahara 1959
- Latitude 36°27' 4.00" N
- Longitude 1°1' 44.84" E
- Xutm = 323 470
- Yutm = 4 035 5

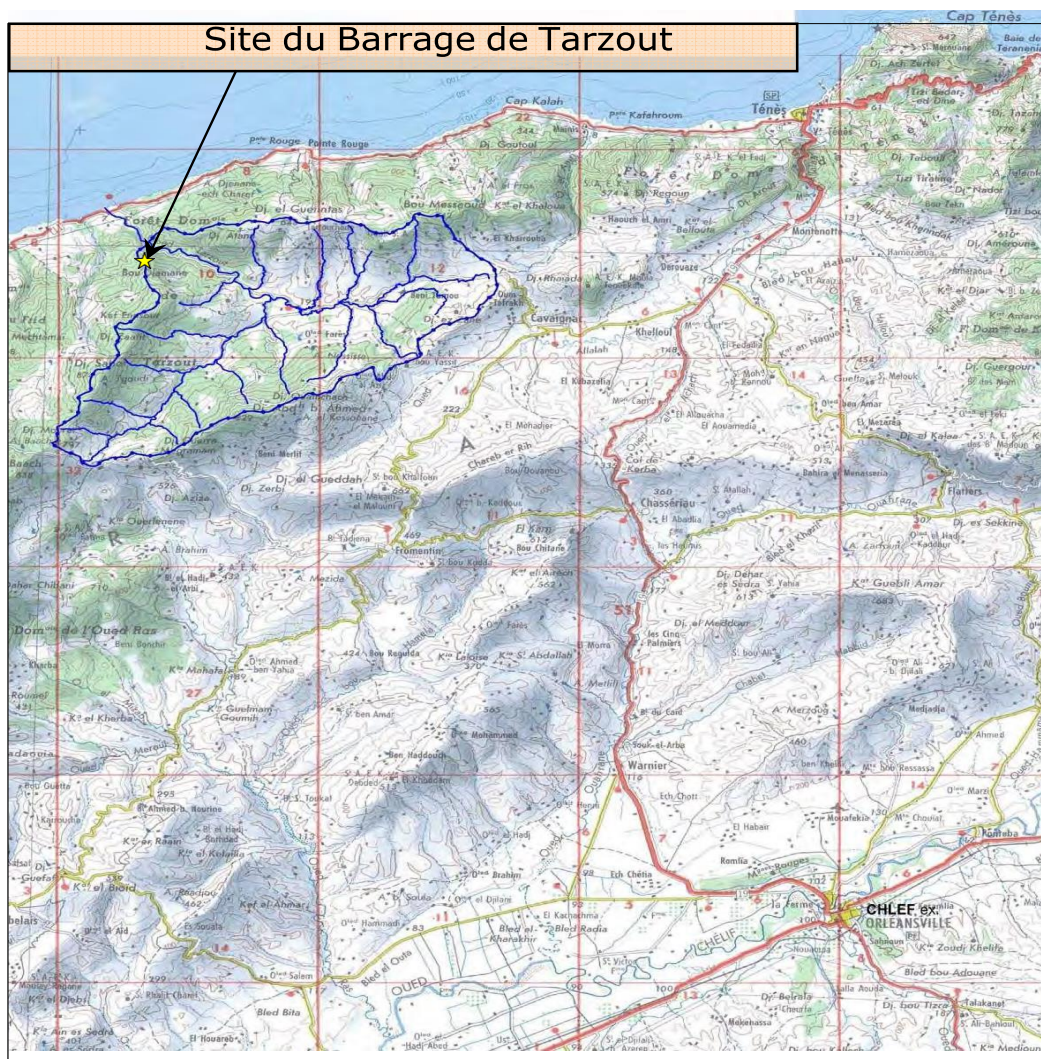


Figure II-1: Position géographique de la zone d'étude [4]

II-2 Géologie de la région

La zone de l'étude se trouve dans la vallée transversale de l'oued de Tarzout (région Talassa) ;ce site est formé de terrain miocène dans la bande littorale, qui est transgressif vis-à-vis le flysch éocène d'alternance quartz-grès – argileuse, ainsi que vis à-vis le terrain crétacé marno-calcaire à la base.

II-3 Stratigraphie générale

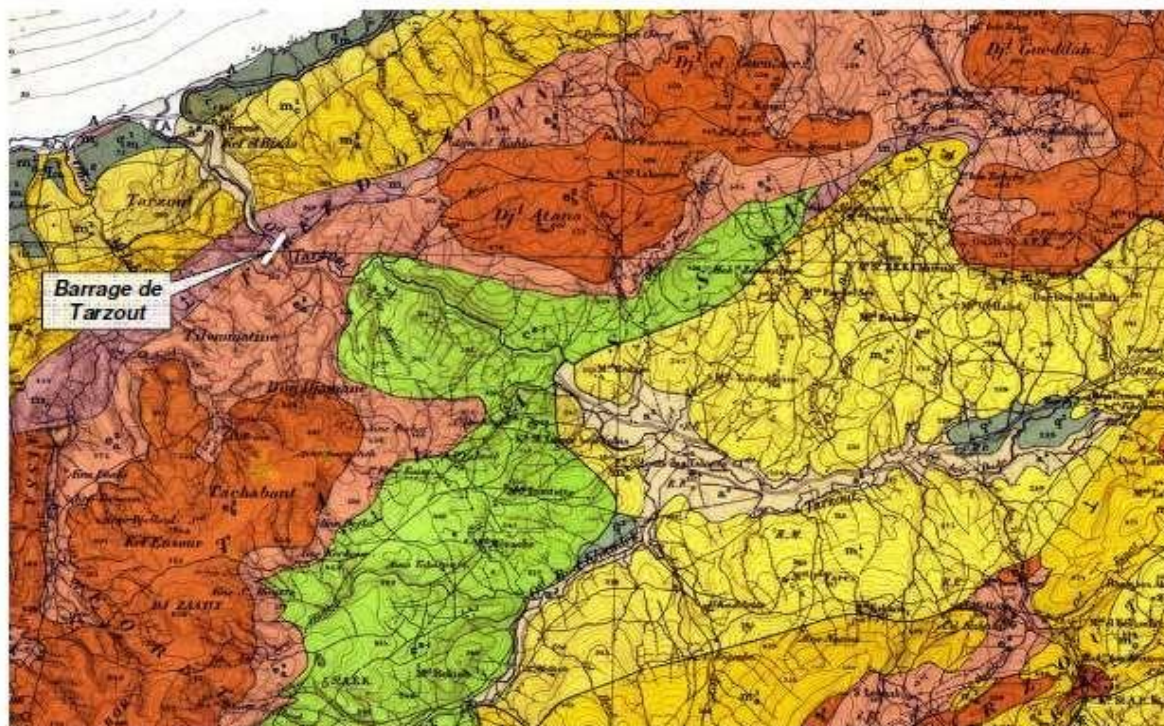
Le choix de l'emplacement adapté à la construction de ce barrage requiert une analyse approfondie de la géologie de Talassa présentée ci-dessous (Figure II-2) [4].

- **Marnes et calcaires (Sénonien)** - Marnes bleuâtres et noirâtres, schisteuses, avec filonets de calcite présentant à leur partie supérieure une alternance marno-calcaire dont la coloration plus claire tranche avec celle des assises marneuses inférieures. Ces sédiments constituent la base de la partie centrale et de celle la plus amont de la

cuvette de retenue.

- **Série de Medjanien des grès quartziques au sommet et des argilites et quartzites à la base (Eocène supérieur, Oligocène)** - Argilites laminées de couleur grise-brune et violacée, avec intercalation des quartzites, particulièrement dans la partie supérieurs où elles passent aux grès quartziques en couches et en bancs, de couleur grise et gris-ocre.
- **Argiles et poudingues rouges (Oligocène-Miocène)** - Dépôts alluvionnaires caillouteux, plus ou moins cimentés en poudingues ou en grès à grain grossier et surmontés d'argiles rouges ou violacées. Ces couches représentent la série de base du synclinal miocène qui repose en discordance sur les argilites et quartzites du Medjanien et forment une bande continue le long du littoral.
- **Grès et poudingues du Cartennien (Miocène inférieur)** - Ces sédiments constituent des parties aval du site de barrage. A la base, elles comprennent des poudingues à éléments gros, après lesquels viennent des grès durs. A la partie supérieure, ces grès s'intercalent de marnes gréseuses qui passent aux marnes.
- **Marnes du Cartennien (Miocène inférieur)** - Marnes dures bleuâtres à cassure conchoïde, quelquefois schisteuses, présentant des ravinements caractéristiques qui contrastent par leur rigidité avec les pentes adoucies des argiles helvétiques. Ces sédiments constituent des terrains en aval du site du barrage et en majeure partie, les parties plus basses dans le bassin versant, en amont de la cuvette.
- **Alluvion ancienne - niveau moyen (Quaternaire)** - matériau de pente déposé, semi-arrondi, à ciment limoneux et argileux, constitue, dans le relief de la cuvette, des plateaux morphologiques de 30 à quelque 130 m au-dessus du lit actuel. Ces anciennes vallées fluviales sont défragmentées et coupées par l'érosion actuelle des torrents et se déplacent, en partie, sur les pentes abruptes, par lessivage et par gravité.
- **Alluvion ancienne - niveau inférieur (Quaternaire)** - terrasses caillouteuses et limoneuses élevées de 10 à 20 mètres au-dessus des vallées actuelles. Formation peu développée sur les deux rives de l'oued Tarzout. Ces sédiments constituent des parties plus basses du bassin du cours supérieur de l'oued Tarzout, c'est-à-dire le fond de la vallée de l'oued Tarzout, Bou Dada et Bou Khandek.
- **Alluvions anciennes de plages marines - niveau inférieur (Quaternaire)** - gravier déposé à ciment argilo-limoneux de couleur manifestement rougeâtre (ferrugineuse). Y sont remarquables les horizons métriques du sable bien cimenté en alternance avec les couches du gravier grossier cimenté (poudingues).

- **Alluvion actuelle (Quaternaire-Holocène)** - gravier en gros grain, sable et galets grossiers et blocs d'origine gréseux et calcaire. arracher, soulever, ébouler et glisser le plateau .



Légende :

A Alluvions actuelles	q₁ Alluvions anciennes (niveau moyen)	m₁ Argiles et Poudingues (Oligocène)
a^r Alluvions récentes	q² Alluvions anciennes (niveau inférieur)	g² Grès quartzeux (Medjanien)
q³_m Alluvions plage marine (niveau inférieur)	m² Marnes du Cartennien	g¹_a Argiles et quartzites (Medjanien inférieur)
	m¹_a Grès et Poudingues (Cartennien)	c²_{ca} Marnes et calcaires (Sénonien)

Figure II-2: carte géologique 1/50000 [4]

II-4 Sismicité régionale

Elle est basée sur une étude sismologique expérimentale historique et géologique (sismique hazard Manning of Algeria, juin 1978), des cartes iso accélération utilisant un modèle Bayésien ont été établies pour des périodes de 1000, 500 et 10 ans. Notre site se situe dans la région algérienne sismique la plus active où le coefficient de l'accélération sismique est de $a=0,993$. D'une manière générale on peut dire que les épicentres des séismes algériens jalonnent les principaux axes anticlinaux et que les séismes sont d'autant plus fréquents que les plissements sont plus récents [4].

Les séismes en Algérie peuvent atteindre une magnitude assez importante (au moins 6,4) et par conséquent entraîner des dégâts catastrophiques aux environs de leurs foyers.

Il convient cependant qu'administrateurs et architectes aient l'attention attirée sur la

sismicité afin de pouvoir dans les nouvelles constructions prendre toutes dispositions utiles [4].

II-5 Etude Géotechnique

La partie géotechnique est basée essentiellement sur des visites de reconnaissance effectuées au niveau du site de barrage « L'analyse des sondages et des levés géologiques a permis d'établir des coupes géologiques-géotechniques » [4].

II-5-1 Terrains de couverture

Sur le flanc gauche, à plus de 60 mètres d'altitude, une couverture quaternaire de 12 à 30 mètres d'épaisseur a été identifiée, caractérisée par :

- Des dépôts pluviaux de 7 à presque 20 mètres d'épaisseur. En surface, ces dépôts sont composés d'argiles avec des débris fins de grès et de marne jusqu'à 3-4 mètres de profondeur, enregistrés par des profils sismiques ($V_p = 340-400$ m/s ; $V_s = 100-130$ m/s). Plus profondément, la présence de blocs et débris grossiers dans une matrice sablo-argileuse est bien consolidée au-delà de 10 mètres.
- Une terrasse fluviale supérieure, masquée par les dépôts pluviaux sur le flanc gauche, devient apparente en descendant vers la terrasse fluviale de base, avec des sédiments de graviers par endroits.

II-5-2 Fond de la vallée

Le long de l'axe du barrage jusqu'au pied du flanc droit, il est couvert par des dépôts alluviaux de l'oued. Ces formations comprennent :

- Une terrasse fluviale de base le long de la rive gauche de l'oued, avec des sédiments de 5 à 15 mètres d'épaisseur, couverts par des dépôts pluviaux argileux et débris au pied des ravinements secs.
- L'alluvion actuelle du lit de l'oued est composée de graviers grossiers et de sable avec des blocs d'origine sableuse et calcaire.

II-5-3 Couverture quaternaire en rive droite

Composée de diluvium en couche mince et d'éboulis de pente, ce qui représente des débris et gros blocs de grès localement déposés au pied du flanc droit.

II-5-4 Substratum rocheux

Comprend des grès quartziques (Medjanien) – durs et bien cimentés, et des argilites et quartzites (Medjanien) – caractérisés par des argilites laminées grises-brunes avec intercalations de grès quartzitiques. La zone des argilites est altérée et dégradée par la tectonique.

Ces données géologiques et géotechniques sont essentielles pour évaluer la stabilité du site

et planifier des interventions adaptées, compte tenu de la complexité et de la diversité des formations présentes.

II-6 Caractéristiques hydrogéologiques

Du point de vue hydrogéologique, les roches de différent type de porosité et de fonction hydrogéologique sont dominantes dans la zone du barrage prévu sur le cours d'eau de Tarzout. Le type de porosité qui domine dans la masse rocheuse influence directement sur la création d'un certain type d'aquifère formé dans le milieu donné. La présence continue des eaux souterraines, c'est-à-dire la saturation de la masse rocheuse par l'eau souterraine influe sur la formation de l'aquifère ou l'absence de ce dernier. Sur la base de ces faits, et compte tenu des résultats des reconnaissances, dans la zone considérée il a été distingué [4] :

- ✚ Aquifère continu formé dans le cadre des roches avec le type de porosité inter granulaire,
- ✚ Aquifère discontinu formé dans le cadre des roches avec le type de porosité fissurée
- ✚ Aquifère karstique
- ✚ Partie du terrain sans aquifère

II-6-1 Essais de perméabilité

Les essais de perméabilité au niveau de la zone en question ont été effectués par méthode d'injection de l'eau dans le forage (essais Lugeon) et par méthode de déversement de l'eau dans le forage (Lefranc) [4].

- *Essais Lefranc*

L'essai Lefranc a déterminé la perméabilité des couches subsuperficielles dans 9 forages au total. Il a été examiné 17 étages au total chacun d'une longueur de 0,5-1,0m . Les résultats des essais par cette méthode sont donnés dans le Tableau II-1 :

Tableau II-1: Résultats des essais Lefranc[4].

Sondage	Etage(m)	Kf (m/s)
TF 10	4,0-5,0	2.13×10^{-8}
TF 11	4,0-5,0	2.82×10^{-6}
	12,7-13,2	2.26×10^{-6}
TF 13	4,0-5,0	2.73×10^{-8}
	7,0-8,0	1.14×10^{-7}
TF 14	4,5-5,0	4.34×10^{-7}
	7,5-8,0	6.22×10^{-6}
TF 15	4,05-5,05	2.52×10^{-7}
	7,5-8,5	3.7×10^{-5}
TF 17	4,5-5,0	3.76×10^{-7}
	7,5-8,0	1.14×10^{-8}
TF 18	4,0-5,0	2.17×10^{-6}
	7,0-8,0	7.34×10^{-6}
TF 26	4,5-5,0	1.6×10^{-6}
	7,0-8,0	4.35×10^{-5}
	16,5-17,1	1.47×10^{-7}
TF 27	1,5-2,0	0.35×10^{-6}

- *Essai Lugeon*

L'essai Lugeon a été réalisé pour déterminer la perméabilité de la masse rocheuse dans un total de 12 forages avec des étages de 5 m. 74 étages ont été examinés au total

II-6-2 Analyse des fluctuations des niveaux des eaux souterraines

Le suivi des fluctuations des niveaux des eaux souterraines a été effectué tout le temps pendant la réalisation des travaux de reconnaissance. Le principe de réalisation du suivi était d'observer les niveaux d'eau souterraine dans les piézomètres de la phase d'APD.

Ultérieurement, une fois le piézomètre réalisé, il a été soumis à la procédure de suivi.

La figure II-3 présente la position des niveaux des aquifères dans la zone du site du barrage de Tarzout.

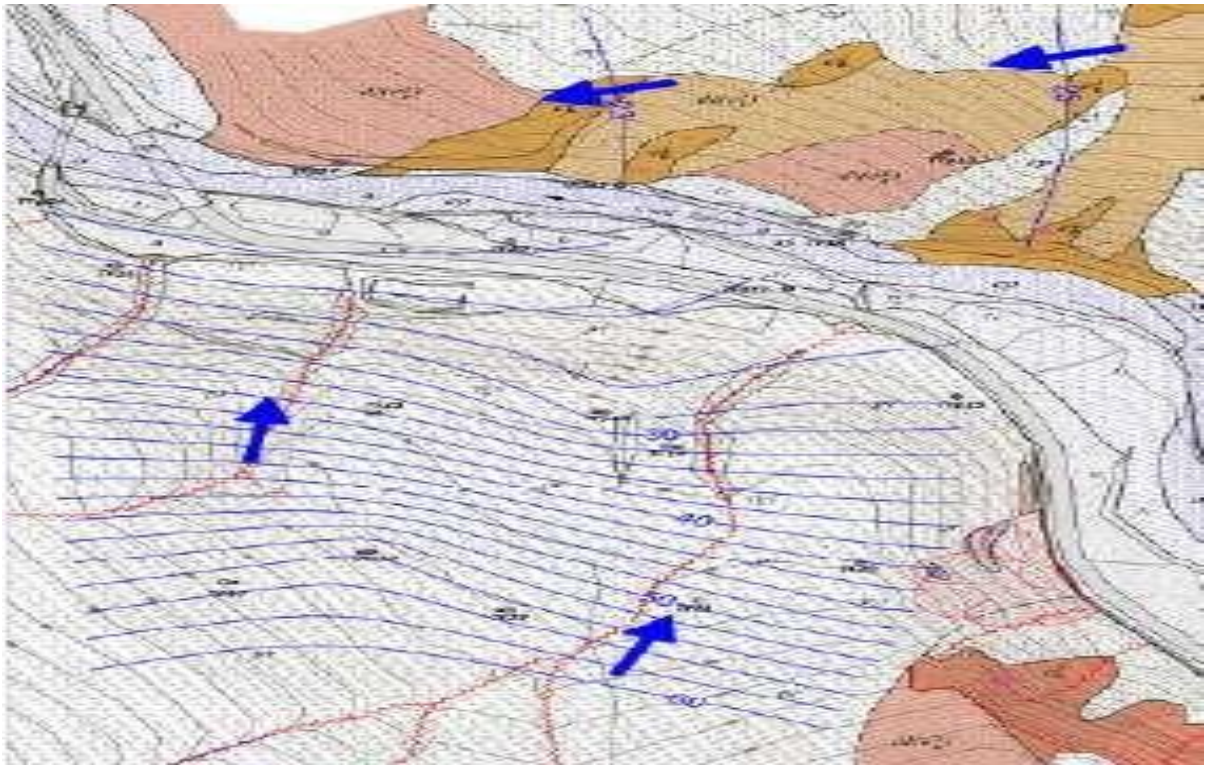


Figure II-3: Position des niveaux des aquifères dans la zone du site du barrage de Tarzout[5]

II-7 Matériaux de Construction

Pour la construction du barrage, les matériaux nécessaires sont disponibles à proximité immédiate. Ces matériaux comprennent l'argile, les matériaux granulo-sableux et la pierre. Le déblai provenant de la fouille de la fondation peut également être réutilisé dans la construction du barrage. Des reconnaissances in situ et des essais de laboratoire ont été réalisés pour confirmer la disponibilité suffisante des matériaux. Les résultats, détaillés dans les annexes, ont permis de délimiter les zones d'emprunt potentielles, d'estimer leurs superficies et les épaisseurs des couches de matériaux (Tableau II.2).

Tableau II-2 :Zones d'emprunt potentielles des matériaux de construction [4]

Zone	Lithologie	Superficie(m ²)	Epaisseur moyenne(m)	Volume(m ³)	Total(m ³)	Note
A1	Terrasse fluviale – couverture argileuse	22,500	1.60	36,000.00	644,000.00	
A2	Terrasse fluviale -couverture argileuse	29,000		0.00		Cette zone n'est pas prise en compte à cause d'un pourcentage élevé en matière organique (jusqu'à 10%).
A3	Dépôt diluvial- proluvial –argile	120,000	1.50	180,000.00		
A4	Dépôt diluvial –argile	140,000	2.50	350,000.00		
EXCAVATION POUR LE BARRAGE	Mix des dépôts colluviaux- diluviaux-alluviaux – argile, gravier,débris et blocs	50,000	2.60	78,000.00		60% de la surface pour l'excavation du barrage est couverte par une couche argileuse de surface, de 2.6 m d'épaisseur moyenne, qui peut être utilisée pour la réalisation du noyau argileux ou de lamasque en argile du batardeau.
			3.50	175,000.00	Volume du matériau restant, convenable pour la réalisation de la recharge du barrage	
C1	Dépôt alluvial –gravier et sable	93,000	4.00	372,000.00	1,852,200.00	Matériau hétérogène, contient jusqu'à 10% du débris et jusqu'à 15% des particules fines (d< 0.075 mm), convenable pour la mise en place dans la recharg
C2	Dépôt colluvial –débris et blocs	31,500	3.00	132,000.00		
		12,500	3.00			
C3	Dépôt alluvial –gravier et sable	36,500	4.00	146,000.00		Convenable pour la mise en place dans le filtre en sable.
C4	Dépôt colluvial –débris et blocs	48,000	3.00	144,000.00		
C5	Dépôt alluvial –gravier et sable	107,500	4.00	549,000.00		
		59,500	2.00			
C6	Plage de mer –gravier et sabl	28,500	1.20	34,200.00		Convenable pour la mise en place dans le filtre en gravier.
C7	Grès en bancs	20,000	15.00	300,000.00		
C8	Calcaire sableux stratifié silicaté	20,000	15.00	300,000.00	Carrière alternative	

II-7-1 Zones d'emprunt des matériaux de construction

Le long de l'axe du barrage jusqu'au pied du flanc droit, il est couvert par des dépôts alluviaux de l'oued. Ces formations comprennent :

- ✚ Terrasse Fluviale - Couverture Argileuse: Ces zones affichent une épaisseur moyenne significative et un volume total conséquent, avec certaines zones non prises en compte en raison d'un pourcentage élevé de matière organique.
- ✚ Dépôt Diluvial - Argile: Plusieurs zones ont été identifiées, avec une épaisseur et un volume total importants.
- ✚ Excavation pour le Barrage: Une grande partie de la surface est couverte par une couche argileuse de surface, adaptée pour le noyau argileux du barrage.

II-7-2 Essais et Reconnaissances

Des essais physiques, chimiques, et mécaniques ont été réalisés sur les échantillons prélevés des différentes zones. Ces essais incluent des analyses granulométriques, l'équivalent de sable, et des analyses minéral-pétrographiques, confirmant la variabilité et la spécificité des matériaux disponibles.

II-7-3 Utilisation des Matériaux

Les matériaux sont jugés appropriés pour différentes utilisations dans la construction du barrage, notamment pour la réalisation de la recharge, les filtres en sable et en gravier, et pour les besoins de remblayage.

En cas de besoin supplémentaire, il est envisagé d'exploiter davantage de matériaux des carrières C7 et C8, situées à proximité. Un sondage de reconnaissance a été réalisé pour évaluer la qualité et la quantité des matériaux, notamment le grès de bonne qualité.

Conclusion

La conclusion de l'étude géologique et géotechnique pour le site du barrage de Tarzout révèle une complexité géologique notable, incluant des formations miocènes et un dépôt quaternaire significatif, ainsi qu'une activité sismique conséquente. L'étude a impliqué des forages intensifs et divers essais géotechniques qui ont montré une grande variabilité dans la perméabilité de la roche et une hétérogénéité des propriétés hydrauliques des sols.

L'identification de plusieurs aquifères et la délimitation de zones d'emprunt potentielles pour la construction indiquent un volume total exploitable de 1 852 200 m³. Les résultats soulignent l'importance d'une planification précise et d'interventions spécifiques pour stabiliser et étancher la fondation, cruciales pour la réussite du projet. La faisabilité du barrage est

confirmée, tout en recommandant des techniques de construction spécifiques et des traitements adaptés pour garantir la sécurité du barrage et optimiser la gestion des ressources en eau dans un contexte de développement durable.

Chapitre III:

Etude hydrologique

Introduction

L'étude hydrologique pour la réalisation d'un ouvrage hydrotechnique révèle une importance considérable, Le but est de mettre en évidence les paramètres hydrologiques de l'Oued Tarzout tels que la détermination des conditions actuelles qui caractérisent la zone de l'aménagement, à savoir les caractéristiques morphologiques, les données climatologiques et pluviométriques, de déterminer l'apport liquide moyen annuel ainsi que les apports de différentes fréquences. Egalement seront déterminés les débits maximums et les apports solides. Cela constituera la première partie de ce chapitre.

Toutes ces caractéristiques sont nécessaires au dimensionnement de la retenue et de ses ouvrages annexes tel le déversoir et la vidange de fond.

III-1 Le bassin versant

III-1-1 Caractéristiques générales du bassin versant

Le bassin versant représente, en principe, l'unité géographique sur laquelle se base l'analyse du cycle hydrologique et de ses effets. Plus précisément, le bassin versant qui peut être considéré comme un " système " est une surface élémentaire hydrologiquement close, c'est-à-dire qu'aucun écoulement n'y pénètre de l'extérieur et que tous les excédents de précipitations s'évaporent ou s'écoulent par une seule section à l'exutoire. Le bassin versant en une section droite d'un cours d'eau, est donc défini comme la totalité de la surface topographique drainée par ce cours d'eau et ses affluents à l'amont de cette section. Il est entièrement caractérisé par son exutoire, à partir duquel nous pouvons tracer le point de départ et d'arrivée de la ligne de partage des eaux qui le délimite. Généralement, la ligne de partage des eaux correspond à la ligne de crête [11].

III-1-2 Caractéristiques physico-géographiques du bassin versant

Les caractéristiques physico-géographiques (surface du bassin versant, la forme du bassin, la pente et le réseau de drainage) du bassin versant ont été déterminées sur la base de la carte d'Etat-major Orleansville à l'échelle 1/250 000 [5].

III-1-3 Caractéristiques géographiques du bassin versant

La zone d'étude se situe principalement dans le littoral de la wilaya de Chlef, au sud de l'Algérie.

Le barrage de Tarzout sera implanté sur l'Oued Tarzout, Le bassin versant de l'Oued Tarzout est situé dans la wilaya de Chlef, à environ 40 km au Nord-Ouest de la ville du même nom. Ce nom a été d'ailleurs donné à la wilaya elle-même. Au niveau du découpage du

territoire de l'Algérie du Nord en secteurs, le bassin versant de l'Oued Tarzout se situe dans la partie Ouest du bassin versant 2, à environ 180 km à l'Ouest de la ville d'Alger, soit à environ 25 km à l'Ouest de la localité de Ténès, se trouvant au bord de la Méditerranée. Le barrage prévue situera sur le bief du cours d'eau, à environ 2 km à l'amont du confluent de l'Oued Tarzout et de la Méditerranée. En annexe 1 est figurée la carte de situation (Figure III-1) de la partie de l'Algérie du Nord avec le bassin versant de l'Oued Tarzout et le site du barrage de Tarzout [5].

Le site du barrage de Tarzout a les coordonnées UTM (fuseau 31) Système Nord Sahara 1959: $X_{utm} = 323\ 470$; $Y_{utm} = 4\ 035\ 523$

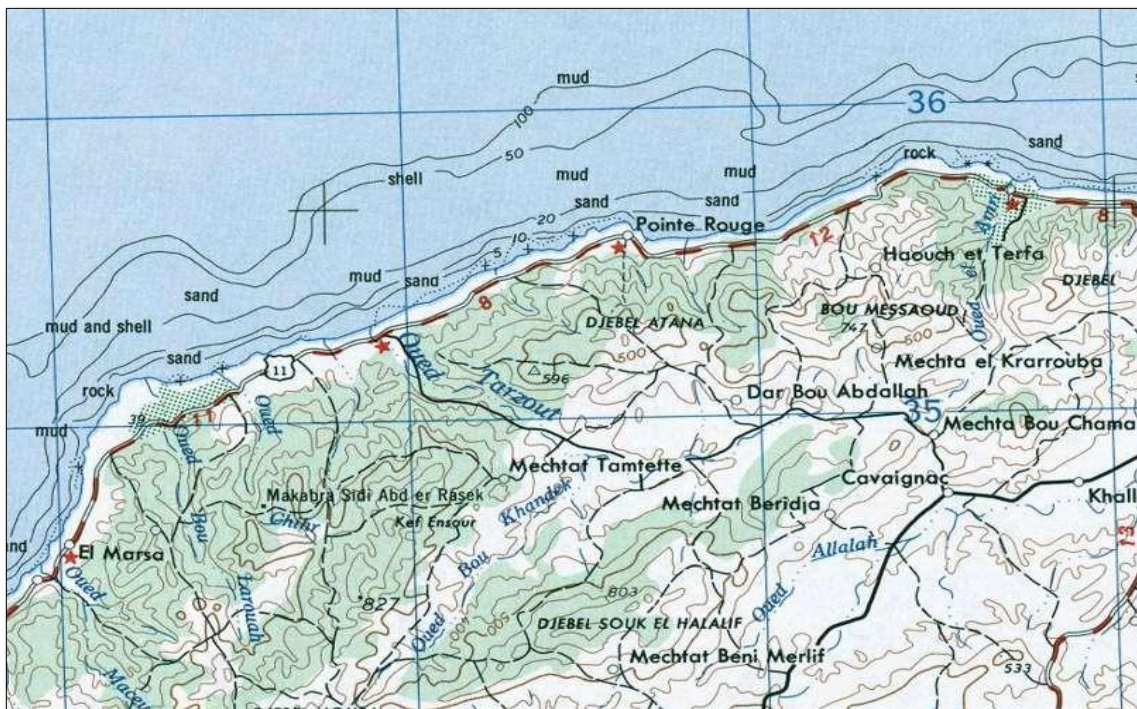


Figure III-1 : Carte d'Etat-major Orleansville à l'échelle 1/250 000 [5]

III-1-4 Caractéristique morpho-métriques

Les caractéristiques morpho métriques d'un bassin versant déterminent son temps de réponse face aux événements pluvieux, sa vulnérabilité vis-à-vis du risque hydrologique ainsi qu'une meilleure gestion des ressources en eau (Figure III-2) [5].

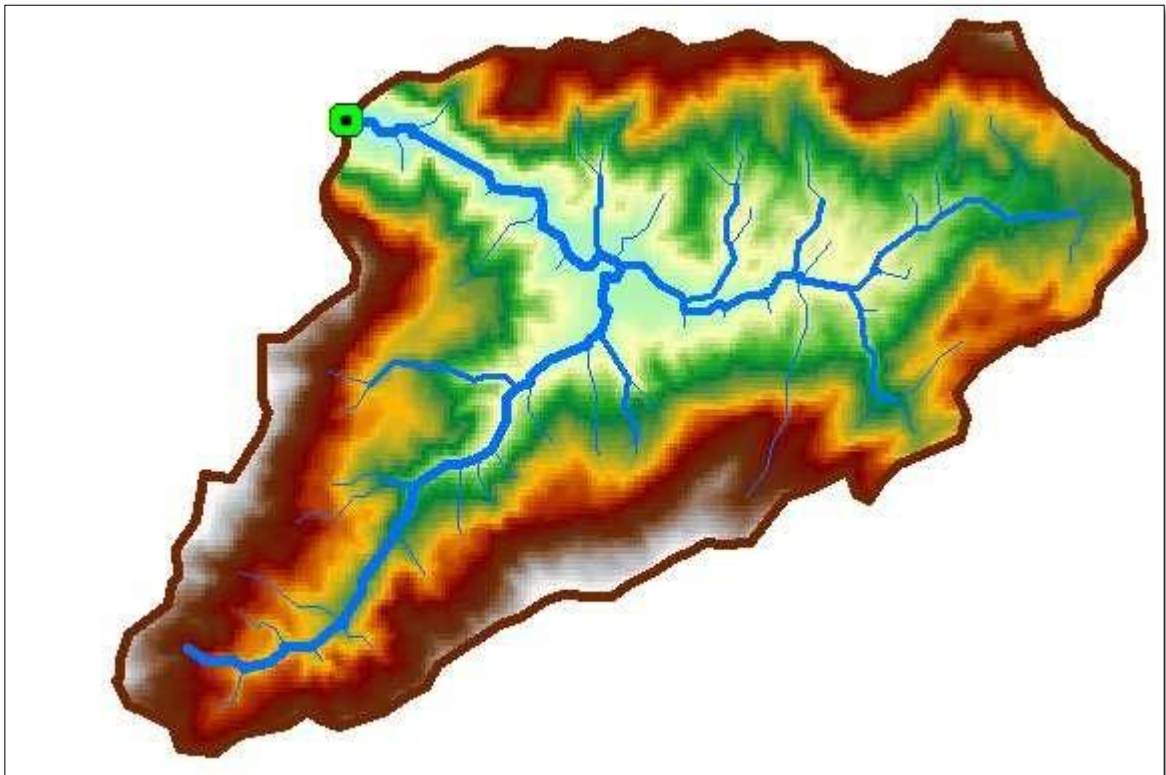


Figure III-2: Bassin Versant de l'Oued Tarzout et réseau hydrographique [5]

III-1-4-1 Principaux indices physiques du bassin versant

La surface du bassin versant est déterminée avec l'emploi du planimètre, il est déterminé à partir de la surface obtenue de la projection horizontale du territoire délimité par la ligne de partage superficielle [8]. Par planimétrie sur la carte d'Etat-major d'Orleansville à l'échelle 1/250.000, la surface du bassin est:

$$S = 114.61 \text{ km}^2$$

III-1-4-2 Périmètre P du bassin versant

Cet indice correspond à la longueur de la limite extérieure du bassin on va le déterminer à l'aide d'un curvimètre .il est égale a :

$$P = 50.25 \text{ km}$$

III-1-4-3 Longueur du thalweg principal

C'est la longueur du talweg le plus long dans le réseau hydrographique du bassin versant [13].

Il est égale a :

$$L = 17.34 \text{ km}$$

III-1-4-4 Altitudes du bassin versant

Les altitudes du bassin versant se présentent comme suit :

- Altitude maximale du cours d'eau principal **Hmax = 862 m**

- Altitude du site **H₀ = 39 m**
- Altitude moyenne du bassin versant **H_{moy} = 519 m**

III-1-4-5 *Pente moyenne de l'oued*

La pente moyenne de l'oued se calcule par la relation suivante :

$$I_0 = \frac{H_{\max} - H_{\min}}{L}, \text{ on aura : } I_0 = 4.75 \%$$

III-1-4-6 *Indice de compacité de Gravelius K_c*

C'est le rapport du périmètre du bassin sur la circonférence du cercle de rayon **R** ayant la même superficie **S** que le bassin, cet indice exprime la forme du bassin versant, il est en fonction de la surface du bassin et de son périmètre.

$$K_C = \frac{P}{P_C} = \frac{P}{2\pi R} ; R = \sqrt{\frac{S}{\pi}} \quad P_C = 2\pi R = 2\pi \sqrt{\frac{S}{\pi}} \dots\dots\dots (III.1)$$

$$K_C = \frac{P}{2\pi \sqrt{\frac{S}{\pi}}} = \frac{P}{2\sqrt{\pi S}} = 0.28 \frac{P}{\sqrt{S}} \dots\dots\dots (III.2)$$

P : périmètre du bassin versant (Km)

S : superficie du bassin versant (Km²)

$$\text{AN : } K_c = 1.31$$

Si $K_C = 1 \Rightarrow$ bassin ramassé Si $K_C > 1 \Rightarrow$ bassin allongé

Le K_C est très proche de 1 alors il s'agit d'un bassin ramassé.

III-1-4-7 *Coefficient d'allongement*

Ce coefficient est obtenu par la relation :

$$K_P = \frac{P^2}{S} \dots\dots\dots (III.3)$$

P: le périmètre du bassin versant

S : la superficie du bassin versant.

$$\text{AN : } K_p = 22.03$$

III-1-4-8 *Dimension du rectangle équivalent*

C'est une transformation purement géométrique en un rectangle de dimensions L et l ayant la même superficie que le bassin versant. Il permet de comparer les bassins versants entre eux du point de vue de l'écoulement. Les courbes de niveau sont des droites parallèles aux

petits côtés du rectangle et l'exutoire est l'un de ces petits cotés.

Le périmètre et la surface du rectangle sont respectivement :

$$P = 2 * (L + l) \text{ et } S = L * l \dots\dots\dots(\text{III.4})$$

La longueur L et la largeur l en Km sont données par la résolution de P et S :

$$K_c = 0.28 \frac{P}{\sqrt{S}} \dots\dots\dots(\text{III.5})$$

D'après les deux équations précédentes on obtient une Equation de 2^{ème} degré qui admet deux solutions L; l :

$$L = \frac{K_c \sqrt{S}}{1,12} \left(1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1,12}{K_c} \right)^2} \right) \dots\dots\dots(\text{III.6})$$

$$l = \frac{K_c \sqrt{S}}{1,12} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1,12}{K_c} \right)^2} \right) \dots\dots\dots(\text{III.7})$$

Avec L : longueur du rectangle équivalent en (Km)

l : largeur du rectangle équivalent en (Km)

$$\text{AN : } L = 18.87 \text{ Km}$$

et

$$l = 6.07 \text{ Km}$$

III-1-5 Paramètres du relief

Le relief est un facteur essentiel, il est caractérisé par [14] :

- La courbe hypsométrique.
- L'altitude moyenne
- L'indice de pente globale I_g .
- L'indice de pente moyenne du bassin versant I_m
- Densité de drainage D_d

III-1-5-1 Courbe hypsométrique

Pour estimer ces paramètres on doit présenter la répartition hypsométrique après planimétrage des aires partielles comprises entre les courbes de niveau maîtresses et les différentes cotes, pour être efficace et gagner le temps on a utilisé les commandes (Hydrology, Classify, Zonal as table, Watershed) du logiciel ArcGIS 10.5 pour avoir les résultats nécessaires pour élaborer ce graphe sur Excel (Figure III-3).

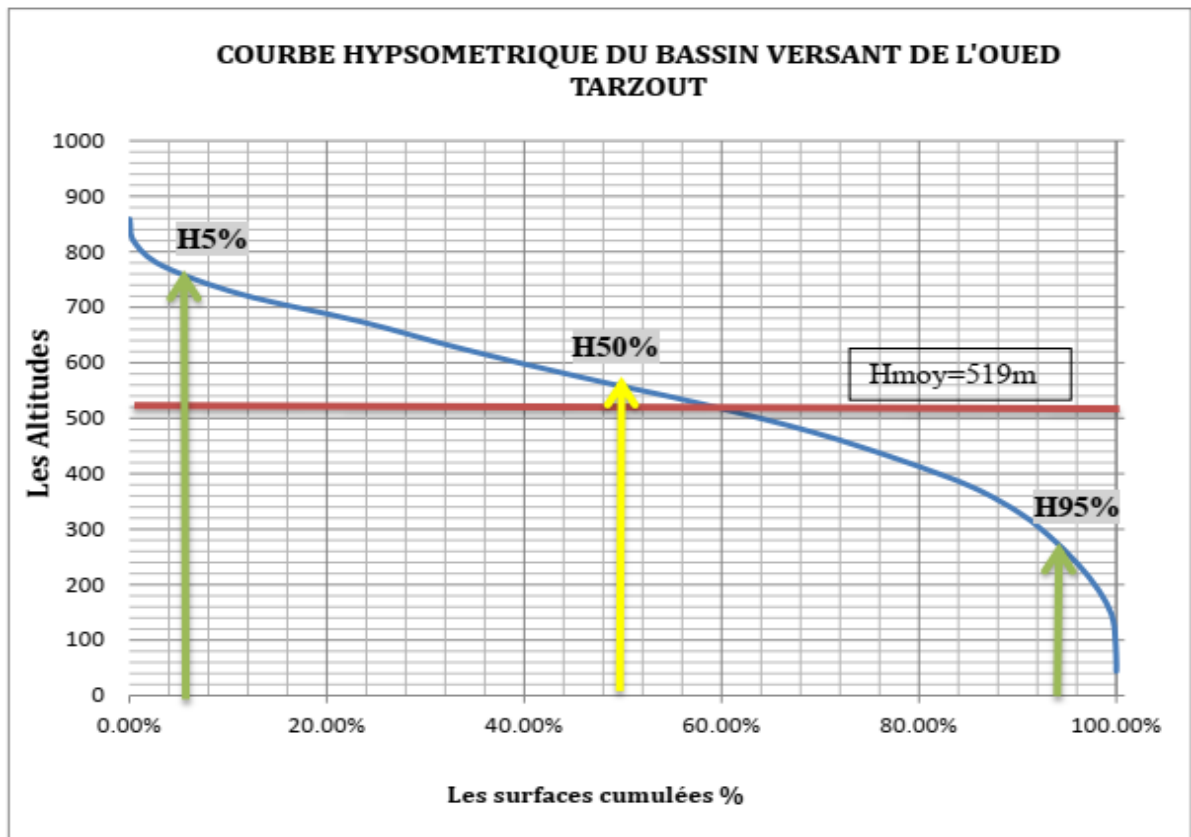


Figure III-3: Courbe hypsométrique (Tarzout)

H_{5%} et H_{95%} sont tirées de la courbe hypsométrique

$$H_{5\%} = 762 \text{ m}$$

$$H_{95\%} = 261 \text{ m}$$

III-1-5-2 Altitude moyenne du bassin versant

Celle-ci est donnée par deux procédés :

A) Altitude médiane

C'est l'ordonnée de la courbe hypsométrique correspondante à la surface 50%. C'est l'altitude médiane.

B) Altitude moyenne

$$H_{50\%} = 563 \text{ m.}$$

L'altitude moyenne se déduit directement de la courbe hypsométrique ou de la lecture d'une carte topographique. On peut la définir comme suit :

$$H_{\text{moy}} = \sum \frac{S_i \cdot H_i}{S} \dots\dots\dots (III.8)$$

Avec :

H_{moy} : altitude moyenne du bassin [m] ;

S_i: aire comprise entre deux courbes de niveau [km²] ;

H_i : altitude moyenne entre deux courbes de niveau [m] ;

S: superficie totale du bassin versant [km^2].

L'altitude moyenne est peu représentative de la réalité. Toutefois, elle est parfois utilisée dans l'évaluation de certains paramètres hydrométéorologiques ou dans la mise en œuvre de modèles hydrologiques (Tableau III-1) et (Tableau III-2).

Tableau III-1: Répartition des surfaces en fonction des cotes de courbes de niveaux

Altitudes			Surface Partielles		Surfaces cumulées	Surface Cumulé	Si x Hi
Hi	Hi+1	Hi moy	Si (Km^2)	Si(%)	$\sum Si$ (KM^2)	Sci (%)	
855	862	858.8	0.03	0.03%	0.030	0.03%	25.76
802	850	818.479	0.5	0.43%	0.530	0.46%	409.24
751	800	774.485	3.34	2.90%	3.870	3.36%	2586.78
701	750	723.021	9.23	8.01%	13.100	11.37%	6673.49
651	700	674.375	13.81	11.99%	26.910	23.36%	9313.13
601	650	624.437	12.1	10.50%	39.010	33.86%	7555.70
551	600	573.824	13.72	11.91%	52.730	45.77%	7872.87
501	550	525.234	14.22	12.34%	66.950	58.11%	7468.83
451	500	474.135	12.96	11.25%	79.910	69.36%	6144.79
401	450	425.113	9.97	8.65%	89.880	78.01%	4238.38
351	400	375.786	8.51	7.39%	98.390	85.40%	3197.94
301	350	326.236	5.81	5.04%	104.200	90.44%	1895.44
251	300	275.6152	4.03	3.50%	108.230	93.94%	1110.73
201	250	224.850	3.18	2.76%	111.410	96.70%	715.02
151	200	178.003	2.22	1.93%	113.630	98.63%	395.17
101	150	135.288	1.22	1.06%	114.850	99.69%	165.05
51	100	77.625	0.33	0.29%	115.180	99.97%	25.62
39	48	43.75	0.03	0.03%	115.210	100.00%	1.31
		Somme	115.2100				59795.25
		H moy					519.01m

Tableau III-2: Détermination des altitudes

Altitude	Valeur (m.NGA)
H_{moyenne}	519.01
$H_{\text{médiane}}$	563
H_{95}	762
H_5	261
H_{max}	862
H_{min}	39

III-1-5-3 Indice de pente globale

Il est calculé par la relation suivante [9] :

$$I_g = \frac{H_{5\%} - H_{95\%}}{L} \dots\dots\dots (III.9)$$

Donc : $I_g = 28.89 \text{ m/Km}$

On remarque une pente assez forte ; ce qui indique une sensibilité à l'érosion.

III-1-5-4 Pente moyenne du bassin versant

La pente moyenne du bassin versant se calcule par la relation suivante [4] :

$$I_B = \frac{\sum DH_i L_i}{S} \dots\dots\dots (III.10)$$

Avec :

I: pente moyenne du bassin versant

DH: distance entre deux courbes successives (km)

Li: Longueur des courbes de niveaux

S: superficie totale du bassin versant [km^2].

On aura le tableau suivant Tableau (III-3) :

Tableau III-3: Caractéristiques morphologiques du bassin versant de Tarzout

N°	Courbe Hi (m)	Distance entre les courbes DHi (Km)	Longueur Li(km)	DHi * Li
1	850	0	0.42	0
2	800	0.05	3.01	0.1505
3	750	0.05	7.65	0.3825
4	700	0.05	13.61	0.6805
5	650	0.05	19.37	0.9685
6	600	0.05	24.53	1.2265
7	550	0.05	34.64	1.732
8	500	0.05	40.91	2.0455
9	450	0.05	47.78	2.389
10	400	0.05	53.06	2.653
11	350	0.05	53.83	2.6915
12	300	0.05	46.33	2.3165
13	250	0.05	43.29	2.1645
14	200	0.05	36.54	1.827
15	150	0.05	16.24	0.812
16	100	0.05	4.01	0.2005
17	50	0.05	0.54	0.027
I				19.43%

D'où

$$I=19.43\%$$

III-1-5-5 Densité de drainage

La valeur de la densité de drainage est représentée par le rapport entre la longueur totale du réseau hydrographique et la surface du bassin versant (Figure III-4) :

$$D_d = \frac{\sum_{i=1}^n L_i}{S} \dots\dots\dots (III.11)$$

Avec :

$\sum_{i=1}^n L_i$: La longueur totale de tous les cours d'eau égale à 85.64 Km.

S : Superficie du bassin versant en (Km²).

AN : $D_d = 0.75 \text{ km/km}^2$

III-1-5-6 Densité du thalweg élémentaire [8]

Elle est définie comme étant :

$$F_1 = \frac{N_1}{S} \dots\dots\dots (III.12)$$

N_1 : Nombre de thalwegs d'ordre 1, $N_1 = 57$

S : Superficie du bassin versant.

AN : $F_1 = 0.49$ thalweg/km²

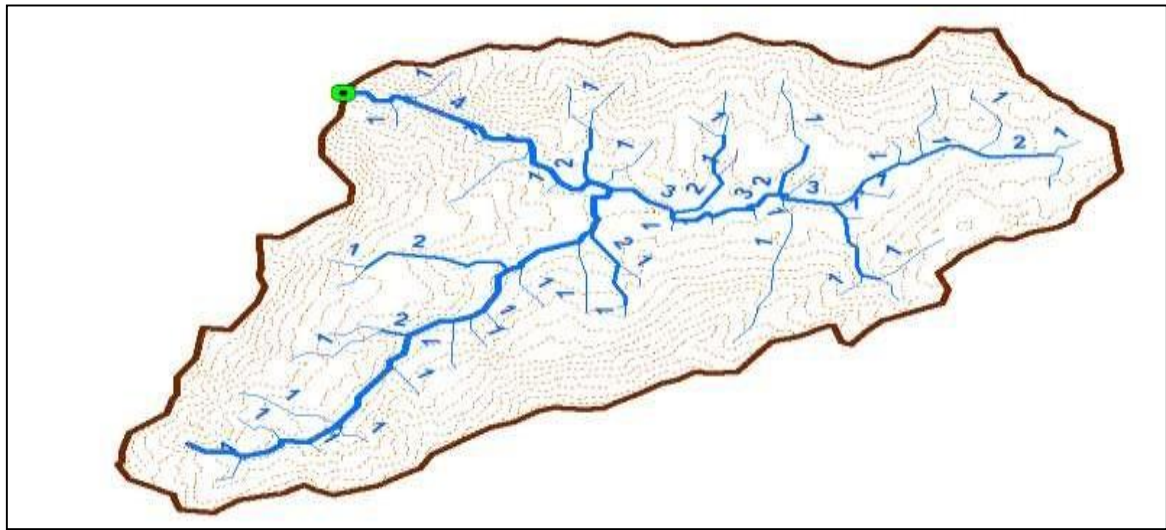


Figure III-4 : Ordres des talwegs du bassin versant.

III-1-5-7 Coefficient de torrentialité

Il est défini comme étant :

$$C_t = D_d \cdot F_1 \dots \dots \dots (III.13)$$

AN: $C_t = 0.37$ Km⁻³

III-1-5-8 Temps de concentration

Le temps de concentration d'un bassin versant représente le temps que mettrait une particule d'eau provenant de la partie la plus éloignée du bassin pour parvenir à l'exutoire.

Le temps de concentration peut être calculé par les relations suivantes [5] :

A) formule de Giandotti

Le temps de concentration est défini comme suit :

$$T_C = \frac{4 \cdot \sqrt{S} + 1.5 \cdot L}{0.8 \cdot \sqrt{(H_{moy} - H_{min})}} \dots \dots \dots (III.14)$$

Avec :

T_C : Temps de concentration (heures) ;

S : superficie du bassin versant (km²) ;

L : Longueur du thalweg principal (km) ;

H_{moy} : Altitude moyenne du bassin versant (m)

H_{\min} : Altitude minimale du bassin versant (m)

D'où : $T_C = 3.93$ heures

B) formule de Turazza

Le temps de concentration est défini comme suit :

$$T_c = 0.108 * \frac{\sqrt[3]{S * L}}{\sqrt{I}} \dots\dots\dots (III.15)$$

Avec :

T_C : Temps de concentration (heures) ;

S : superficie du bassin versant (km^2) ;

L : Longueur du thalweg principal (km) ;

I : pente moyenne du thalweg principal.

D'où : $T_C = 0.25$ heures

C) formule de Sokolovsky

Le temps de concentration est défini comme suit :

$$T_c = \frac{L}{3.6 * V_R} \dots\dots\dots (III.16)$$

Avec :

T_C : Temps de concentration (heures)

L : Longueur du thalweg principal (km) ;

V_R : vitesse du ruissellement en m/s

La vitesse du ruissellement selon cet auteur est voisine à 1.5 m/s, pour un grands cours d'eau

D'où : $T_C = 3.21$ heures

D) formule de Soil Conservation Service (SCS)

Le temps de concentration est défini comme suit :

$$T_c = \left(0.87 * \frac{L^3}{H} \right)^{0.387} \dots\dots\dots (III.17)$$

Avec :

T_C : Temps de concentration (heures)

L : Longueur du thalweg principal (km) ;

H : Dénivelée maximale, en m

D'où : $T_C = 1.94$ heures

Nous donnons ici un tableau représentant les résultats obtenus par ces formules (Tableau III-4) .

Tableau III-4: récapitulatif des résultats obtenus

Formule utilisée	Tc : Temps de concentration trouvé (heures)
Formule de Giandotti	3.93
Formule SCS (Soil Conservation Service)	1.94
Formule de Turazza	0.25
Formule Sokolovsky	3.21

Vu le rapprochement de valeurs des deux méthodes, celle de Giandotti et Sokolovsky , il semble que ces valeurs reflètent bien la valeur réelle du temps de concentration. Nous retenons la valeur de Sokolovsky : **3.21** heures.

III-1-5-9 Vitesse de ruissellement

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

Cette vitesse est déterminée par la formule suivante :

$$V_r = \frac{L}{T_c} \dots\dots\dots(III.18)$$

L : Longueur du thalweg principal (Km)

T_c : Temps de concentration (h)

AN : **V_r = 5.40 Km/h**

Les principales caractéristiques morphologiques du bassin versant sont répertoriées dans le tableau suivant (Tableau III-5) :

Tableau III-5: Caractéristiques des résultats obtenus

Type de paramètre	Unité	Symbole	Valeur
Superficie du B.V	km ²	S	114.61
Périmètre du B.V	km	P	50.25
(Max) Altitude (Moy) (Min)	m m m	H _{max} H _{moy} H _{min}	862 519 39
Longueur du Thalweg Principal	km	L	17.34
Longueur du rectangle équivalent	km	L	18.87
Largeur du rectangle Equivalent	km	L	6.07
Indice de compacité		Kc	1.31
Indice de pente global	m/Km	Ig	28.89
Pente moyenne du bassin versant	%	Ib	19.43
Densité de drainage	km/km ²	Dd	0.75
Coeff. de torrentialité		CT	0.37
Temps de concentration	Heures	Tc	3.21
Vitesse de ruissellement	Km/h	Vr	5,40

III-2 Caractéristiques climatologiques

III-2-1 Les températures

La station climatique susceptible d'être considérée comme représentative de la région d'étude est la station de Bordj Abou El Hassen (Tableau III-6).

Tableau III-6: Caractéristique de la Station

Nom de la Station	X	Y	Z	Période observation
Bordj Abou El Hassen (02.02.01)	339159.90	4030537.00	200	1953- 2010*

* les enregistrements sont non disponibles dans quelques années [5]

Les températures moyennes annuelles de l'air constituent l'un des paramètres climatiques les plus importants. Selon les données existantes disponibles, les mesures de température n'ont pas été effectuées sur le bassin versant de l'Oued Tarzout. Les données sur les températures moyennes minimales et maximales enregistrées à la station de Bordj Abou El Hassen, considérées comme suffisamment représentatives du bassin étudié, tant du point de vue de la distance que du point de vue de sa position par rapport à la mer, ont servi de base pour l'évaluation des températures moyennes annuelles dans le bassin considéré (Tableau III-7) et (Figure III-5).

Tableau III-7: Températures moyennes mensuelles et température moyenne annuelle

Mois	SEP.	OCT.	NOV.	DEC.	JAN.	FEV.	MARS	AVR.	MAI	JUIN	JUIL.	AOUT	Moyenne
T [°C]	23.9	20.1	16.1	13.1	12.1	13.0	14.3	16.1	19.0	22.4	25.4	26.4	18.5

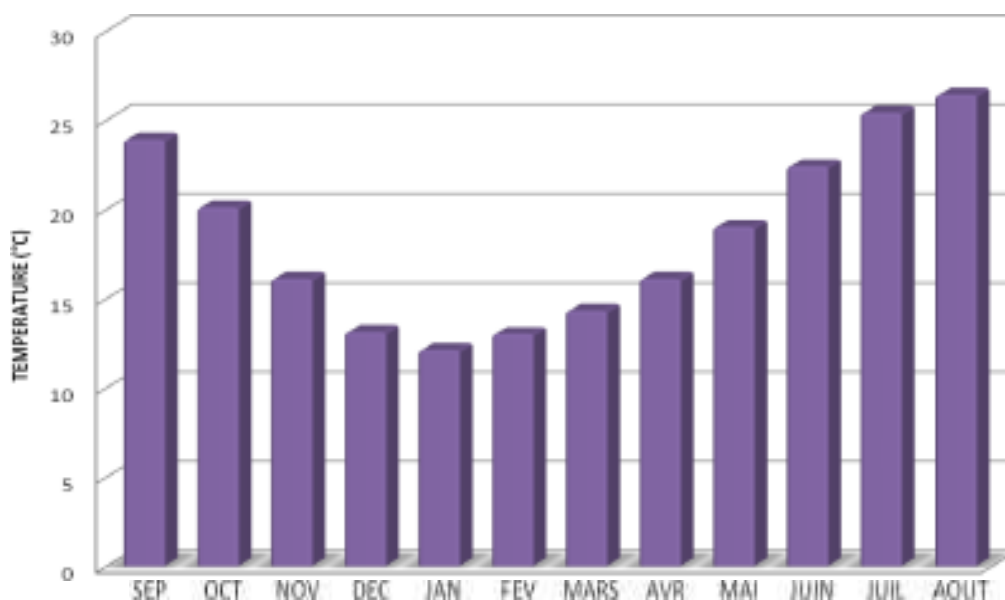


Figure III-5 : Températures moyennes mensuelles

III-2-2 L'évaporation

L'évaporation est l'un des facteurs climatologiques principaux dépendant de l'état de chaleur de la surface évaporante, du taux d'humidité de l'air au-dessus de cette surface, de la vitesse du vent et de la hauteur de pluies. En général, on entend par évaporation la hauteur d'eau, exprimée en millimètres, évaporée en un temps donné (Tableau III-8) et (Figure III-6).

Tableau III-8: L'évaporation mensuelle moyenne

Mois	SEP.	OCT.	NOV.	DEC.	JAN.	FEV.	MARS	AVR.	MAI	JUIN	JUIL.	AOÛT	SOMME
E[mm]	193.0	108.0	79.5	53.5	47.5	57.5	88.5	109.0	152.0	214.0	265.5	234.0	1602.0
E _{réduc} [mm]	150.5	84.2	62.0	41.7	37.0	44.8	69.0	85.0	118.5	166.9	207.1	182.5	1249.5

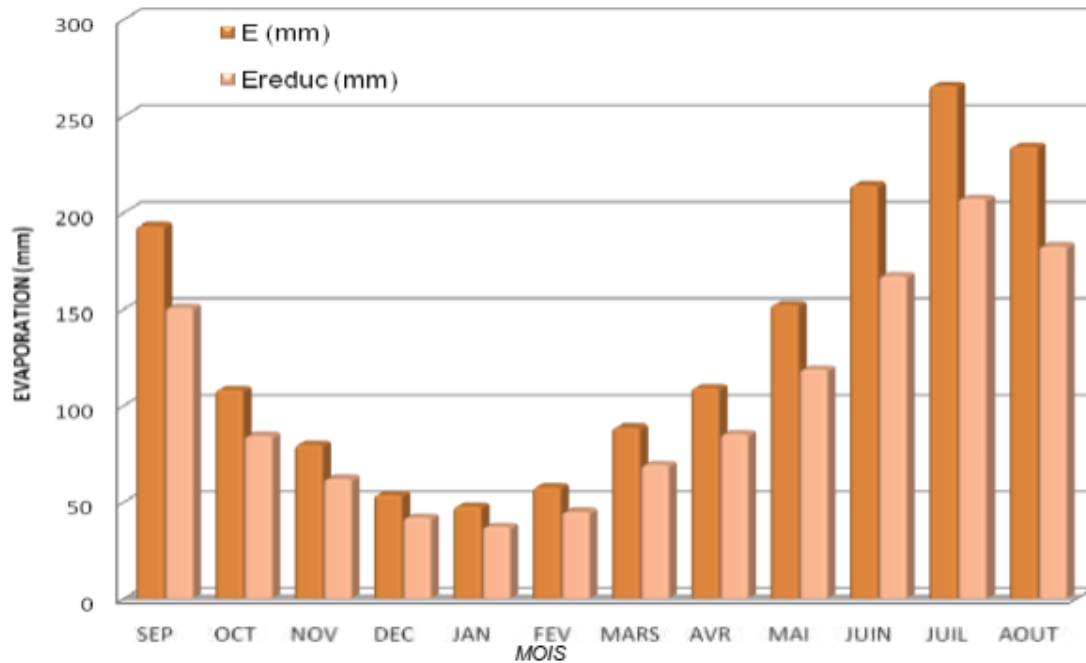


Figure III-6 : Evaporation mensuelles.

III-2-3 Pluviométrie

L'étude pluviométrique sera effectuée à partir des données de précipitations mensuelles et journalières enregistrées au niveau de la station la plus proche de la zone d'étude, le bassin versant est dépourvue de stations pluviométriques, nous utiliserons la station de Bordj Abou El Hassen (02.02.01)-(ANRH), qui est la plus proche de la zone d'étude et la plus complète [5].

Nous travaillerons sur une période de référence allant de 1953 à 2010, cette période présente des données presque complètes.

III-2-3-1 Répartition mensuelle

Les résultats sont groupés dans ce tableau III-9 :

Tableau III-9 : Analyse mensuelle des résultats

Année/Mois	SEPT.	OCT.	NOV.	DEC	JANV.	FEV.	MARS	AVR.	MAI	JUIN	JUILL.	AOUT.	Annuelle	
													Orig.	Corr.
1953/54	11.5	126.4	6.3	46.8	125.2	178.0	77.5	288.4	16.5	7.6	0.0	0.0	884.2	884.2
1954/55	0.0	23.1	27.1	69.7	259.1	88.5	80.0	76.3	0.0	-	8.5	2.5	-	538.1
1955/56	0.0	42.8	30.8	53.5	99.7	215.0	20.3	3.5	3.5	0.0	0.0	0.0	469.1	469.1
1956/57	11.5	70.6	46.4	37.7	65.2	0.0	36.3	83.4	23.7	25.4	0.0	0.0	400.2	400.2
1957/58	3.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	805.7
1958/59	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	674.6
1959/60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	560.8
1960/61	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	437.0
1961/62	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	640.8
1962/63	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	577.6
1963/64	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	673.8
1964/65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	584.2
1965/66	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	371.5
1966/67	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	623.2
1967/68	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	788.5
1968/69	-	0.0	24.4	16.3	2.7	15.0	29.7	103.5	22.0	-	-	-	-	481.2
1969/70	0.0	-	-	266.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	809.6
1970/71	-	-	-	-	-	-	-	1.4	2.0	-	-	-	-	496.3
1971/72	-	-	-	-	-	-	152.0	40.0	-	-	-	-	-	830.4
1972/73	-	-	-	-	-	-	-	-	0.4	21.2	0.3	0.0	-	642.3
1973/74	90.4	50.8	9.4	191.4	12.6	123.4	185.7	126.9	0.3	6.8	0.0	0.0	797.7	797.7

1974/75	30.4	149.6	39.3	1.1	32.8	26.6	162.7	46.0	33.5	4.3	0.0	5.5	531.8	531.8
1975/76	1.4	1.8	167.2	65.9	58.5	211.9	11.0	81.3	55.7	8.4	0.0	2.5	665.6	665.6
1976/77	12.5	109.3	28.0	49.0	73.3	3.3	28.7	21.6	89.7	0.0	0.0	1.9	417.3	417.3
1977/78	11.7	8.3	114.2	49.9	67.9	17.5	46.7	89.3	35.8	0.0	0.0	0.0	441.3	441.3
1978/79	-	-	65.3	-	30.4	236.7	122.7	54.7	4.3	0.0	-	-	-	688.5
1979/80	86.6	22.9	53.4	128.3	111.4	44.1	73.9	19.5	18.5	0.0	0.0	0.0	558.6	558.6
1980/81	-	-	-	244.7	46.5	73.4	46.2	89.1	10.0	-	-	-	-	607.2
1981/82	-	0.0	0.0	39.0	39.5	82.5	27.0	18.0	21.5	-	-	-	-	340.9
1982/83	-	-	-	-	-	-	18.5	3.3	2.3	0.0	0.0	13.0	-	444.3
1983/84	0.0	4.7	64.2	55.6	59.4	-	-	-	-	-	-	-	-	374.6
1984/85	-	64.3	16.0	-	-	-	-	-	-	0.0	-	-	-	535.6
1985/86	-	0.0	62.9	62.9	73.0	73.0	146.5	140.2	201.3	182.3	156.2	156.2	-	499.3
1986/87	48.1	28.9	100.1	111.8	27.5	249.4	14.4	2.7	20.2	2.7	0.0	5.1	610.9	610.9
1987/88	0.0	8.4	56.7	53.9	125.8	22.4	53.8	25.5	77.2	5.4	0.0	0.0	429.1	429.1
1988/89	21.3	9.6	64.4	231.6	10.0	12.7	130.5	71.7	0.4	26.7	0.0	0.0	578.9	578.9
1989/90	13.9	2.7	40.9	23.0	35.6	0.0	41.0	25.0	51.1	0.0	0.0	0.0	233.2	233.2
1990/91	0.0	112.8	73.3	100.4	93.7	106.6	147.9	14.4	29.2	29.0	0.0	0.0	707.3	707.3
1991/92	0.0	110.0	79.7	14.2	143.5	26.8	136.9	47.3	31.7	30.7	5.9	0.0	626.7	626.7
1992/93	0.0	51.8	53.0	62.7	10.5	69.9	11.7	58.2	23.4	0.0	0.0	0.4	341.6	341.6
1993/94	13.6	28.0	29.5	18.8	41.2	81.0	3.8	33.8	13.0	0.0	0.0	0.0	262.7	262.7
1994/95	30.7	70.3	24.7	47.9	82.2	52.7	100.6	12.9	0.0	1.7	0.0	26.5	450.2	450.2
1995/96	57.2	2.4	43.9	23.7	44.9	106.1	64.2	73.6	31.0	0.0	14.9	0.0	461.9	461.9
1996/97	25.5	16.1	11.7	33.9	41.6	12.2	0.0	150.2	6.9	0.0	0.0	11.7	309.8	309.8
1997/98	31.2	50.6	127.3	46.0	14.7	35.1	29.1	57.6	69.3	0.0	0.0	2.2	463.1	463.1
1998/99	12.3	29.0	26.5	24.7	199.5	91.5	56.5	3.2	0.0	0.0	0.0	0.0	443.2	443.2
1999/00	30.6	15.4	94.8	260.2	28.1	0.0	7.3	19.3	27.7	0.0	0.0	0.0	483.4	483.4
2000/01	37.5	80.9	60.4	25.1	65.9	33.0	0.0	25.5	17.8	0.0	0.0	0.0	346.1	346.2
2001/02	6.2	0.0	296.5	30.6	37.5	2.2	62.9	39.4	42.3	0.0	0.0	0.0	517.6	517.6

2002/03	0.0	15.6	71.4	12.4	117.6	61.4	13.4	40.1	30.7	0.0	9.3	0.0	371.9	371.9
2003/04	0.0	29.9	66.0	60.8	32.4	58.6	37.2	34.2	24.6	7.8	0.0	0.0	351.5	351.5
2004/05	0.0	31.7	63.3	105.5	7.6	133.5	38.3	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	381.1	381.1
2005/06	0.0	24.9	99.9	136.2	126.4	110.8	8.8	6.4	131.8	18.6	0.0	0.0	663.8	663.8
2006/07	11.6	0.0	3.2	188.0	19.5	50.1	72.2	129.0	8.4	0.0	0.0	0.0	482.0	482.0
2007/08	28.3	75.4	213.9	23.2	14.4	33.2	55.8	10.6	48.5	16.5	8.5	0.0	528.3	528.3
2008/09	12.3	12.9	186.5	110.6	-	15.8	56.6	52.9	3.4	-	-	-	-	499.7
2009/10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	493.9
Moyenne *	17.8	40.1	67.9	80.5	65.0	72.5	58.0	52.0	25.7	6.1	1.4	2.1	499.7	528.0
Ecart type *	22.61	39.91	61.31	73.38	55.43	68.87	49.16	53.56	27.83	9.57	3.52	5.25	147.15	147.17
* Coeff.de var.	1.272	0.996	0.903	0.911	0.853	0.950	0.848	1.030	1.082	1.575	2.527	2.502	0.294	0.279

*Les valeurs en rouge sont les résultats de corrélation avec les stations voisins à cause des enregistrements manquantes.

III-2-3-2 Pluie journalière maximale

La série des pluies maximales journalières enregistrées à la station pluviométrique 02.02.01 a été choisie comme étant la plus représentative des maxima journalières pouvant se reproduire dans la région de l'étude [12,11].

A) Estimation des pluies journalières maximales

Pour l'étude des pluies maximales journalières, nous avons retenu la station de Bordj Abou El Hassen (02.02.01)

L'étude fréquentielle des pluies journalières maximales de la station de Bordj Abou El Hassen (02.02.01), a pour but l'estimation des valeurs limites atteintes pendant une période de retour donnée. Ceci nous ramène à chercher la loi d'ajustement la mieux adaptée à la distribution des pluies.

Les pluies maximales journalières de rares fréquences sont des pluies génératrices des crues d'importants débits, contre lesquels il faut protéger l'ouvrage.

B) Les précipitations maximales journalières

L'étude consiste à faire un ajustement pour la série de données des précipitations maximales journalières par une loi théorique afin de déterminer une intensité de pluie pour une période de retour.

Pour cette étude on passe par les étapes suivantes ;

- Classer la série des précipitations par ordre croissant ;
- Calcul de la fréquence expérimentale ;
- Calcul des caractéristiques empiriques de la série de donnée ;
- Ajuster graphiquement la loi choisie ;
- Calculer le quantile et son intervalle de confiance

III-3 Choix de la loi d'ajustement

Comme il existe plusieurs méthodes d'ajustement des séries pluviométrique, l'efficacité d'une méthode d'estimation dépend de la loi de probabilité, de la taille de l'échantillon et de certaines caractéristiques de l'échantillon. Toutefois, de nombreuses études comparatives, autant empiriques que théoriques, ont été menées afin de déterminer dans quelles circonstances une méthode d'estimation est la plus efficace pour une loi donnée [11,12,15].

Dans cette étude on va utiliser les deux loi suivantes:

- 1) La loi Gumbel.
- 2) La loi Log Normale.

III-3-1 Ajustement des pluies maximales journalières à la loi de Gumbel

L'ajustement des pluies maximales journalières sera effectué à l'aide de logiciel

« HYFRANPLUS »

Paramètres statistiques de l'échantillon

• Basic statistics	
• Number of observations	57
• Minimum	233
• Maximum	884
• Mean	530
• Coefficient of variation (Cv)	0.282
• Standard deviation	149
• Median	500
• Skewness coefficient (Cs)	0.390
• Kurtosis coefficient (Ck)	2.54

***Test d'hypothèses**

Les méthodes de test d'hypothèses vont nous permettre soit d'accepter l'hypothèse de départ concernant la valeur du paramètre en question soit de la rejeter.

Les étapes d'un test d'hypothèses :

***Etape 01 : formuler les hypothèses**

On formule les hypothèses d'un test d'hypothèses en terme de paramètre relatif à la distribution de la population à étudier

Deux hypothèses ainsi sont à formuler :

Hypothèse nulle qui correspond à la valeur présumée du paramètre en question

$H_0 : \mu = \mu_0$ = valeur présumée.

Hypothèse alternative correspond à une autre valeur différente de la valeur présumée dans l'hypothèse nulle.

***Etape 02 : choisir le seuil de signification du test ($\alpha\%$)**

Qui correspond à la limite admise du risque d'erreur de première espèce rejeter H_0 alors que H_0 est vraie) souvent la valeur choisie pour α est de (1 % - 5 %)

***Etape 03 : tester l'hypothèse**

▪ **Teste de stationnarité**

***Hypothèses**

H_0 Il n'y a aucune tendance dans les observations

H_1 Il y a une tendance dans les observations

***Résultats**

Stationarity test (Kendall) Results

Statistics value $|K| = 2.82$ p-value : $p = 0.00488$

***Conclusion**

Nous pouvons accepter H0 au niveau de signification de 1 %

▪ *Teste d'homogénéité à l'échelle annuelle*

***Hypothèses**

H0 Les moyennes des deux sous échantillons sont égales

H1 Les moyennes des deux sous échantillons sont différentes

***Résultats**

Homogeneity test at annual scale

(Wilcoxon)Results

Statistics value $|W| = 0.0179$

p-value $p = 0.986$

***Conclusion**

Nous pouvons accepter H0 au niveau de signification de 5 %

Résultats de l'ajustement à la loi de Gumbel

C'est la loi à double exponentielle, elle est la plus utilisée pour les ajustements des pluies maximales journalières.

La répartition de la loi de Gumbel s'écrit :

$$F(x) = e^{-e^{-\alpha(x-x_0)}}$$

L'équation de la droite de Gumbel s'écrit donc :

$$Y = -\log[-\log(F(x))] \text{ Ou } Y = a (P_{max,j} - P_{moy}).$$

$$D'où \quad P_{max,j} = 19.07y + 53.06$$

Y : Variable réduite de Gumbel;

F(x) : Fréquence au non dépassement.

Les résultats des ajustements des pluies sont présentés dans le Tableau (III-10) et la Figure (III-7).

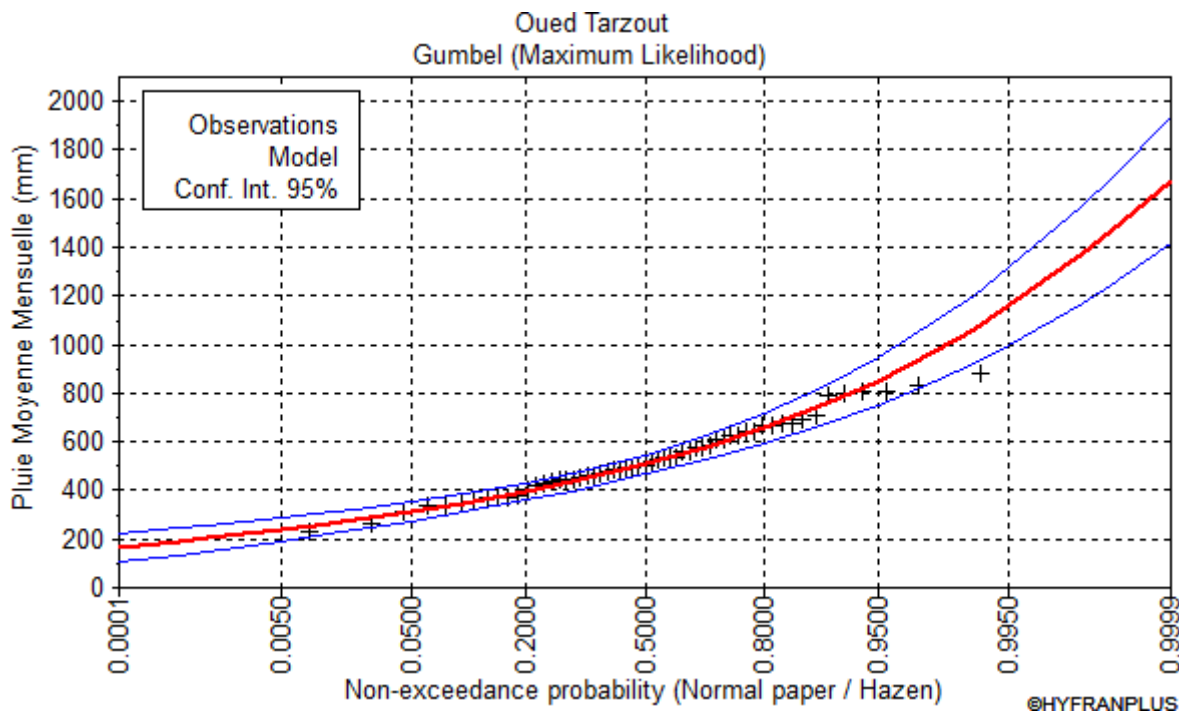


Figure III-7: Graphique d'ajustement à la loi Gumbel

Tableau III-10: Ajustement à la loi de Gumbel.

U	458.314268				
alpha	132.169546				
T	Q	X T	Standard déviation	Confidence interval (95%)	
10000	0.9999	1680	134	1410	1940
2000	0.9995	1460	112	1240	1680
1000	0.999	1370	103	1170	1570
200	0.995	1160	80.8	1000	1320
100	0.99	1070	71.5	926	1210
50	0.98	974	62.1	852	1100
20	0.95	851	49.9	753	949
10	0.9	756	40.7	676	836
5	0.8	657	31.7	595	719

III-3-1-1 Résultats de l'ajustement à la loi de Log Normale (maximum de vraisemblance)

Le nombre d'observation : 57

Et : $q=F(x)$ (probabilités au non dépassement)

La période de retour : $T=1/(1-q)$

Tableau III-11: Résultats de l'ajustement à la loi de LOG Normale

Mu	6.233308				
Sigma	0.290681				
T	Q	XT	Standard déviation	Confidence interval (95%)	
10000	0.9999	1500	164	1180	1820
2000	0.9995	1330	130	1070	1580
1000	0.999	1250	117	1020	1480
200	0.995	1080	86.8	907	1250
100	0.99	1000	74.8	855	1150
50	0.98	926	63.2	802	1050
20	0.95	822	48.8	726	917
10	0.9	739	38.6	664	815
5	0.8	651	29.2	593	708

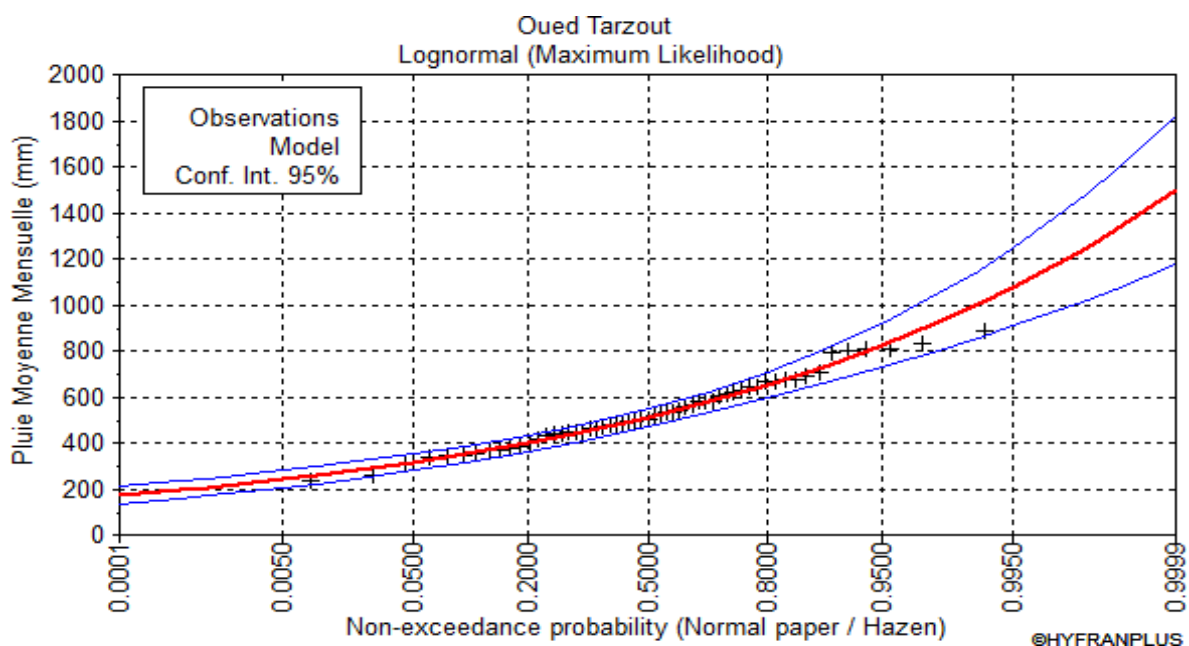


Figure III-8: Graphique d'Ajustement à la loi de Log Normale

Constat

En utilisant les deux lois Gumbel et Log normal, on constate que les droites d'ajustement sont bien ajustées par rapport aux nuages de points expérimentaux afin d'opter pour l'utilisation d'une loi on a fait une corrélation entre les valeurs expérimentales et théoriques de chaque loi ; on a trouvé :

Qu'on doit opter pour la loi de Gumbel, les résultats sont groupés dans le Tableau (III-12).

Tableau III-12: les précipitations des différentes fréquences

Période de Retour (an)	1000	100	50	20	10
Fréquence	0.999	0.99	0.98	0.95	0.90
P_{max j} (mm)	1370	1070	974	851	756

III-4 Pluies de courtes durées de différentes fréquences et leurs intensités

Pour une période donnée (24 h) et une fréquence donnée, on peut estimer les pluies decourtes durées par la formule de Montanari [14].

$$P_{\max,t,p\%} = P_{\max,j,p\%} \left(\frac{t}{24} \right)^b \dots\dots\dots(III.19)$$

$P_{\max,t,p\%}$: Pluie de courte durée de même fréquence que $P_{\max,j,p\%}$ [mm].

$P_{\max,j,p\%}$: Pluie maximale journalière pour une fréquence donnée [mm]. t : Temps [heure].

b : Exposant climatique (d'après la station de Bordj Abou El Hassen $b=0.71$)

L'intensité des pluies est donnée par la relation suivante :

$$I_t = \frac{P_{tp}}{t} \% \text{ (mm/h)} \dots\dots\dots(III.20).$$

Les résultats de calcul de $P_{\max,t,p\%}$ et I_0 sont donnés dans le Tableau (III-13).

Tableau III-13 : pluies de courtes durées pour les différentes fréquences et leurs intensités

fréquence (%)	période de retour (années)	Pmax (mm)	temps (heures)	1	2	3	4	5	6	8	12	14	16	20	24	
10	10	756	Pt	79.172	129.510	172.714	211.853	248.222	282.527	346.550	462.158	515.612	566.888	664.206	756.000	
			It	79.172	64.755	57.571	52.963	49.644	47.088	43.319	38.513	36.829	35.430	33.210	31.500	
5	20	851	Pt	89.121	145.784	194.418	238.475	279.414	318.029	390.098	520.233	580.404	638.124	747.672	851.000	
			It	89.121	72.892	64.806	59.619	55.883	53.005	48.762	43.353	41.457	39.883	37.384	35.458	
2	50	974	Pt	102.002	166.855	222.518	272.943	319.799	363.996	446.481	595.426	664.293	730.355	855.737	974.000	
			It	102.002	83.428	74.173	68.236	63.960	60.666	55.810	49.619	47.450	45.647	42.787	40.583	
1	100	1070	Pt	112.056	112.056	112.056	112.056	112.056	112.056	112.056	112.056	112.056	112.056	112.056	112.056	112.056
			It	112.056	56.028	37.352	28.014	22.411	18.676	14.007	9.338	8.004	7.003	5.603	4.669	
0.1	1000	1370	Pt	143.473	143.473	143.473	143.473	143.473	143.473	143.473	143.473	143.473	143.473	143.473	143.473	143.473
			It	143.473	71.737	47.824	35.868	28.695	23.912	17.934	11.956	10.248	8.967	7.174	5.978	

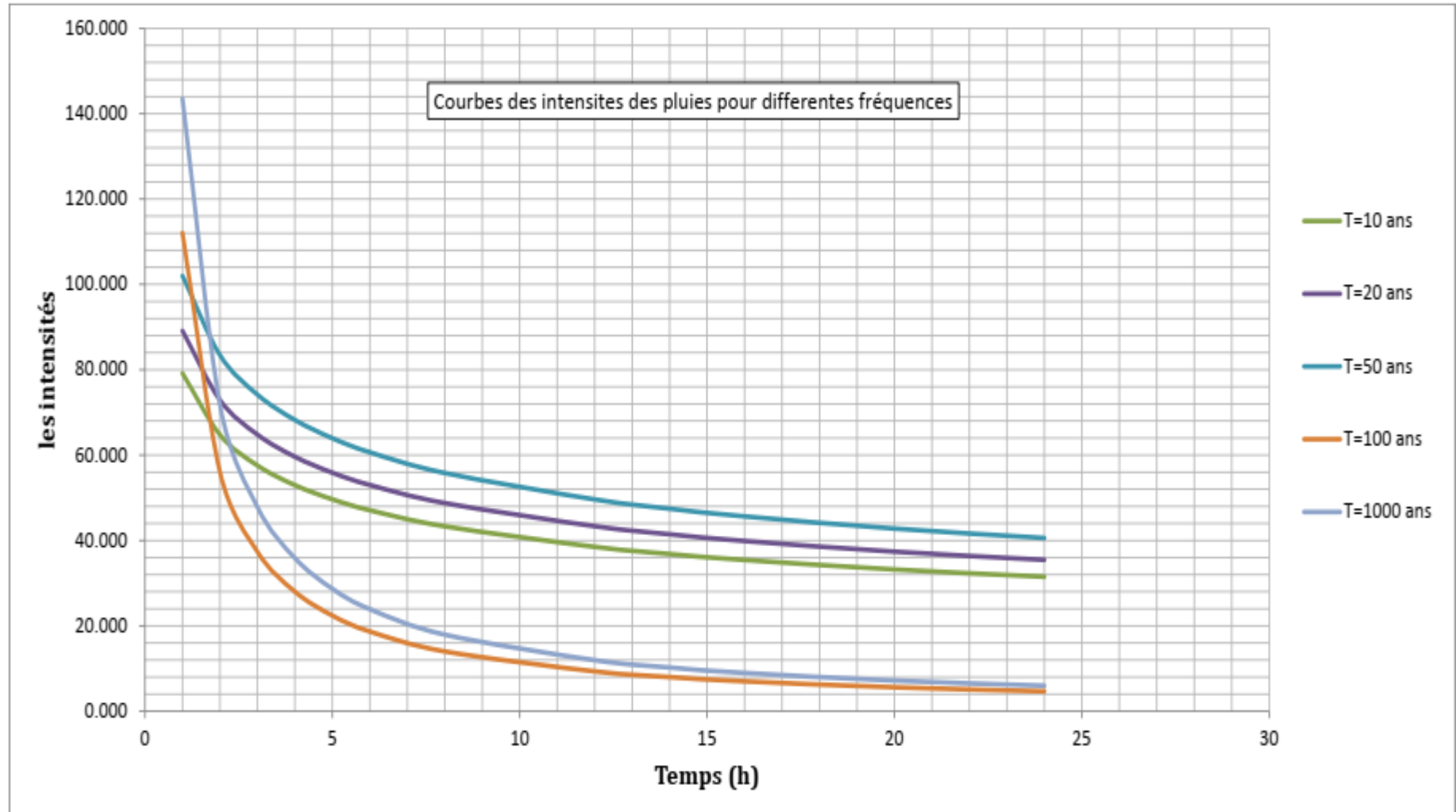


Figure III-9: Courbes des intensités des pluies pour différentes fréquences

III-5 Etude des apports

En raison du manque de séries hydrométriques au niveau du talweg principal, les apports seront estimés à partir des formules empiriques [14].

Les modèles et les formules empiriques peuvent être appliqués pour pouvoir déterminer l'apport annuel de l'oued dans le cas des données manquantes ou incomplètes.

Ces modèles sont basés sur la forme générale :

$$Q = (P - D) \dots\dots\dots (III.21).$$

Dans laquelle :

Q : débit annuel d'écoulement (apports).

P : précipitations moyennes annuelles.

D : déficit qui englobe toutes les pertes du bilan biologique.

III-6 Apport moyen annuel (A₀)

III-6-1-1 Formules empiriques

Différentes formules empiriques sont utilisées pour le calcul de l'apport moyen annuel A₀.

a) Formule de l'ANRH

On a :

$$A_0 = 0.915 \cdot P^{2.684} \cdot S^{0.842} \dots\dots\dots (III.22).$$

P : Pluie moyenne annuelle (m). « P_{moy,annuelle} = 530mm »

S : Superficie du bassin versant (Km²).

$$A_0 = 1.02 \text{ Mm}^3$$

b) Formule de MEDINGUER

On a :

$$Le = 1.024 (P_{moy} - 0.26)^2 \dots\dots\dots (III.23).$$

Le : Lamme d'eau écoulée (mm).

P : Pluie moyenne annuelle (m).

$$Le = 288 \text{ mm}$$

Et le rapport sera donc :

$$A_0 = Le * S \dots\dots\dots (III.24).$$

$$A_0 = 32.93 \text{ Mm}^3$$

c) Formule de TURC

$$Le = P_{moy} - D \dots\dots\dots (III.25)$$

P_{moy} : Pluie moyenne annuelle (mm).

D : Déficit de l'écoulement (mm).

$$D = \left[\frac{P_{moy}}{0.9 + \left(\frac{P_{moy}}{L}\right)^2} \right] \text{ (mm)} \dots\dots\dots \text{ (III.26)}$$

L : Variable théorique L = 300 + 25 Tmoy + 0.05 (Tmoy) ³.

Tmoy : Température moyenne annuelle

AN : L = 1079.08 D = 464.41 mm.
 Le = 284,81mm. A₀ = **65.59 Mm³**

d) Formule de SAMIE

$$L_e = P_0^2 (293 - 2,2 \sqrt{S}) \dots\dots\dots \text{ (III.27)}$$

Le = 75.69 mm

A₀ = Le . S A₀ = **8.67 Mm³**

e) Formule de Mallet – Gauthier

$$L_e = 0,6 \cdot P_{moy} (1 - 10^{-0,36 \cdot P_{moy}^2}) \dots\dots\dots \text{ (III.28)}$$

Pmoy : Pluie moyenne annuelle en [m] ;

Le : Lame d'eau écoulée en [m].

A.N:

Le= 318 mm

A₀= L .S = 36.45Mm³

A₀ = 36.45 Mm³

f) Formule de Derie II

On a :

$$A_0 = 0.513 \cdot P^{2.603} \cdot D_d^{0.5} \cdot S^{0.842} \dots\dots\dots \text{ (III.29)}$$

P : Pluie moyenne annuelle (m).

S : Superficie du bassin versant (Km²).

Dd : Densité de drainage (Km/Km²) (égale à 0.75)

Soi

A₀ =49.06 Mm³

Les résultats obtenus avec les différentes méthodes sont dans ce tableau (III-14) :

Tableau III-14: récapitulatif des apports

La formule	L'apport moyen annuel (Mm ³)
Formule de l'ANRH	1.02
Formule de MEDINGUER	32.93
Formule de TURC	65.59
Formule de SAMIE	8.67
Mallet – Gauthier	36.45
Derie II	49.06

Constat

D'après ces résultats, on opte pour l'apport moyen annuel **65.59 Mm³** formule de Turc car elle est la valeur maximale.

III-6-1-2 Caractéristiques de l'écoulement**a) Module de l'écoulement**

Il est donné par :

$$Me = A_{moy} / T \dots\dots\dots (III. 29)$$

A_{moy} : Apport moyen annuel (l/an).

T : Temps d'une année en secondes T = 3.1536.10⁷ s

$$Me = 2.080 \text{ l/s}$$

b) Module de l'écoulement relatif

On a :

$$Me_r = Me / S_b \dots\dots\dots (III.30)$$

Me: Module de l'écoulement (l/s)

S : Superficie du bassin (Km²).

$$Me_r = 0.018 \text{ l/s/Km}^2.$$

c) Lamé d'eau écoulée

Considérons l'équation suivante

$$L_e = A_{moy} / S_{BV} \dots\dots\dots (III.31)$$

$$L_e = 572,28 \text{ mm.}$$

d) Coefficient de l'écoulement

Il est donné par :

$$C_e = L_e / P_{moy} \dots\dots\dots (III.32)$$

AN : $C_e = 1.08.$

e) Coefficient de variation

Pour le calcul du coefficient de variation Cv, et en absence d'une série d'observation, on doit utiliser les formules empiriques.

e.1 Formule de SOKOLOVSKY

$$Cv = 0.78 - 0.29 \log q - 0.063 \log (S + 1) \dots \dots \dots (III.33)$$

q : Module de l'écoulement relatif

Cv = 1.16

e.2 Formule de OURKGUIPROVODKHOZ

$$Cv = \frac{0.7}{(Mr)^{0.125}} \dots \dots \dots (III.34)$$

Cv = 0.42

e.3 Formule de ANTONOV

$$Cv = 0.7 / (S + 1000)^{0.097}.$$

Cv = 0,35

Tableau 0-15 Rrécapitulatifs des Cv

La formule	Le coefficient de variation Cv
Sokolovsky	1.16
Ourkguiprovodkhoz	0.42
Antonov	0.35

Constat

Le coefficient de variation moyen calculé à base des formules empiriques sera donc **Cv=0.64**, c'est la valeur moyenne des résultats obtenus.

III-6-2 Irrégularité des apports

III-6-2-1 Estimation fréquentielle des apports

L'estimation fréquentielle des apports peut être envisagée par l'application d'une loi Log Normale qui est donnée comme suit [7] :

Les apports annuels ajustés à une loi statistique log-normale de forme :

$$A_{\%} = \frac{A_0 \cdot e^{U \cdot \sqrt{\log(C_v + 1)}}}{\sqrt{C_v^2 + 1}} \dots\dots\dots (III.35)$$

A% : Apport de fréquence donnée.

u : Variable réduite de Gauss.

A₀ : Apport moyen annuel [Mm³].

C_v : Coefficient de variation.

Les résultats de calcul sont donnés dans le Tableau (III-16).

Tableau III-16: Les apports de différentes fréquences

Période de retour	5	10	50	100	1000
Fréquence P(%)	80	10	2	1	0.1
u	-0.84	1.28	2.05	2.33	3.10
Apport (Mm³)	14.129	117.709	254.223	336.370	726.480

III-6-2-2 Répartition mensuelle de l'apport moyen annuel

La répartition mensuelle de l'apport moyen annuel suit la même répartition mensuelle des précipitations (Tableau III-17).

On a donc :

Tableau III-17: répartition mensuelle de la précipitation et de l'apport

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Total
P (%)	4.48	10.32	13.46	13.96	15.75	12.22	10.21	9.45	8.15	0.86	0.32	0.76	100,00
A(Mm³)	2.9384 3	6.7688 9	8.8284 1	9.1563 6	10.3304 3	8.0151 0	6.6967 4	6.1982 6	5.3455 9	0.5640 7	0.2098 9	0.4984 8	65.59
A_{80%} (Mm³)	0.6329 8	1.4581 1	1.9017 6	1.9724 1	2.2253 2	1.7265 6	1.4425 7	1.3351 9	1.1515 1	0.1215 1	0.0452 1	0.1073 8	14.12 9

III-7 Etude des crues

L'intérêt économique de la prédétermination du débit maximum probable des crues d'un cours d'eau en un point donné est évident en raison des effets destructifs bien connus de ces cataclysmeshydrologiques et de la nécessité d'en préserver les ouvrages. Les dimensions des

évacuateurs de crue des barrages, la hauteur des digues de protection contre l’inondation sont essentiellement déterminées par le maximum probable de la crue au quel ces ouvrages devront faire face compte tenu de certaines considérations d’optimum économique [15].

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

Les paramètres définissant une crue sont :

1. Le débit maximum de la crue (débit de pointe).
2. Le volume de la crue.
3. La forme de la crue (Hydrogramme de crues).
4. Le temps de base.

III-7-1 Formules empiriques pour la détermination de la crue

1. Formule de MALLET-GAUTHIER

On a:

$$Q_{\max p\%} = 2K \log (1+20.P_{\text{moy}}) \cdot \frac{S}{\sqrt{L}} \sqrt{1+4 \log T - \log S} \dots\dots\dots (III.36)$$

Q_{maxp%}: Débit maximum pour une fréquence donnée (m³/s).

P_{moy} : Pluie moyenne annuelle (m).

S : Superficie du bassin versant (114.61Km²).

L : Longueur du talweg principal (17.34 Km).

K : Constante dépendant des caractéristiques du bassin : K(1-3)

On prend K = 1.8.

T : Période de retour (an).

Le tableau (III-18) nous donne tous les résultats de calcul.

Tableau III-18: Débit maximum de crue pour différents périodes de retour (Formule de Mallet-Gauthier)

Période de retour	10	20	50	100	1000
Qmax (m³/s)	196.05	232.75	273.82	301.19	378.15

2. Formule de SOKOLOVSKY

On a

$$Q_{\max p\%} = \frac{0.28 * (Pct - H_0) * \alpha p\% * F * \bar{S}}{Tm} \dots\dots\dots (III.37)$$

H₀ : pertes initiales en mm. H₀ = 7mm

$\alpha_p\%$: coefficient de ruissellement de la crue probable pour une période donnée ;

Pct(mm) : précipitation de fréquence donnée qui correspond au temps de concentration.

$$\alpha_p\% = \frac{\sqrt{Pct\%} - \sqrt{H_0}}{\sqrt{Pct\%} + \sqrt{H_0}} \dots\dots\dots (III.38)$$

Tableau III-19: Valeur de α en fonction de la fréquence

Fréquence (%)	0,1	1	2	5	10
α	0.45	0.39	0,36	0.33	0.29

F : Coefficient de forme de la crue : $F = \frac{12}{4+3\gamma}$

Pour $S > 50$ Km

$\gamma = 3.$

Pour un bassin boisé avec un sol peu perméable

$2 \leq \gamma \leq 2.5$

On prend : $\gamma = 3$ D'où : **F = 0.75**

S : Superficie du bassin (Km²).

Tm=Tc=**3.21** h.

Les résultats de calcul sont inscrits dans le Tableau (III-20).

Tableau III-20: Débit maximum de crue pour différents périodes de retour (Formule de Sokolovsky)

Fréquence(%)	10	5	2	1	0.1
Pct(mm)	181.21	203.98	233.47	256.48	328.39
$\alpha_p\%$	0.67	0.69	0.70	0.72	0.75
Qmax p%(m ³ /s)	877.11	1015.28	1196.77	1340.14	1795.73

3. Formule de TURRAZA

On a:

$$Q_{maxp\%} = \frac{C * I_t * S}{3.6} \dots\dots\dots (III.39)$$

S : Superficie du bassin versant (Km²).

C : Coefficient de ruissellement en fonction de la probabilité donnée.

I_{tc} : Intensité des pluies pendant une durée égale au temps de concentration pour une fréquence donnée (mm/h).

Tableau III-21: Débit maximum de crue pour différents périodes de retour (Formule de Turraza)

Fréquence(%)	0.1	1	2	5	10
C	0.45	0.39	0.36	0.33	0.29
I _{tc}	328.39	256.48	233.47	203.98	181.21
Q _{max} (m ³ /s)	4704.59	3184.47	2675.78	2143.05	1673.05

Les résultats de calcul de toutes les formules sont représentés dans le Tableau (III.22).

Tableau III-22: récapitulatif des résultats de débit de crue.

Formule	Q _{0.1%} (m ³ /s)	Q _{1%} (m ³ /s)	Q _{2%} (m ³ /s)	Q _{5%} (m ³ /s)	Q _{10%} (m ³ /s)
Mallet - Gauthier	378.15	301.19	273.82	232.75	196.05
Sokolovsky	1795.73	1340.14	1196.77	1015.28	877.11
Turraza	4704.59	3184.47	2675.78	2143.05	1673.05

L'analyse des résultats obtenus par les trois formules montre qu'il y a une très grande différence constatée, donc on prend le débit calculé par la méthode de Sokolovsky (la plus proche à la valeur moyenne entre les trois méthodes).

III-7-2 Hydrogramme de crue

L'hydrogramme de crue est une identité de la crue, il nous donne les caractéristiques principales des crues telles que [14] :

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

Pour le tracé de l'hydrogramme de crue on doit suivre la méthode de Sokolovsky qui divise l'hydrogramme en deux branches de courbe non symétriques, une le temps de montée et l'autre pour la décrue.

Pour le temps de montée

$$Q_{\text{montée}} = Q_{\text{max}} \left(\frac{T}{T_m} \right)^2 \dots\dots\dots (III.40)$$

T_m : Temps de montée qui est égale au temps de concentration. T_m = 3.21 h

Pour la décrue

$$Q_{\text{déc}} = Q_{\text{max}} \left(\frac{T_d - T}{T_d} \right)^3 \dots\dots\dots(\text{III.41})$$

Avec: $T_d = \delta T_m$ (Sokolovsky)

$$T_d = 3 * 3.21 = 9.63 \text{ m/s}$$

δ : Coefficient dépendant des caractéristiques du bassin versant, il est pris en général compris entre (2 — 7) , celui-ci est fonction du cours d'eau (longueur) de la perméabilité et du boisement du bassin ,la classification des cours d'eau est mentionnée dans le tableau (III-23).

Tableau III-23 : Coefficient de forme de l'hydrogramme de crue δ .

Condition	δ
petits cours d'eau et vallons dans des bassins versants dénudés et faiblement perméables.	2 à 2,5
Moyens cours d'eau et vallons dans des bassins versants brisés ou perméables, moyens cours d'eau avec terrasses de lit majeur normales.	3 à 4
Grands cours d'eau avec des terrasses de débordements étendues.	4 à 7

Pour ce bassin $\delta = 3$

Les résultats de calcul des débits de la crue pour les différentes périodes de retour, sont donnés dans le tableau (III-24) et la figure (III-10).

Tableau III-24: Les débits de la crue

Fréquence	0.10	1.00	2.00	5.00	10.00
Q max (m3/s)	1795.73	1340.14	1196.77	1015.28	877.11
Temps de montée (heures)					
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.25	10.89	8.13	7.26	6.16	5.32
0.5	43.57	32.51	29.04	24.63	21.28
0.75	98.03	73.16	65.33	55.42	47.88
1	174.27	130.06	116.15	98.53	85.12
1.25	272.30	203.22	181.48	153.96	133.00
1.5	392.12	292.63	261.33	221.70	191.53
1.75	533.71	398.31	355.69	301.75	260.69
2	697.09	520.24	464.58	394.13	340.49
2.25	882.26	658.42	587.98	498.82	430.93
2.5	1089.21	812.87	725.91	615.82	532.02
2.75	1317.94	983.57	878.35	745.15	643.74
3	1568.46	1170.53	1045.31	886.78	766.10
3.21	1795.73	1340.14	1196.77	1015.28	877.11
3.5	463.17	345.66	308.68	261.87	226.23
4	358.83	267.79	239.14	202.88	175.27
4.5	271.47	202.59	180.92	153.48	132.60
5	199.57	148.94	133.01	112.84	97.48
5.5	141.65	105.71	94.40	80.09	69.19
6	96.18	71.78	64.10	54.38	46.98
6.5	61.66	46.02	41.09	34.86	30.12
7	36.58	27.30	24.38	20.68	17.87
7.5	19.43	14.50	12.95	10.99	9.49
8	8.71	6.50	5.80	4.92	4.25
8.5	2.90	2.17	1.93	1.64	1.42
9	0.50	0.38	0.34	0.28	0.25
9.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

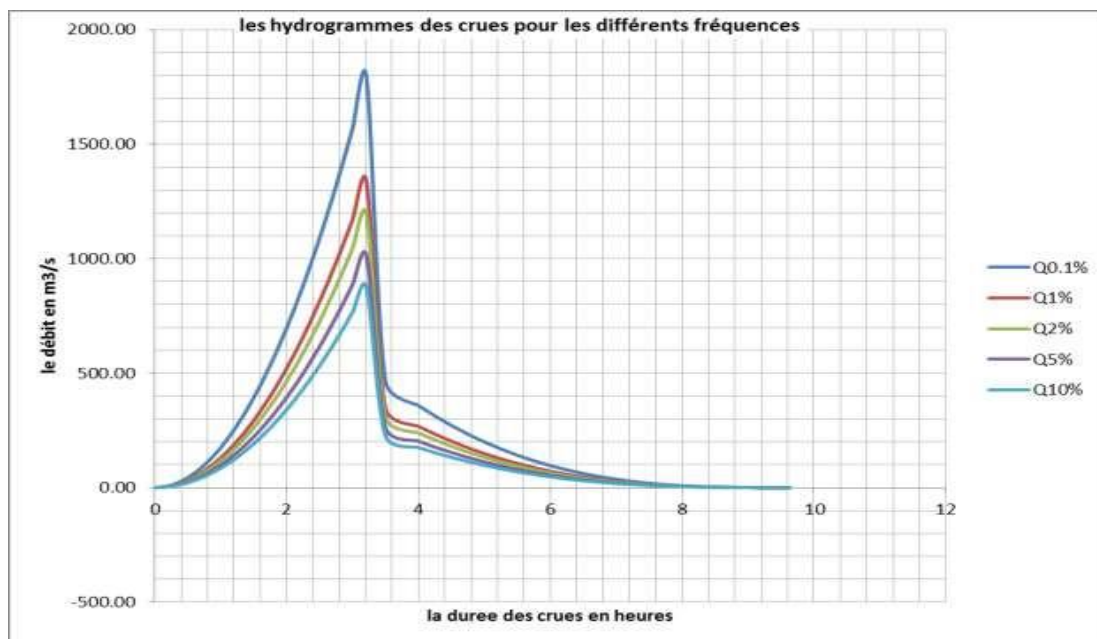


Figure III-10: Les hydrogrammes de crues

III-7-3 Estimation de la crue de projet

La crue de projet est la crue de plus faible fréquence entrant dans le Barrage. Elle est prise en compte pour déterminer le niveau des plus hautes eaux (NPHE). Donc la hauteur du barrage, et pour le dimensionnement de l'évacuateur de crues, en intégrant les possibilités du laminage [12].

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.

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.

Plusieurs comités et écoles ont données des recommandations pour le choix de la crue de projet, on site :

- ❖ Le Comité National Australien Des Grands Barrages (CNAGB)
- ❖ Le CEMAGREF (ex : C.T.G.R.E.F).

Il existe plusieurs méthodes pour la détermination de la crue de projet tel que:

1-/ Méthode du gradient des valeurs extrêmes.

2-/ Méthode PMP-PMF (Pluie Maximum Probable, Débits Maximum Probable).

- ❖ Le comité australien des grands barrages donne les recommandations suivantes Tableau (III-25) :

Tableau III-25: Quelques critères de choix de la crue de projet

Catégories des dommages	Crue de projet recommandée (probabilité au dépassement)
Elevés: -perte de vie - dommages considérables	1/10 000 ** 1/100 000
Importants: -Pas de perte de vie -Dommages importants	1/1000 ** 1/10 000
Faibles : -Pas de perte de vie -Dommages faibles	1/100 ** 1/1000

- ❖ Pour la détermination de la crue de projet on doit tenir compte des caractéristiques géologiques et hydrologiques du bassin versant (précipitations, superficie, perméabilité...etc)
- ❖ On doit calculer l'indice global "I_g" qui est lié à tous ces paramètres tel que :

$$I_g = I_a \times I_d \times I_r .$$

I_a : représente la somme des indices mineurs (intensité des crues et les difficultés topographiques).

I_d : représente la somme des indices des difficultés géologiques et géotechniques).

I_r: représente les risques.

- ❖ Si l'une des conditions suivante est trouvée Tableau (III-26) :

1/ Le risque est faible (I_g = 1), on dimensionne l'évacuateur de crues pour une cruecentennale.

2/ Le risqué est moyen (I_g =2), on dimensionne pour la crue centennale avec vérificationave la crue cinq centennale et parfois millénaire.

3/ Le risqué est élevé, la plus petite crue de dimensionnement ne doit en aucun cas êtreinférieure à la crue millénaire.

Tableau III-26: Récapitulation pour le choix de la crue de projet [8]

Le risque	Risque faible	Risque moyen (modéré)	Risque important
Hydrologie	Bonne connaissance	Connaissance moyennes	Incertitude
Géologie et géotechnique	Peu ou pas de difficulté	Quelques difficultés	Difficiles
Risque de rupture ou non	Faible	Moyen	Important
La crue de projet	Q _{max} (1%) + revanche	Q _{max} (1%) + revanche majorée avec vérification pour Q _{max} (0.1%) et Q _{max} (0.2%)	Q _{max} (0.1%)

Pour la présente étude on peut considérer que les difficultés géologiques et géotechniques sont faibles, les connaissances hydrologiques paraissent moyennes et que le risque en aval n'est pas élevé (site éloigné des zones urbaines- volume d'emménagement relativement faible), donc on accepte un risque moyen ($I_g = 2$) et on opte pour la crue centennale :

$$Q_{\text{crue}} = 1340.14 \text{ m}^3/\text{s}$$

III-7-4 Transport solide et calcul du volume mort

Le transport solide dépend de l'étendue, du relief du bassin versant, de la nature géologique des sols et de leurs résistances à l'érosion, liée elle-même à la couverture végétale, au régime des pluies et des températures [7] .

Le transport solide et le charriage du fond permettent la détermination du volume mort en fonction de la durée de vie du Barrage.

Le volume mort est un volume qui ne participe pas à la régularisation des débits, il doit répondre à certaines conditions:

❖ Accumulation des matériaux solides dans le Barrage.

❖ Garantir le fonctionnement normal des pompes.

Pour le calcul du volume mort du barrage on utilise les formules empiriques.

III-7-4-1 Transport solide

1. Formule de TEXERON

$$T_a = \alpha \cdot L_e^{0.15} \dots\dots\dots (III.42)$$

Avec :

T_a : le transport solide en (t/Km²/an).

L_e : la lame écoulée en (mm). « **572.28 mm** »

α : Paramètre caractérisant la perméabilité du bassin versant, $\alpha = 350$ (moyenne)

AN: $T_a = 907.218 \text{ T/K m}^2/\text{an}$

2. Formule de FOURNIER

$$T_a = \frac{1}{36} \left(\frac{P_m^2}{P_A} \right)^{2.65} \left(\frac{h^2}{S} \right)^{0.46} \dots\dots\dots (III.43)$$

Avec :

T_a : Taux d'abrasion en (t/ Km² /an)

P_m : Pluie mensuelle moy annuelle du mois le plus pluvieux 80.50 mm;

P_A : Pluie moyenne annuelle = 530mm;

$h = 45\% (H_{\text{max}} - H_{\text{min}})$ [m];

H_{max} : Altitude maximale = 862m;

H_{min} : Altitude minimale = 39m;

S : Surface du bassin versant = 114.61 Km².

AN: $P_m = 80.50$ mm

$P_A = 530$ mm

h= 370.35 m.

S=114.61 Km².

D'où $T_a = 957$ t/Km² .an

3. formule de Tixeron-Sogreah

$$T_a = 75 \times Y^{0.15} \dots\dots\dots(III.44)$$

Avec:

Y: lame d'eau écoulee de l'apport moy annuel (Le = 572.28 mm)

$$T_a = 194.40$$
 t/km².an

Le tableau III-27 présente les valeurs du transport solide selon les différentes méthodes :

Tableau III-27 :Les différents méthodes du transport solide

Méthode	Transport Solide (Tonne/km ² .an)
Tixeron	907.22
M. Fournier	95.73
Tixeron- Sogreah	194.40

On élimine la valeur obtenue par la méthode Tixeron car elle très éloigné par rapport les deux formules de M. Fournier et Tixeron-Sogreah et on prend la moyenne des deux dernières méthodes est de :

$$T_a = 145.065$$
 t/km².an

III-7-4-2 Calcul du Volume mort du barrage

La mise au point d'une méthodologie simple et pratique pour quantification de la sédimentation était toujours objectif attractif, la sédimentation est due des ouvrages dépeint essentiellement de la taille de surface de bassin versant, des précipitations, de l'apport liquide, de l'apport solide [12].

A) Volume solide V_s

Elle est donnée par :

$$V_s = \frac{T_a \times S \times T}{\delta}$$

Avec:

V_s : Volume des dépôts solides en m³

T_a : Taux d'abrasion (taux d'envasement spécifique)

S : Surface du bassin versant en Km²

T : Temps d'exploitation du barrage (période d'exploitation minimum on prend 50 ans)

ρ_s : Densité de la vase (densité humide du sédiment =1.6 tonnes/m³)

$$V_s = 519\,559.36 \text{ m}^3/\text{an}$$

B) Volume mort V_m

Il correspond au volume des particules solides qui se décantent au fond du Barrage.

Si l'on considère que 30% des matériaux transitent à travers la digue par déversement, le volumemort V_m de vase est donc:

$$V_m = (1-0.03)V_s$$

$$V_m = 363\,691.55 \text{ m}^3/\text{an}$$

Remarque :

D'après les résultats trouvés, on opte une valeur du volume mort égale à **363 691.55 m³/an** pendant les 50 ans d'exploitation supposés.

Conclusion

A la fin de l'étude hydrologique et l'analyse on peut résumer les résultats obtenus comme ce suit :

- Le coefficient de variation est $C_v=0.64$;
- L'apport moyen annuel est de $65.59 \text{ Mm}^3/\text{an}$;
- Le volume mort est de $363\,691.55 \text{ m}^3/\text{an}$;
- L'apport solide est de $145.065 \text{ t/km}^2.\text{an}$;

Le débit maximum de la crue est de $Q_{\text{crue}} = 1340.14 \text{ m}^3/\text{s}$ avec période de retour de $T=100$ ans, déterminé par l'hydrogramme des crues, cette valeur de débit sera prise en compte dans l'étude du laminage des crues.

Chapitre IV:
Etude de régularisation et laminage
des crues

Introduction

Le but de régularisation est de déterminer la capacité optimum du barrage de barrage qui permet de rendre réguliers les débits de l'oued Tarzout afin de satisfaire les besoins en eau d'irrigation (selon l'ANBT le barrage est projeté de couvrir les périmètres d'irrigation de la région) avec le moindre risque de défaillance possible.

Il y a deux types de régularisation sont utilisés :

- La régularisation saisonnière.
- La régularisation interannuelle.

Pour cette étude, on a effectué une régularisation saisonnière puisque les apports sont supérieurs à la demande.

Les paramètres qu'on doit avoir pour pouvoir faire le calcul de la régularisation sont :

- ✓ La répartition mensuelle de la demande en eau d'irrigation.
- ✓ La répartition mensuelle de l'apport (A 80% Mm³).
- ✓ La répartition mensuelle des infiltrations et d'évaporation.
- ✓ Les courbes caractéristiques du barrage.

IV-1 Répartition des apports et de la consommation U_{80%}

IV-1-1 Répartition mensuelle des besoins

L'ANBT a défini les besoins en eau pour les irrigations à environ **7.0 millions m³/an**. Dans le processus du dimensionnement de la retenue, cette quantité a été prise comme le minimum des besoins que la retenue de Tarzout doit satisfaire, ce qui signifie que les paramètres de la retenue, qui serait apte à satisfaire même les besoins plus importants, ont été également considérés.

La répartition mensuelle des besoins en eau d'irrigation obtenue auprès de l'ANRH est donnée dans le tableau (IV-1):

Tableau IV-1: Répartition mensuelle des besoins

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Répartition mensuelle (%)	0.0	0.0	1.7	7.1	18.6	24.9	26.3	14.3	4.7	2.0	0.4	0.0	100
Répartition mensuelle (Mm ³)	0.000	0.000	0.119	0.497	1.302	1.743	1.841	1.001	0.329	0.140	0.028	0.000	7

IV-1-2 Répartition mensuelle de l'apport A80% (Mm³)

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

La répartition mensuelle de l'apport A_{80%} est donnée dans le tableau (IV- 2)

Tableau IV-2: Répartition mensuelle des apports

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	T
Pluies mensuelles (mm) en %	3.64	8.20	13.88	16.46	13.29	14.82	11.86	10.63	5.25	1.25	0.29	0.43	100
Apport mensuel A _{80%} (Mm ³)	0.63298	1.45811	1.90176	1.97241	2.22532	1.72656	1.44257	1.33519	1.15151	0.12151	0.04521	0.10738	14.129

IV-1-3 Courbe capacité hauteur et surface–hauteur

L'étude hydrologique du site proposé porte sur l'évaluation de la capacité de ce dernier à savoir :

- Les caractéristiques principales du bassin versant du site en question.
- Le volume du barrage
- La taille de la digue.

Les caractéristiques bathymétriques (morpho métriques) du barrage sont la variation du volume et de la surface avec la hauteur. Les surfaces correspondantes à chaque altitude sont déterminées par le planimétrage des surfaces élémentaires correspondantes à chaque inter-courbe.

Pour bien estimer la capacité de stockage du barrage nous sommes basés sur le planimétrage de la cuvette qui est de notre point de vue les paramètres caractéristiques nécessaires du barrage (Tableau IV-3).

Tableau IV-3: Surface et volume en fonction de l'altitude

Hauteur (m)	Surface (Km ²)	Smoy (Km ²)	H(m)	ΔV(Mm ³)	V Mm ³
45	0.0065659	0.01759896	10	0.1173264	0.04377264
55	0.02863202				0.16109904
65	0.1030464	0.06583921	10	0.43892808	0.60002712
		0.09864182	10	0.65761212	
75	0.09423724	0.09255964	10	0.61706425	1.25763923
		0.17445699	10	1.16304661	1.87470348
85	0.09088204	0.11162012	10	0.74413414	3.03775009
		0.14735282	10	0.98235216	3.78188423
115	0.15504036	0.29380933	10	1.95872883	4.76423639
		0.57246244	10	3.81641624	6.72296523
125	0.43257829	0.60706112	9	3.64236675	10.5393815
		0.50177567			14.1817482

Remarque

$$\Delta V_i = \frac{2}{3} \cdot S_i \times \Delta H$$

Les courbes sont représentées sur les figures suivantes Figure (IV-1et IV-2):

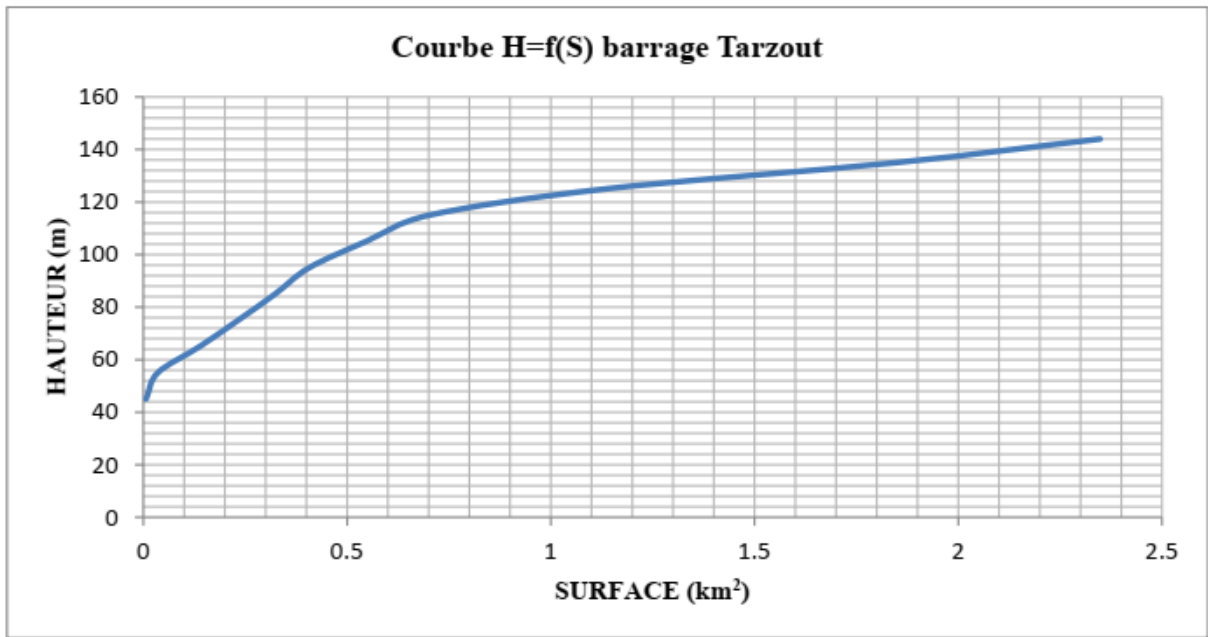


Figure IV-1: courbe surfaces- hauteurs

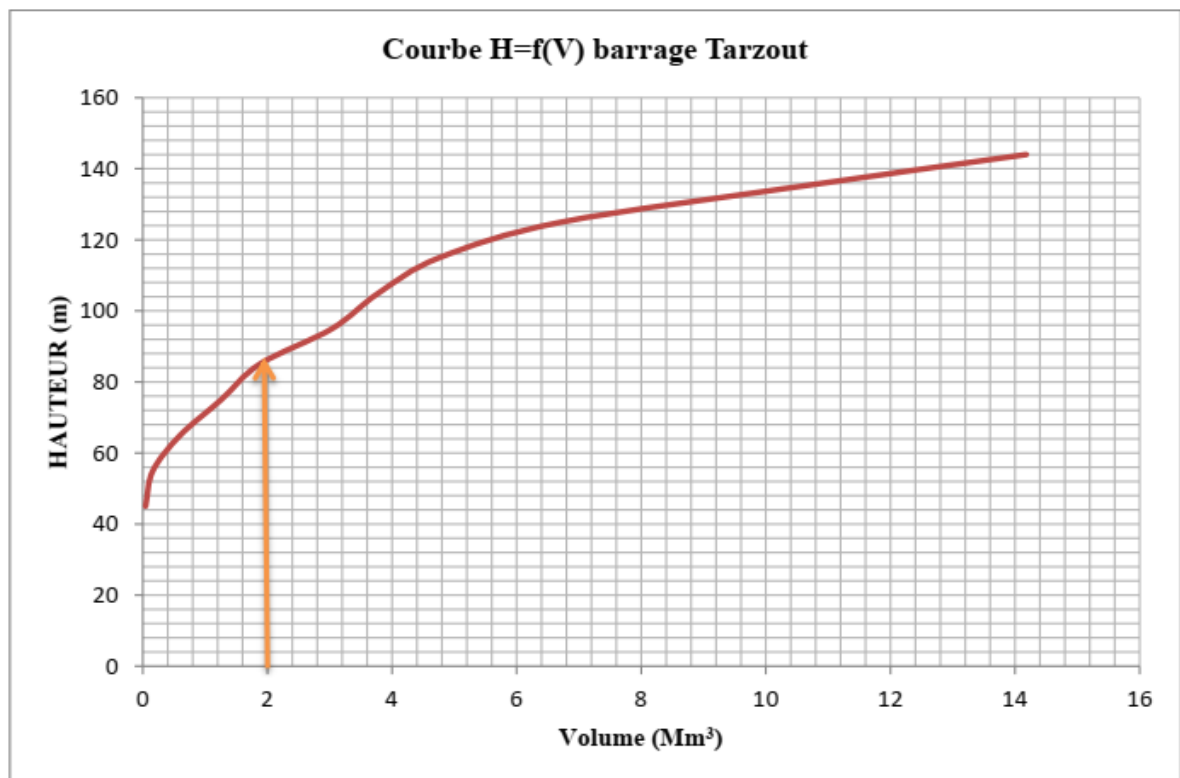


Figure IV-2: Courbe capacité-hauteur

IV-1-4 Calcul du volume utile

Pour calculer le volume utile du barrage on a besoin de :

- ❖ L'apport annuel $A_{80\%}$.
- ❖ La consommation totale.
- ❖ Le volume mort de la Barrage.

Le calcul de la régularisation est effectué en utilisant "la méthode du bilan d'eau [11].

a) Procédé de calcul

- Détermination de la période à bonne hydraulicité.
- Détermination des périodes excédentaires et déficitaires sur un cycle hydrologique.
- Calcul des volumes excédentaires et déficitaires " V_s " et " V_d ".
- Détermination du type de fonctionnement du barrage et calcul du volume utile [11].

La période à bonne hydraulicité est celle du mois d'Octobre jusqu'au mois du Mai. Les calculs se font comme suit :

$$V_{rf} = V_{ri} + (A-U) \dots\dots\dots(IV. 1)$$

IV-1-4-1 Régularisation saisonnière sans tenir compte des pertes

Les résultats de calcul de la régularisation saisonnière sont donnés dans le tableau (IV.4) on a :

$$V_s = 11.37041 \text{ Mm}^3.$$

$$V_d = 4.3109 \text{ Mm}^3$$

On remarque que $V_s \gg V_d$

Donc: le barrage fonctionne à un seul temps.

$$\text{D'où : } V_u = V_d \quad \text{Alors : } V_u = 4.3109 \text{ Mm}^3$$

Le volume du barrage Normal sera :

$$V_{NNR} = V_u + V_m \dots\dots\dots(IV. 2)$$

D'où :

$$V_{NNR} = 4.675 \text{ Mm}^3$$

$$NNR = 83.13 \text{ m}$$

D'après la courbe de capacité-hauteur (Figure IV-2) :

Tableau IV-4: Régularisation saisonnière sans tenir compte des pertes (le taux de régularisation est de 80 %)

Mois	A _{80%} (Mm ³)	U _{80%} (Mm ³)	A-U (Mm ³)	1 ^{er} consigne d'exploitation		
				V _{ri} (Mm ³)	V _{rf} (Mm ³)	S (Mm ³)
Sep	0.63298	0.329	0.30398	0.364	0.364	0.000
Oct	1.45811	0.14	1.31811	0.668	0.668	0.000
Nov	1.90176	0.028	1.87376	1.986	1.986	0.000
Dec	1.97241	0	1.97241	3.860	3.860	0.000
Jan	2.22532	0	2.22532	5.832	4.675	1.157
Fév	1.72656	0	1.72656	6.900	4.675	2.225
Mars	1.44257	0.119	1.32357	6.402	4.675	1.727
Avr	1.33519	1.302	0.03319	5.999	4.675	1.324
Mai	1.15151	0.558	0.59351	4.708	4.675	0.033
Juin	0.12151	1.743	-1.62149	5.269	4.675	0.594
Juil	0.04521	1.841	-1.79579	3.054	3.054	0.000
Aout	0.10738	1.001	-0.89362	1.258	1.258	0.000
				0.364	0.364	0.000

Avec :

V_{rf} : Volume de remplissage finalV_{ri} : Volume de remplissage initial S : Volume excédentaire à évacuer

IV-1-4-2 Régularisation saisonnière (en tenant compte des pertes)

Les pertes dans le barrage de deux sortes [9] :

- ❖ Pertes par évaporation.
- ❖ Pertes par infiltration.

1- Pertes par évaporation

On a: $V_{ep} = EV.S_{moy}$ (IV. 3)

EV: Evaporation mensuelle (mm).

S_{moy} : Surface du plan d'eau correspond au volume moyen ; tirée de la courbe (capacité-hauteur) ; correspond au volume moyen (V_{moy})

$$\left[V_{moy} = \frac{V_{rf,i} + V_{rf,i+1}}{2} \right] \dots\dots\dots (IV. 4)$$

V_{moy} : volume moyenne.

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

Tableau IV-5: valeurs de δ en fonction des conditions hydrogéologiques.

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

2- Pertes par infiltration

Le volume mensuel des pertes par infiltration est donné par:

δ : Coefficient dépendant des conditions hydrogéologiques de la cuvette [9].

Si on suppose que la perméabilité de la cuvette est moyenne on prend

$\delta = 1 \%$ du volumemoyen.

La régularisation saisonnière est représentée dans le tableau (IV-6)

Tableau IV-6: La régularisation saisonnière en tenant compte des pertes

Mois	$V_{rf,i}$	V_{moy}	S_{moy}	E_s	V_{inf}	V_{evp}	Π	A (Mm ³)	U (Mm ³)	A-U- π (Mm ³)	1 ^{ère} consigne d'exploitation		
	(Mm ³)	(Mm ³)	(Km ²)	(mm)	(Mm ³)	(Mm ³)	(Mm ³)				V_{ri} (Mm ³)	V_{ri} (Mm ³)	S (Mm ³)
Sep	0.3641	0.51609	0.06719138	150.5	0.0051609	0.0101123	0.0152732	0.63298	0.329	0.288706797	0.097	0.097	0.000
Oct	0.6681	1.327135	0.20432426	84.2	0.01327135	0.0172041	0.03047545	1.45811	0.14	1.287634547	0.386	0.386	0.000
Nov	1.9862	2.92307	0.4741677	62	0.0292307	0.0293984	0.0586291	1.90176	0.028	1.815130903	1.674	1.674	0.000
Dec	3.8600	4.267475	0.701482	41.7	0.04267475	0.0292518	0.07192655	1.97241	0	1.900483451	3.489	3.489	0.000
Jan	4.6750	4.675	0.77038703	37	0.04675	0.02850432	0.07525432	2.22532	0	2.15006568	5.389	4.675	0.714
Fev	4.6750	4.675	0.77038703	44.8	0.04675	0.03451334	0.08126334	1.72656	0	1.645296661	6.825	4.675	2.150
Mar	4.6750	4.675	0.77038703	69	0.04675	0.0531567	0.0999067	1.44257	0.119	1.223663295	6.320	4.675	1.645
Avr	4.6750	4.675	0.77038703	85	0.04675	0.0654829	0.1122329	1.33519	1.302	-0.0790429	5.899	4.675	1.224
Mai	4.6750	4.675	0.77038703	118.5	0.04675	0.09129086	0.13804086	1.15151	0.558	0.455469137	4.596	4.596	0.000
Jui	4.6750	3.864255	0.63330487	166.9	0.03864255	0.10569858	0.14434113	0.12151	1.743	-1.76583113	5.051	4.675	0.376
Juil	3.0535	2.155615	0.34440509	207.1	0.02155615	0.07132629	0.09288244	0.04521	1.841	-1.88867244	2.909	2.909	0.000
Aout	1.2577	0.81091	0.11704006	182.5	0.0081091	0.02135981	0.02946891	0.10738	1.001	-0.92308891	1.020	1.020	0.000
	0.3641										0.097	0.097	0.000

IV-2 Laminage des crues

Le calcul du laminage de crues permet de réduire les dimensions et le coût de l'ouvrage d'évacuation sans affecter la sécurité globale de l'aménagement, Ce type de calcul optimise la capacité de stockage momentanée du barrage et le débit progressif des déversements en fonction de l'apport entrant de la crue, Cette relation peut être formulée comme suit [7] :

$$Q \cdot dt = q \cdot dt + S \cdot dh \dots\dots\dots(IV.6)$$

Où :

Q : le débit entrant de la crue.

q : le débit déversé par l'évacuateur de crue (débit laminé)

S : la surface du plan d'eau de la cuvette.

Le débit cumulé à l' instant **t** est :

$$Q - q = S \cdot \frac{dh}{dt} \dots\dots\dots(IV.7)$$

Où :

$\frac{dh}{dt}$: La vitesse de remplissage ou de montée du barrage,

IV-2-1 Procédés de calcul

Il existe plusieurs procédés de calcul comme la Méthode de Kotcherine.

A) Méthode de Kotcherine

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

1. l'hydrogramme de crue est considéré comme un triangle ou un trapèze,
2. les débits transitent par l'évacuateur de crue se déversent selon une fonction linéaire,
3. le laminage commence avec le remplissage de la cuvette au niveau normale du barrage (NNR).
4. les pertes par infiltration et évaporation sont considérées comme nulles au moment de la crue.

A.1 Estimation du débit de crue laminée

Le volume stocké est exprimé selon la relation suivante :

$$V_F = V_C \cdot \left(1 - \frac{q_{lam}}{Q\%} \right) \dots\dots\dots(IV.8)$$

Où :

V_F : le volume d'eau en charge,

V_C : le volume de la crue,

$Q_{\%}$: le débit de la crue = 38,72 m³/s

q_{lam} : le débit laminé

De cette relation se déduit le débit de crue laminée :

$$q_{lam} = Q_{\%} \cdot \left(1 - \frac{V_F}{V_C}\right) \dots\dots\dots (IV.9)$$

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

A.2 Estimation de la charge au-dessus du déversoir

En faisant transiter ces volumes par un évacuateur de crues aux dimensions que l'on définit, on analyse plusieurs variantes, Le débit de crue transitant par l'évacuateur de crue se calcule alors avec la relation [3] :

$$q = m \cdot L \cdot \sqrt{2g} \cdot H^{3/2} \dots\dots\dots (IV.10)$$

Où :

m : coefficient de débit, dépendant notamment de l'épaisseur du déversoir par rapport a la charge H , et de la forme de la crête du déversoir, pour le cas de cette étude il est constant et égal à 0,48;

g : accélération de pesanteur,

L : la largeur de déversoir,

H : la charge sur le déversoir (on fait varier de 0,5 à 2 m), Connaissant ce débit et parce qu'aussi :

$$q = S \cdot V_{moy} \dots\dots\dots (IV.11)$$

Et :

$$S = L \cdot (H + P) \dots\dots\dots (IV.12)$$

Il est possible d'extraire la vitesse moyenne (V_{moy}) comme suit :

$$V_{moy} = \frac{q}{L \cdot (H + P)} \dots\dots\dots (IV.13)$$

Enfin on calcule les débits en faisant varier cette fois la largeur déversante par la même formule et L compris entre 4 et 18 mètres.

$$q = m \cdot L \cdot \sqrt{2g} \cdot H^{3/2} \dots\dots\dots (IV.14)$$

$$\mathbf{H}_o = \mathbf{H} + \frac{\alpha \cdot \mathbf{V}_{\text{moy}}^2}{2g} \dots\dots\dots (\text{IV.15})$$

Où :

\mathbf{H}_o : est la charge globale;

$\frac{\alpha \cdot \mathbf{V}_{\text{moy}}}{2g}$: La charge dynamique liée à la vitesse d'écoulement;

\mathbf{P} : la hauteur de pelle.

Cette itération donne des courbes qui peuvent s'entrecroiser avec la relation de \mathbf{q}_{lam} , Ce sont des points de croisement qui permettent de définir le débit de crue laminée en correspondance à la largeur optimale.

Le débit des crues laminées est calculé pour différentes charges " \mathbf{H} " et différentes largeurs de l'évacuateur de crues " \mathbf{b} ",

Les graphiques des figures IV-3 et IV-4 sont accordés à la table de calculs, en faisant varier les variables \mathbf{H} et \mathbf{b} , les relations s'ajustent automatiquement, le Tableau IV-7 regroupe les données initiales de la simulation.

Tableau IV-7: Données initiales.

Données initiales	
G	9,81 m ² /s
A	1
Q_{1%}	38,72m ³ /s
V_{crue 1%}	250905.60m ³
m	0,48
P	1,5 m

Tous les calculs et résultats sont illustres ci-après (Tableaux IV-8, IV-9 et IV-10) et les figures (IV-3, et IV-4):

Tableau IV-8:1 ère étape de calcul

B	H	Débit	Surface	Vitesse	V_{forcé}
(m)	(m)	(m³/s)	(m²)	(m/s)	(m³)
10	0,5	7,516262241	5	1,5032524	18922
12	0,75	16,56990654	9	1,8411007	29658
14	1	29,76288	14	2,12592	35011,8
16	1,25	47,53701635	20	2,3768508	44994,6
18	1,5	70,30015966	27	2,6037096	56510,2
20	1,75	98,43147348	35	2,8123278	71706
22	2	132,2862154	44	3,0065049	75590

Tableau IV-9: 2ème étape de calcul

H (m)	V_{moy} (m/s)	H₀ (m)	Débit m³/s						
			b=10m	b=12m	b=14m	b=16m	b=18m	b=20m	b=22m
0,5	1,5032524	0,615176754	10,257624	12,309149	14,360674	16,412199	18,463724	20,515249	22,566774
0,75	1,8411007	0,922765132	18,844459	22,613351	26,382243	30,151135	33,920027	37,688919	41,45781
1	2,12592	1,230353509	29,012943	34,815532	40,61812	46,420709	52,223298	58,025886	63,828475
1,25	2,3768508	1,537941886	40,546821	48,656185	56,765549	64,874913	72,984277	81,093641	89,203005
1,5	2,6037096	1,845530263	53,30018	63,960216	74,620252	85,280288	95,940324	106,60036	117,2604
1,75	2,8123278	2,153118641	67,165903	80,599084	94,032264	107,46545	120,89863	134,33181	147,76499
2	3,0065049	2,460707018	82,060995	98,473194	114,88539	131,29759	147,70979	164,12199	180,53419

Tableau IV-10: 3ème étape de calcul

H (m)	V_{forcé} (m³)	q laminé (m³/s)	Débit m³/s						
			b=10m	b=12m	b=14m	b=16m	b=18m	b=20m	b=22m
0,5	18922	35,79993827	10,257624	12,309149	14,360674	16,412199	18,463724	20,515249	22,566774
0,75	29658	34,14314815	18,844459	22,613351	26,382243	30,151135	33,920027	37,688919	41,45781
1	35011,8	33,31694444	29,012943	34,815532	40,61812	46,420709	52,223298	58,025886	63,828475
1,25	44994,6	31,77638889	40,546821	48,656185	56,765549	64,874913	72,984277	81,093641	89,203005
1,5	56510,2	29,99929012	53,30018	63,960216	74,620252	85,280288	95,940324	106,60036	117,2604
1,75	71706	27,65425926	67,165903	80,599084	94,032264	107,46545	120,89863	134,33181	147,76499
2	75590	27,05487654	82,060995	98,473194	114,88539	131,29759	147,70979	164,12199	180,53419

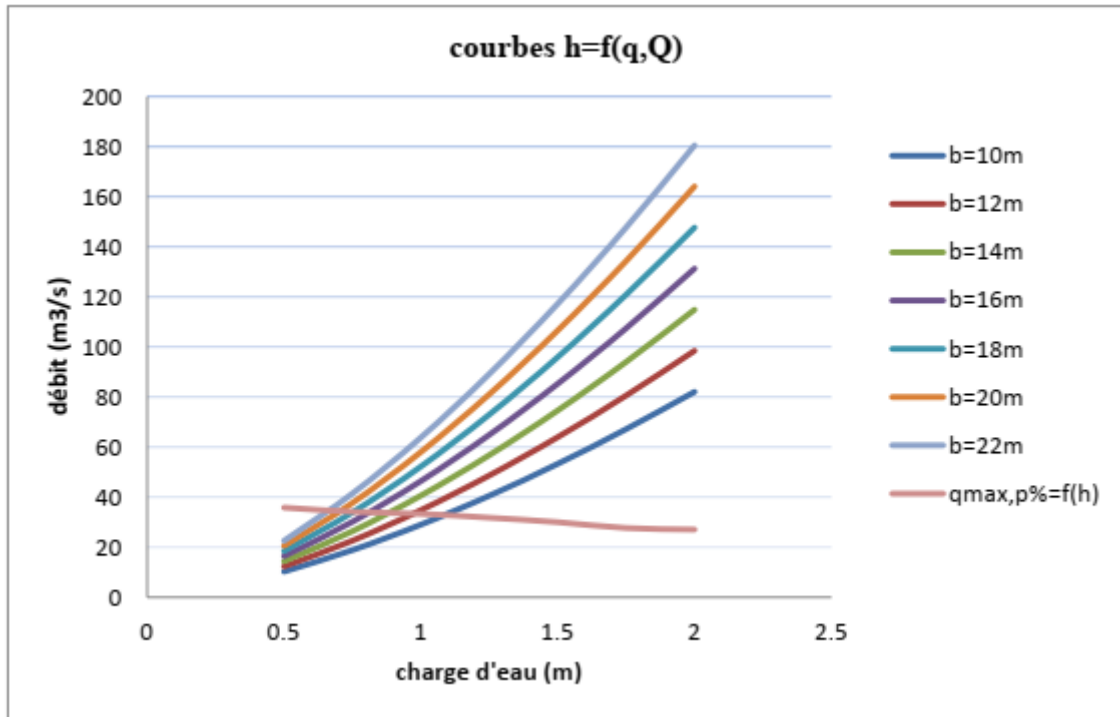


Figure IV-3: Courbes $h=(q,Q)$

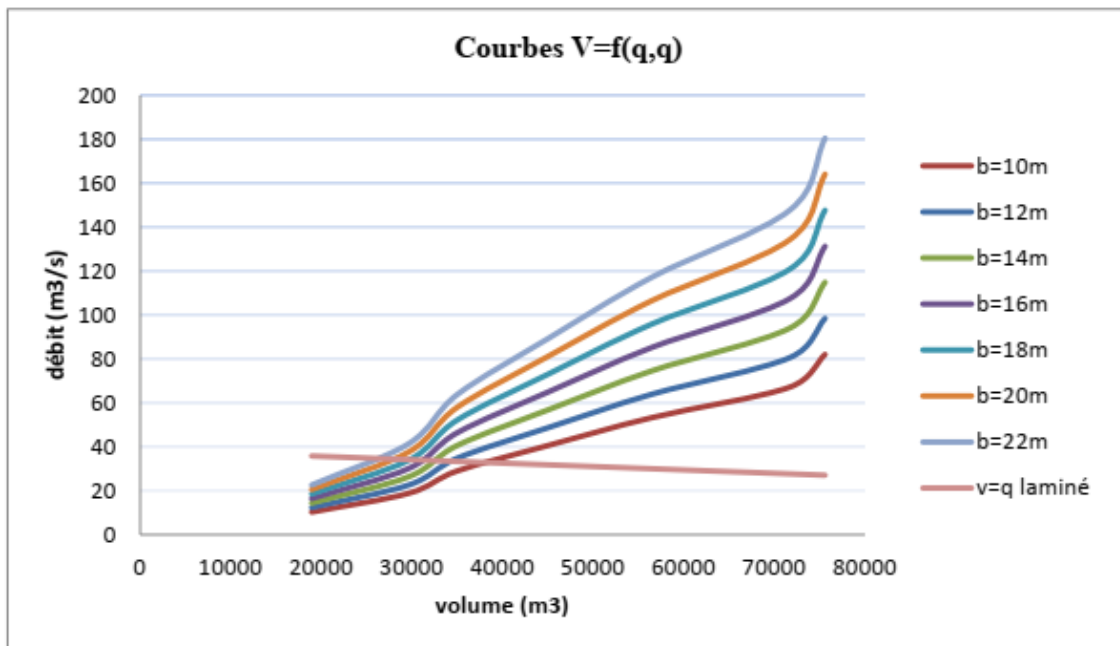


Figure IV-4: Courbes $V=f(q,Q)$

Les caractéristiques de chaque largeur du déversoir proposé comme le débit évacué, le volume forcé et la lame déversée sont représentés dans le Tableau IV-11.

Tableau IV-11: récapitulatif des résultats de la méthode de Kotcherine.

b(m)	H (m)	NPHE (m)	q(m³/s)	V_{forcé}(m³)
10	1,08	84,61	35,79993	18922
12	0,95	84,48	34,14314	29658
14	0,88	84,41	33,31694	35011,8
16	0,8	84,33	31,77638	44994,6
18	0,74	84,27	29,99929	56510,2
20	0,7	84,23	27,65426	71706
22	0,65	84,18	27,05488	75590

Conclusion

Les résultats trouvés dans ce chapitre concernant la régularisation et le laminage des crues sont regroupés dans le tableau IV-12

Tableau IV-12: les caractéristiques du barrage

Dénomination	Unité	Quantité
Volume mort	M.m ³	0.364
Volume utile	M.m ³	4.3109
Volume au niveau normal du barrage	M.m ³	4.675
Cote de fond (▼ fond)	m	54.55
Cote au niveau mort (▼NVM)	m	59.73
Cote au niveau normal du barrage (▼NNR)	m	83.13
Cote de plus hautes eaux (▼NPHE)	m	84.48
Cote de la crête (▼Crête)	m	84.63
Largeur de déversoir	m	12
La hauteur de charge déversée.	m	0.95
Le débit évacué	m ³ /s	34.14

Chapitre V :

Dimensionnement des barrages

Introduction

Dans ce chapitre, nous allons faire le dimensionnement hydraulique des différentes parties de l'ouvrage en commençant par la digue puis les ouvrages annexes.

Les calculs et la méthodologie de conception pour le dimensionnement de ces ouvrages sont très variés ; il n'existe aucune recommandation qui permette le choix, Néanmoins le dimensionnement doit être mené avec soin afin de garantir le bon fonctionnement et la sécurité du barrage.

V-1 Dimensionnement de la digue (homogène en argile)

Le barrage en terre homogène doit à la rigueur remplir les conditions suivantes :

- avoir une imperméabilité suffisante ;
- insoluble dans l'eau ;
- avoir une faible teneur en matières organiques (<5%) ;
- ne pas se fissurer sous l'effet des tassements ;
- avoir une grande résistance au cisaillement et une densité sèche maximale.
- Le cout du barrage doit être le plus économique possible.

✚ *Calcul de la revanche*

Plusieurs formules sont utilisées pour le calcul de la revanche :

1- *Formule de Stevenson Gaillard*

Cette formule permet d'évaluer les impacts des vagues sur les structures côtières ou les barrages.

$$R = 0.75H + v^2/2g \quad \text{(V. 1)}$$

$$H = 0.75 + 0.34\sqrt{F} - 0.26^4\sqrt{F} \quad (F < 18 \text{ Km}) \quad \text{(V. 2)}$$

$$\text{On a:} \quad F = 17,34 \text{ Km}$$

$$\text{Donc :} \quad H = 1,6 \text{ m}$$

V : Vitesse de propagation des vagues (m/s).

$$V = 1.5 + 2H. \quad \text{D'où :} \quad V = 4.7 \text{ m/s.}$$

$$\text{La revanche sera donc :} \quad \mathbf{R=2,32 \text{ m}}$$

2- *Formule de Mallet et Pacquant*

$$H = 0.5 + 0.33\sqrt{F} \quad \text{(V. 3)}$$

$$\begin{aligned} \text{et :} & R = H + v^2/2g \\ \text{D'où: } H = 1,87\text{m.} & V = 5.24 \text{ m/s} \\ \text{D'où:} & R = 3,27 \text{ m} \end{aligned}$$

3- Formule Simplifiée

$$\begin{aligned} R &= 1 + 0.3\sqrt{F} & (V.4) \\ \text{D'où: } & R = 2,25 \text{ m} \end{aligned}$$

Pour ce cas on opte pour une valeur de **2,60 m**

✚ Calcul de la hauteur du barrage

La hauteur du barrage est donnée par l'expression suivante :

$$\begin{aligned} H_b &= (NNR - C_f) + h_{dév} + R + t \\ H_b &= 28.58 + 0.75 + 2,60 + 0,2 = \mathbf{32.13 \text{ m.}} \end{aligned}$$

Avec :

h_d : la charge déversant = 0.75m

R : la revanche

t : tassement du remblai

En fin la hauteur du barrage sera égale à 32.13 m

✚ Largeur en crête

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

1- Formule de Knappen

$$b_{cr} = 1.65 \sqrt{H_b} \text{ (m)} \quad (V. 5)$$

AN : $b_{cr} = 9,35 \text{ m}$

2- Formule de Preece:

$$b_{cr} = 1.1 \sqrt{H_b + 1} \text{ (m)} \quad (V. 6)$$

AN: $b_{cr} = 7.24 \text{ m}$

3- Formule Anonyme (simplifiée)

$$b_{cr} = 3.60^3 \sqrt{H_b - 3} \text{ (m)} \quad (V. 7)$$

AN: $b_{cr} = 8,44\text{m}$

4- Formule pratique

$$b_{cr} = 5/3 \sqrt{H_b} \quad (V. 8)$$

H_b : Hauteur du barrage [m];

AN: $b_{cr} = 9,44 \text{ m}$

Le tableau (V-1) nous donne les résultats du calcul.

Tableau V-1: Récapitulatif des résultats

Formule	b_{cr} (m)
Knappen	9.35
Preece	7.24
Pratique	9.44
Simplifiée	8.44
Moyenne	8,62

Donc, On opte une valeur moyenne $b_{cr} = 9$ m.

✚ *Pentes des talus :*

Les pentes des talus sont fixées par les conditions de stabilité mécanique du massif et de ses fondations Tableau(V-2) [5].

Pour les massifs, on donne des pentes qui paraissent optimales.

Tableau V-2: Valeurs indicatives des pentes des talus [5].

Hauteur du barrage (m)	Type du barrage	Fruit des talus	
		Amont	Aval
H < 5	- Homogène	2,5	2
	- A zones	2	2
5 < H < 10	- Homogène granulométrie étendue	2	2
	- Homogène à fort % d'argile	2,5	2,5
	- A zones	2	2,5
10 < H < 20	- Homogène granulométrie étendue	2,5	2,5
	- Homogène à fort % d'argile	3	2,5
	- A zones	3	3
H ≥ 20	- Homogène granulométrie étendue	3	2,5
	- A zones	3	3

Pour les talus on prend :

- ✓ Le fruit amont est 3 ($m_1=3$)
- ✓ Le fruit aval est 2.5 ($m_2=2.5$)

✚ *Les bermes*

A. Talus amont

Nous aurons une berme de largeur 3 m à la cote 54.44 m NGA.

B. B-Talus aval

La Berme est disposée à 3 m à la cote 54.44 m NGA avec une largeur de 3m.

V-1-1 Dispositif de protection contre les effets de l'eau et description générale des variantes de protection des talus

Les talus d'un barrage sont sensibles à l'érosion due au ruissellement des eaux des pluies, aux renards provoqués par le ressuyage des eaux de saturation du barrage, et en ce qui concerne le parement amont à l'attaque des vagues, il y a lieu donc en général de prévoir une protection pour les talus [13].

Le talus aval : sera protéger contre l'érosion par un enrochement qui doit être réalisé immédiatement après l'achèvement des travaux de terrassement, en ayant soins de recouvrir le parement d'une couche de terre végétale de 30 cm [13].

Le talus amont : sera protéger par un parement en rip-rap d'enrochement en fonction de la hauteur des vagues h_v et leur vitesse de propagation V par la méthode de (Tennessee- Valley- Authority).

Le but principal du rip-rap mis en place sur un remblai est d'empêcher l'érosion et les dégâts pouvant résulter de l'action des vagues. L'expérience a, en général, montré que le rip-rap déversé était le type de protection de talus le plus efficace (CIGB, 1991) [10].

V-1-2 Méthode TVA (Tennessee -Valley- Authority)

On applique la formule suivante:

$$e = C \cdot V^2 \quad (V.9)$$

Où :

e : Epaisseur de l'enrochement en [m];

V : Vitesse de propagation des vagues en [m/ s]; sachant que $V= 4,70$ m/s

C : Coefficient dont la valeur est en fonction de la pente du talus et du poids spécifique θ du matériau d'enrochement.

La valeur de C est donnée par le Tableau V-3.

Tableau V-3: Les valeurs de C en fonction de la pente du talus et du poids [4].

Pente du talus	Valeur de C pour différents poids spécifiques		
	$\theta = 2,50$	$\theta = 2,65$	$\theta = 2,80$
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

Pour une digue homogène $C = 0,028$.

Nous obtenons une épaisseur d'enrochement $e=0,70$ m.

V-2 Classification de l'ouvrage

La classification est basée sur la constitution de l'ouvrage et sa fondation et en particulier sur les risques attendus à l'aval en cas de rupture de l'ouvrage. Pour connaître la classe du barrage, nous utilisons le Tableau V-4 :[4]

Tableau V-4: Classes de barrage en terre en fonction du type de la fondation

Type de sols de fondation	Classes de barrages			
	I	II	III	IV
	Hauteurs du barrage (m)			
Sols rocheux.	>100	70÷100	25÷70	<25
Sols sablonneux ,pierreux, terrain argileux non plastique.	75	35÷75	15÷35	<15
Terrain argileux plastique.	>50	25÷50	15÷25	<15

La digue du barrage Tarzout sera projetée en remblai homogène, avec une hauteur totale de 32.13 m.

La largeur en crête est de 9m et les fruits des talus amont et aval sont successivement :(3, 2.5).

D'après le tableau (V-4) le barrage appartient à la classe **III**.

En analysant les résultats obtenus, on adopte pour la suite du dimensionnement de ladigue une épaisseur de couche $e = 50$ cm et un diamètre moyen de 30cm.

Donc une protection du talus amont d'une épaisseur de 50cm d'enrochement avec 40cm de filtre (lit de gravier et sable avec épaisseurs de 20cm pour chacun).

On a opté pour une couche de 30 cm d'enrochement sur le talus aval.

V-3 Organes d'étanchéité

V-3-1 La clé d'ancrage

La profondeur de la clé d'ancrage est exécutée jusqu'à 6 mètres. On détermine les dimensions du dispositif de l'ancrage par le calcul, et on les corrige d'après les conditions des exécutions des travaux en cas d'utilisation de procédés mécanisés. L'épaisseur d'élément (clé d'ancrage) est égale (3-4) m [11].

Alors on prend les talus de la clé d'encrage $m_1=m_2=0,75/1$ Figure (V-1).

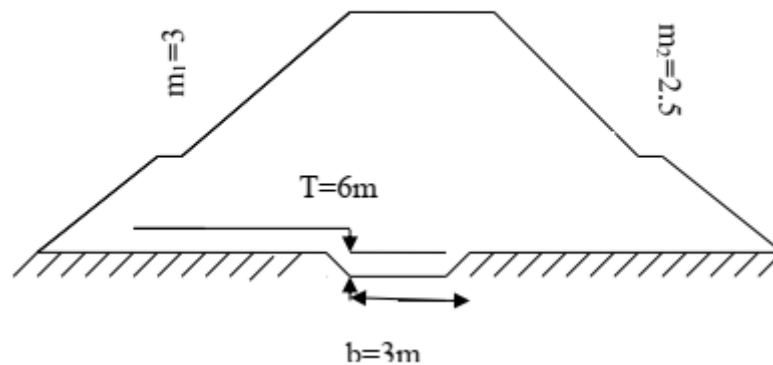


Figure V-1: Clé d'ancrage du barrage

V-3-2 Le dispositif de drainage du remblai

L'expérience montre que, même dans les petits barrages ($H < 5\text{m}$) l'absence du drainage engendre couramment des désordres lorsque la ligne de saturation, parfois au bout de plusieurs années de service (remblais très imperméables), finit par recouper le talus aval.

Pour contrôler les infiltrations à travers le remblai, il est nécessaire de mettre en place un dispositif drainant et filtrant.

En ce qui concerne la qualité des matériaux, les principaux essais, outre la granulométrie, sont :

- Mesure du coefficient de friabilité des sables.
- Essai Losange les (chocs) et l'essai (Micro- Deval) (usure) pour les graviers.
- Equivalent de sable (la présence d'argile peut entraîner une cohésion et donc la fissuration du matériau) [14].
- Les matériaux calcaires sont à éviter pour les organes de drainage.

V-3-3 Le tapis drainant sous le talus aval

C'est la solution traditionnellement adoptée pour assurer le drainage d'un remblai homogène, ce tapis de matériau drainant, d'une épaisseur de 0.5m, s'étend sur (1/4-1/3) de l'emprise du barrage.

On note que l'implantation idéale se situe, un peu en aval de l'axe du remblai (afin de bénéficier au maximum de l'effet d'étanchéité apporté par le remblai amont).

1. Dimensionnement du tapis drainant

2. Longueur du tapis drainant

$$L_d = (1/3 - 1/4) L_b \quad (\text{V.10})$$

$$L_d = 1/3 L_b$$

L_d : longueur du drain tapis en (m).

Lb : largeur transversale du barrage (127m).

On trouve : $L_d = 42,33 \text{ m}$. On prend $L_d = 42,5 \text{ m}$

3. L'épaisseur du tapis

$Ep \text{ tapis} = 0,5 \text{ m}$

V-3-4 Le prisme de drainage

Il permet de :

- Réceptionner et évacuer les eaux infiltrées à travers le corps du barrage et sa fondation.
- Rabattre la ligne phréatique le plus basse possible.
- Réduire les pressions interstitielles dans certaines parties du corps du barrage.

➤ *Dimensionnement du prisme de drainage :*

Fruit des talus : on prend : $m_1 = (1 \div 1,75) \quad m_1 = 1,5$

et $m_2 = (1,5-2,5)$ on prend: $m_2 = 2,5$

Hauteur : $H_{dr} = (0,15-0,2)$; $H_b = 0,15 \cdot 20,72 = 3,11 \text{ m} \quad \Rightarrow \mathbf{H_{dr} = 3 \text{ m}}$.

Largeur en crête: $b_p = (1/3 \div 1/4) h_{dr}$

On prend $b_p = 1/3 h_{dr}$

Ce qui donne: $\mathbf{b_p = 1 \text{ m}}$

V-4 Calcul des filtres

V-4-1 Règles des filtres

L'exigence primordiale aux sols des filtres est qu'ils doivent vérifier, les conditions de l'absence du phénomène de Renard [14].

✓ *Condition 1*

$$\frac{D_s}{D_{17}} \geq 0,32 \sqrt[6]{\eta} \cdot (1 + 0,05\eta) \frac{n}{1-n} \quad (\text{V.12})$$

Avec :

η : Coefficient d'hétérogénéité du sol du filtre, $\eta = D_{60}/D_{10}$;

n : Porosité du sol en fonction d'unité $n = n_0 - 0,1 \text{Log } \eta$;

$n_0 = 0,4$ pour les sols caillouteux ;

$n_0 = 0,45$ pour les sols argileux.

✓ *Condition 2*

Condition de Terzagui [7]:

$$\frac{D_{15}}{d_{15}} < 4 \quad (\text{V.13})$$

D_{15} : Diamètre de filtre ;

d_{15} : Diamètre du sol à protéger.

V-4-2 Détermination de la courbe granulométrique des filtres

A) Détermination de la granulométrie du filtre :

$$D_{17}^F = \frac{D_{PV}}{0,32 \cdot \sqrt[6]{U_F} \cdot (1 + 0,05 \cdot U_F)} \cdot \frac{1-n}{n} \quad (\text{V.14})$$

U_F : Coefficient d'homogénéité du sol du filtre [$U_F = 15$].

n : la porosité de filtre [$n = 0,4 - 0,1 \cdot \log(U_F)$].

D_{PV} : diamètre des particules soumises à un effet de voûte.

$D_{PV} = (3 \text{ à } 4) \cdot d_{15}$

d_{15} : Diamètre des particules du sol protégé à 15% ;

On déterminera aussi le diamètre minimum D_{\min} en fonction de D_{17}

$$D_{\min} = \frac{D_{17}}{1 + 0,2 \cdot (1,7)^x} \quad (\text{V.15})$$

Où:

$$x = 1 + 1,28 \cdot \log(U_F) \quad (\text{V.16})$$

Les autres valeurs de "Di" sont déterminées par la formule suivante :

$$D_i = [1 + 0,2 \cdot (0,1 \cdot i)^x] \cdot D_{\min} \quad (\text{V.17})$$

$$n = 0,4 - 0,1 \log(15) = 0,28 \quad \text{et} \quad x = 1 + 1,28 \cdot \log(15) = 2,505$$

Les résultats de la 1ère couche sont donnés dans le Tableau V-5 :

Tableau V-5: récapitulatif des résultats de la 1 ère couche de filtre

D_{PV} (mm)	D_{17} (mm)	D_{\min} (mm)	D_5 (mm)	D_{10} (mm)	D_{15} (mm)	D_{20} (mm)	D_{50} (mm)	D_{60} (mm)	D_{80} (mm)	D_{100} (mm)
0,022	0,064	0,0365	0,038	0,044	0,057	0,078	0,448	0,686	1,372	2,372

La deuxième couche est déterminée de la même façon que la première couche Tableau V-6.

Tableau V-6: récapitulatif des résultats des 2 ième couches de filtre.

D_{PV} (mm)	D_{17} (mm)	D_{\min} (mm)	D_5 (mm)	D_{10} (mm)	D_{15} (mm)	D_{20} (mm)	D_{50} (mm)	D_{60} (mm)	D_{80} (mm)	D_{100} (mm)
0,171	0,5	1,26	1,304	1,512	1,956	2,690	15,461	23,682	47,354	81,872

✚ Granularité de sol protégé

- $d_{15} = 0,0063 \text{ mm}$;
- $d_{50} = 0.05\text{mm}$;
- $d_{85} = 0.2 \text{ mm}$.
- La première couche de filtre est entre des terres du corps du barrage et la première couche de drain.
- La deuxième couche des filtres est déterminée de fonction de la courbe moyenne de la première couche :

V-4-3 Vérification de l'absence de renard dans le sol des filtres

➤ Filtre 1

✓ Condition 1

$$\frac{D_5}{D_{17}} \geq 0,32\sqrt[6]{\eta}(1 + 0,05\eta) \frac{n}{1-n}$$

- $\eta = D_{60}/D_{10} = 15,6$ coefficient d'hétérogénéité ;
- $n_0 = 0,45$ d'où $n = 0,33$;
- $D_5/D_{17} = 0.59 > 0,44$

La condition est vérifiée donc pas de phénomène de Renard dans le sol.

✓ Condition 2 (zone de transition)

$$\frac{D_{15}}{d_{85}} = \frac{0,163}{0,2} = 0,815 < 4$$

La condition est vérifiée donc pas de zone de transition.

➤ Filtre 2

✓ Condition 1

$$\frac{D_5}{D_{17}} \geq 0,32\sqrt[6]{\eta}(1 + 0,05\eta) \frac{n}{1-n}$$

$D_5/D_{17} = 2.6 > 0,35$: pour $n = 0,28$; $\eta = 15,66$.

La condition de non-existence du phénomène de Renard est vérifiée

✓ Condition 2 (zone de transition)

$$\frac{D_{15}}{d_{85}} = \frac{1,956}{1,591} = 1,23 < 4$$

La condition est vérifiée.

Remarque :

On prévoit:

- Une première couche de filtre en sable d'épaisseur =20 cm.
- La deuxième couche est en gravier d'épaisseur =20cm.
- L'enrochement d'épaisseur = 30 cm.

V-4-4 Vérification de la nécessité de construire un filtre entre la digue et le drain

✓ *Condition de perméabilité*

Il faut que ce rapport doive supérieur à 5

$$\frac{D_{15}}{d_{15}} > 5 \quad (\text{V.18})$$

D_{15} : diamètre correspondant à 15% du drain.

d_{15} : diamètre correspondant à 15% de l'argile.

$D_{15} = 0.057$ mm

$d_{15} = 0.0063$ mm.

$$\frac{D_{15}}{d_{15}} = \frac{0.0057}{0.0063} = 9 > 5$$

Donc la condition de perméabilité est vérifiée.

✓ *Condition de non entraînement des particules fines*

Il faut que ce rapport doive inférieur à 5

$$\frac{D_{15}}{d_{15}} < 5 \quad (\text{V.19})$$

D_{15} : diamètre correspondant à 15% du drain.

d_{15} : diamètre correspondant à 85% de l'argile.

$D_{15} = 0.057$ mm, $d_{85} = 0.2$

$$\frac{D_{15}}{d_{15}} = \frac{0.057}{0.2} = 0.285 < 5$$

La condition est vérifiée donc : la construction d'un filtre n'est pas nécessaire.

$5.d_{85} > D_{15} > 5.d_{15}$ est vérifié.

V-5 Protection de la Crête

La crête doit être constituée de matériaux insensibles à l'eau et à la circulation des véhicules. La couche de protection doit être méthodiquement compactée (une couche de grave argileuse compactée). Pour le barrage homogène, on s'attachera à prévoir une épaisseur de recouvrement suffisante pour les matériaux de la couche de crête.

La crête est profilée soigneusement, afin d'empêcher toute stagnation des eaux (pour éviter

les infiltrations dans le corps du barrage), on préconise, en ce sens, d'adopter une pente de (3 à 4) % qui permet d'évacuer les eaux de pluie vers le parement amont (mieux protégé).

V-5-1 Calcul d'infiltration à travers la digue et la fondation

La filtration d'eau à travers le corps du barrage en terre et sous ses ouvrages est créée par la charge d'eau au bief amont. Elle a pour conséquence la perte d'eau et les problèmes d'instabilité (Renard).

Les statistiques montrent que plus de 50% des avaries de barrages sont provoquées par la déformation de filtration, c'est pourquoi il faut toujours exécuter un calcul de filtration, donc établir la position de la ligne phréatique dans le massif du barrage, déterminer le gradient de filtration, les vitesses de filtration et les débits de filtration à travers de l'ouvrage et le sol de fondation.

V-5-2 Tracé de la ligne de saturation

Il existe plusieurs méthodes de calcul de filtration à travers des barrages en terre : les méthodes expérimentales, hydromécaniques et les méthodes hydrauliques.

Pour le tracé de la ligne de saturation, on utilise la méthode grapho-analytique de Kozeny.

- ***Dans les calculs de filtrations hydrauliques des barrages en terres***

1/- On admet la filtration dans un seul plan.

2/- On prend les composantes des vitesses qui ont la direction perpendiculaire à ce plan comme nulles.

3/- On suppose que le sol du massif du barrage soit homogène, isotrope, et que la couche imperméable a un coefficient de filtration nul.

4/- La position de la ligne phréatique ne dépend pas de la qualité du sol des barrages en terre homogène, mais elle est seulement déterminée par les dimensions de la section transversale du barrage.

- Kozeny a montré que la ligne de saturation peut être assimilée dans sa partie médiane à une parabole d'axe horizontal, dont le foyer « o » est situé au pied du parement aval du barrage (fin du drain) [3].

$$X = \frac{Y^2 - Y_0^2}{2 \cdot Y_0} \quad (\text{V.20})$$

En se reportant à la figure on a :

$$Y_0 = \sqrt{h^2 + d^2} - d \quad (\text{V.21})$$

$$a = \frac{Y_0}{2} \quad \text{d'où} \quad Y = \sqrt{2XY_0 + Y_0^2}$$

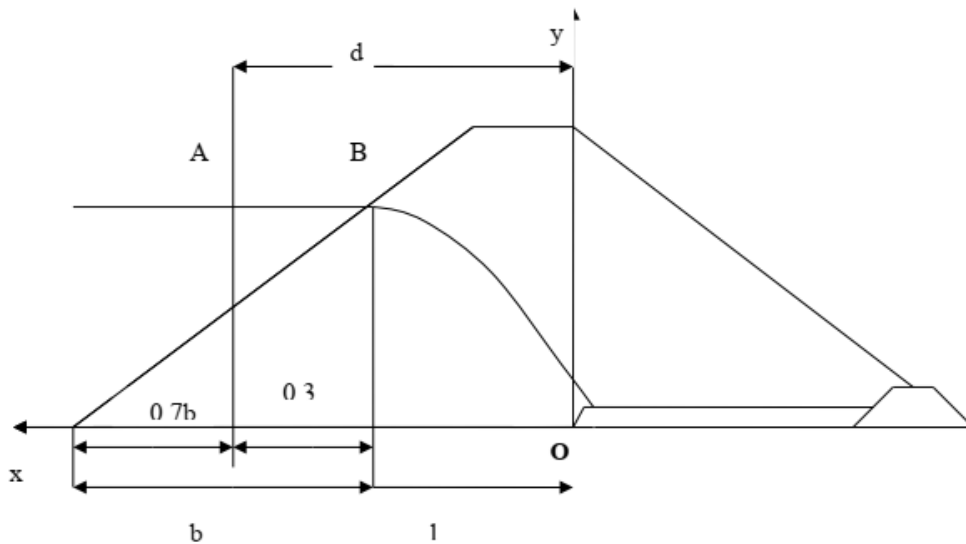


Figure 0-2: calcul les infiltrations à travers le corps de la digue.

On détermine la ligne de saturation pour une hauteur d'eau correspondante à la retenue normale. La hauteur des plus hautes eaux est un cas exceptionnel et de durée relativement courte [9].

$$h = H_e$$

d : étant la largeur en base

$$b = m \cdot h = 3,17 \cdot 55 \text{ donc } : b = 55,65 \text{ m}$$

$d = 46,5 \text{ m}$ est déterminée graphiquement

$$y_0 = 3,2 \text{ m}$$

Les coordonnées de la courbe de saturation sont données par l'équation suivante :

$$Y^2 = 6,4 X + 10,24$$

La parabole coupe le plan d'eau en un point A.

Pour obtenir la ligne de saturation à partir de la parabole de Kozeny on raccorde celle-ci au point B du plan d'eau amont par une courbe normale au parement amont en B et tangente à la parabole

En aval on fait aboutir la ligne de saturation en un point D sensiblement situé à une distance de a_0 Tableau V-7 :

Tableau V-7: coordonnées de la ligne de Kozeny

X	0	5	10	15	20	25	30	31
Y	3,2	6,50	8,62	10,31	11,76	13,05	14,22	14,44

V-5-3 Calcul du débit d'infiltration (débit de fuite)

C'est la nature du matériau (Argile) qui conditionne l'écoulement à travers le corps du barrage

On peut appliquer à celui-ci les règles de l'écoulement à travers une digue homogène,

Le débit de fuite est donné par :

$$Q_n = K.I.A \quad (V.22)$$

Q_n : débit d'infiltration (m³/s/ml).

I : gradient hydraulique.

K : Coefficient de perméabilité.

A : section d'infiltration par unité de longueur

L : le gradient hydraulique est déterminé par :

$$I = \frac{dy}{dx} \quad (V.23)$$

et : $A = y.I$

Pour une digue homogène assise sur fondation imperméable:

$$\text{Avec : } y = \frac{dy}{dx} y_0$$

$$\text{D'où : } q_n = K y_0 \text{ m}^3/\text{s/ml.}$$

Sachant que :

$$K = 1.2 \cdot 10^{-8} \text{ m/s}$$

$$q = 3,84 \cdot 10^{-8} \text{ m}^3/\text{s/ml}$$

$$\text{Le débit total à travers le barrage sera : } Q = q.L = 5,13 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Le débit de perte en une année sera : } Q_{an} = 161,8 \text{ m}^3/\text{an}$$

Cette valeur de débit de fuite est sensiblement négligeable par rapport au volume d'eau stocké.

V-5-4 Vérification de la résistance d'infiltration du sol du barrage

1. Corps du barrage

La résistance d'infiltration du sol est donnée par :

$$I = \frac{\Delta H}{l} \leq I_{adm} \quad (V.25)$$

ΔH : perte de charge à travers le barrage, $\Delta H = 17,55\text{m}$; $l = 127\text{m}$

I_{adm} : gradient hydraulique admissible ;

on le détermine à partir du tableau (V-8)

Tableau V-8: gradient hydraulique admissible [1]

sol du corps du barrage	Classification de l'ouvrage			
	I	II	III	IV
Argile compactée	1.5	1.6	1.8	1.95
Limon	1.05	1.15	1.25	1.35
Sable- moyenne	0.7	0.8	0.9	1
Limon sableux	0.55	0.65	0.75	0.86
Sable fin	0.45	0.55	0.65	0.75

Donc: $I_{adm}=1,8$; $\Delta H=17,55m$; $l=127m$

$$I = 0,14 \leq I_{adm}=1,8$$

La résistance à l'infiltration à travers le barrage est assurée.

V-5-5 Débit d'infiltration à travers la fondation

Si B est l'épaisseur à la base de la zone imperméable du barrage et h la profondeur de la couche perméable de la fondation, le débit de fuite par mètre linéaire de barrage est donnée par l'expression suivante :

$$q_f = \frac{K \cdot H}{0,88 + \frac{B}{h}} \quad (V.26)$$

q_f : Débit de fuite à travers la fondation en $[m^2/s]$;

K : Coefficient de perméabilité moyen de la fondation en $[m/s]$;

H : Charge hydraulique en [m].

Précisons que cette formule n'est utilisable uniquement que si $B > 2h$, dans ce cas $B=81,55$ et $h=5m$.

On voit bien que $B > 2h$ donc on peut aisément utiliser la formule.

$$q_f = \frac{1,2 \cdot 10^{-8} \cdot 17,55}{0,88 + \frac{127}{6}} = 0,96 \cdot 10^{-8} m^3/s/m.l$$

Le débit total de fuite à travers toute la fondation est de :

$$Q_f = q_f \cdot L_{cr} = 0,96 \cdot 10^{-8} \cdot 133,59 = 1,28 \cdot 10^{-6} m^3/s$$

Le débit total de fuite est de :

$$Q_{\text{tf}} = Q_{\text{bar}} + Q_{\text{f}}$$

$$Q_{\text{tot}} = 5,13 \cdot 10^{-6} + 1,28 \cdot 10^{-6} = 6,41 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$$

V-6 Volume des travaux

Les volumes totaux des différents matériaux constituant le corps du barrage s'obtient par la somme des volumes partiels de ses sections.

$$V_b = \sum_i^n V_i \quad \text{Avec :} \quad V_i = \frac{S_i + S_{i+1}}{2} \cdot d \quad (\text{V.27})$$

d: Distance horizontale séparant deux sections successives S_i et S_{i+1} .

En effectuant le même calcul on aura le volume de chaque matériau de construction.

Les volumes de différents matériaux utilisés dans le corps de la digue sont résumés dans les tableaux (V-9,V-10 et V-11) :

1. Protection des talus

Les résultats sont groupés dans ce Tableau (V-9) :

Tableau V-9: volumes des différentes couches de protection

Coupe	Surface (m ²)			Surface moyenne (m ²)		Longueur (m)	Volume (m ³)				
	Enrochement Rip-Rap	Gravier	Sable	Roche	Gravier	Sable	(m)	Roche	Gravier	Sable	
0-0	0	0	0	5,34	1,82	1,01	12,45	66,48	22,66	12,51	
1--1	10,68	3,64	2,01								
2--2	14,18	4,14	2,22	12,43	3,89	2,12	55,07	684,52	214,22	116,47	
3--3	35,47	11,57	6,04	24,83	7,86	4,13	28,13	698,33	220,96	116,18	
4--4	32,95	9,72	5,1	34,21	10,65	5,57	12,26	419,41	130,51	68,29	
5--5	35,8	11,4	5,93	34,38	10,56	5,52	7,34	252,31	77,51	40,48	
6--6	29,55	9,76	5,1	32,68	10,58	5,52	11,80	385,57	124,84	65,08	
7--7	2,2	9,82	5,13	15,88	9,79	5,12	13,43	213,20	131,48	68,69	
0-0	0	0	0	1,10	4,91	2,57	11,30	12,43	55,48	28,98	
				Total (m³)					2732,25	977,67	516,69

2. Prisme de drainage et tapis drainant

Les résultats sont groupés dans ce tableau (V-10) :

Tableau V-10: Volumes des différents matériaux constituant le prisme et tapis de drainage

Coupe	Surface (m ²)			Surface moyenne (m ²)			Longueur(m)	Volume (m ³)		
	Enrochement	Gravier	Sable	Roche	Gravier	Sable		Roche	Gravier	Sable
o-o	0	0	0	0	0	0	12,45	0	0	0
1--1	0	0	0	0	0	0	55,07	0	0	0
2--2	0	0	0	16,605	4,33	4,555	28,13	467,10	121,80	128,13
3--3	33,21	8,66	9,11	33,41	8,68	8,38	12,26	409,61	106,42	102,74
4--4	33,61	8,7	7,65	16,805	4,35	3,825	7,34	123,35	31,93	28,08
5--5	0	0	0	0	0	0	11,8	0	0	0
6--6	0	0	0	0	0	0	13,43	0	0	0
7--7	0	0	0	0	0	0	11,3	0	0	0
0-0	0	0	0	Total (m³)				1000,05	260,15	258,95

3. Corps de la digue

Les résultats sont groupés dans ce tableau (V-11) :

Tableau V-11: volumes des différents matériaux

Coupes	Surface (m ²)			Surface moyenne (m ²)			Longueur (m)	Volume (m ³)		
	Terre végétale	Recharge (argile)	Clé D'ancrage	Terre végétale	Recharge (argile)	Clé d'ancrage		Terre végétale	Recharge (argile)	Clé d'ancrage
0-0	0	0	0	4,955	50,155	0	12,45	61,69	624,43	0,00
1-1	9,91	100,31	0	12,18	131,005	0	55,07	670,75	7214,45	0,00
2--2	14,45	161,7	0	25,045	529,53	13,49	28,13	704,52	14895,68	379,47
3--3	35,64	897,36	26,98	33,54	986,27	38,18	12,26	411,20	12091,67	468,09
4--4	31,44	1075,18	49,38	31,5	1138,405	40,31	7,34	231,21	8355,89	295,88
5--5	31,56	1201,63	31,24	28,915	930,525	15,62	11,80	341,20	10980,20	184,32
6--6	26,27	659,42	0	21,9	435,545	0	13,43	294,12	5849,37	0,00
7--7	17,53	211,67	0	8,765	105,835	0	11,30	99,04	1195,94	0,00
0--0	0	0	0	Total (m³)				2813,73	61207,62	1327,75

Conclusion

Les résultats trouvés concernant le dimensionnement du barrage dans ce chapitre sont :

1. La revanche est de 2.60m ;
2. La largeur en crête est 9.0m ;
3. Les pentes des talus sont : le fruit amont ($m_1=3$), le fruit aval ($m_2=2.5$) ;
4. La classe du barrage est de Classe III ;
5. La hauteur du barrage est de 32.13 m.

Conclusion Générale

Conclusion Générale

L'étude de faisabilité du barrage de Tarzout vise à répondre aux besoins en eau pour l'irrigation, l'eau potable et la protection contre les inondations dans une région agricole dépendante des ressources en eau.

Le travail effectué dans le cadre du présent mémoire de fin d'études nous permet de signaler les conclusions suivantes :

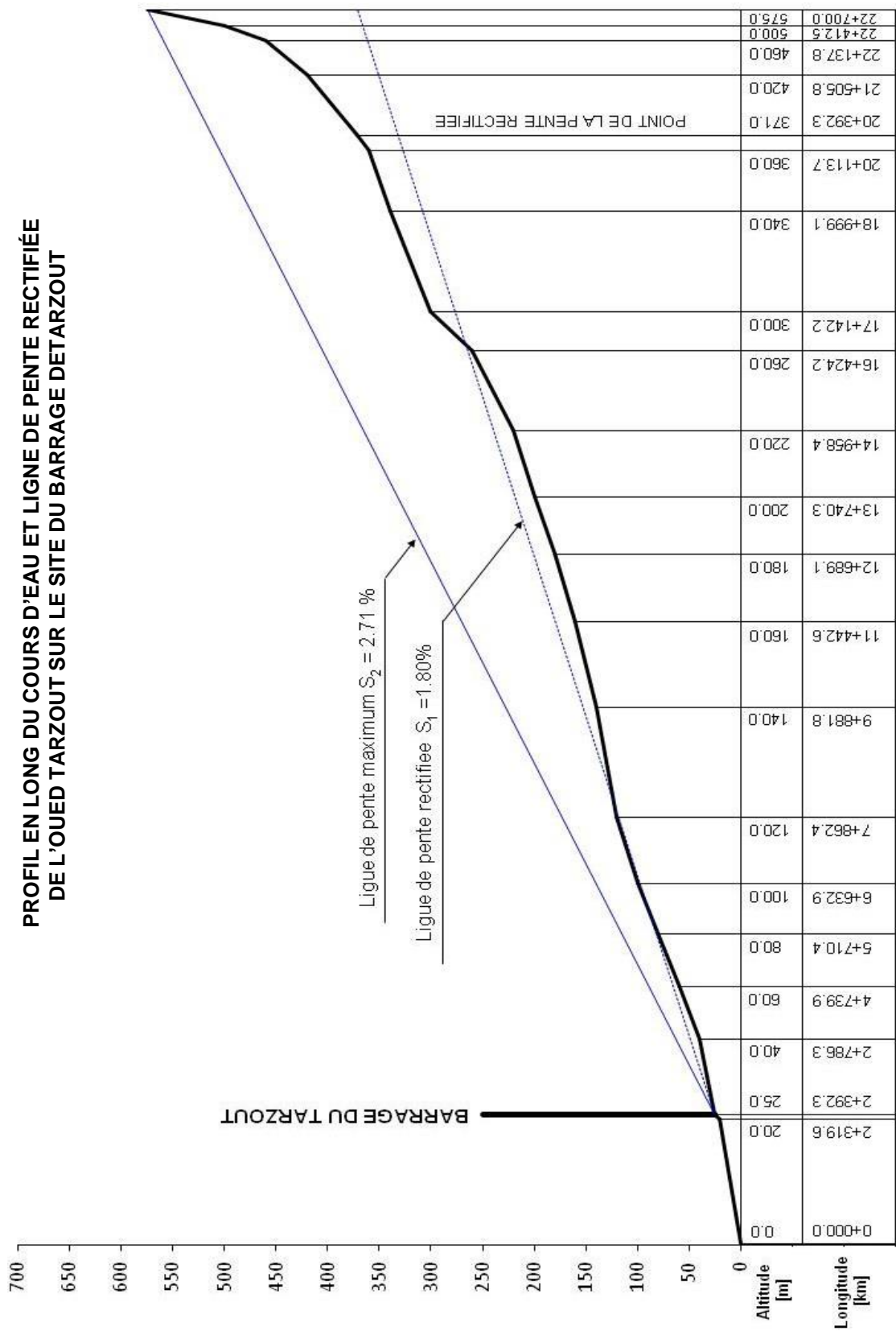
- **Site favorable** : Le site du barrage sur l'oued Tarzout présente des conditions favorables avec des roches de fondation solides et imperméables.
- **Matériaux disponibles** : Les matériaux nécessaires, comme l'argile, les matériaux granulo-sableux et la pierre, sont disponibles à proximité, avec un volume exploitable de 1 852 200 m³, adaptés pour un barrage en terre homogène.
- **Sécurité sismique** : L'étude a pris en compte l'activité sismique de la région, avec un coefficient d'accélération sismique de $a = 0,993$, et a intégré des techniques de construction spécifiques pour assurer la stabilité.
- **Impact sur l'irrigation et la gestion de l'eau** : Le barrage, avec une capacité de 4,675Mm³, assurera une irrigation pérenne, contrôlera les crues et améliorera la gestion de l'eau, tout en alimentant les nappes alluvionnaires.
- **Hauteur et capacité** : La hauteur totale du barrage est de 32,13 m, créant une retenue significative pour l'irrigation et le contrôle des crues.
- **Débit de crue** : Le débit maximal de crue est de 1340,14 m³/s avec une période de retour de 100 ans, permettant une gestion efficace des crues.
- **Type de barrage** : Le barrage en terre homogène en argile utilisera des matériaux locaux, réduisant les coûts et assurant durabilité et imperméabilité.
- **Viabilité technique et économique** : Le projet est réalisable et rentable, bénéficiant à l'agriculture locale et à la gestion de l'eau.

Références bibliographiques

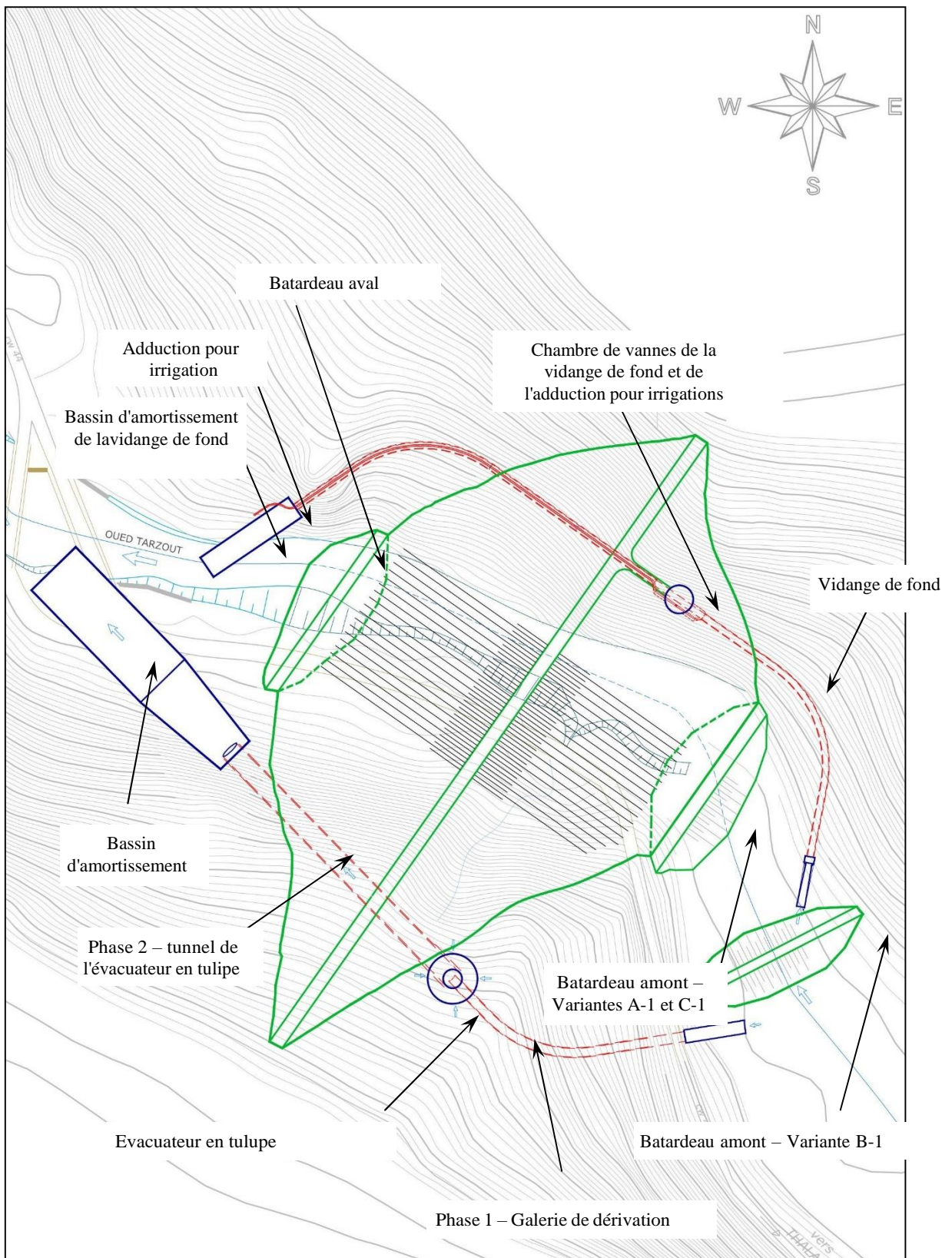
- [1] **MIHOUBI,M.** Applications au dimensionnement d'un barrage déversoir sur une fondation non rocheuse ,Edition OPU,120 pages ,Algérie ,2015.
- [2] **MIHOUBI,M .** , Manuel de dimensionnement des barrages en matériaux locaux,Edition OPU,214 pages ,Algérie,2015 .
- [3] **ABBES, L** , Surveillance et sécurité des barrages, Wilaya de Tizi-Ouzou, Mémoire Fin d'Etude , Master en Hydraulique, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, Algérie,101 pages ,2013.
- [4] **AGENCE NATIONALE DES BARRAGES ET DES TRANSFERTS** ,Avant-projet détaillé APD du barrage Tarzou ,2013 .
- [5] **AGENCE NATIONALE DES RESSOURCES HYDRAULIQUES**, département cartographie , 2013.
- [6] **LAUTRIN,D.** , Vieillessement et réhabilitation des petites barrages en terre,Edition Cemagref , 240 pages , France ,2002.
- [7] **C.I.G.B**, CALCUL STATIQUE des barrages en remblai,, Edition Bulletin 53, 147 pages , France,1986.
- [8] **MOULAY,Z.**, Fondations et ouvrages en terre ,Edition Eyrolles ,798 pages France , 2019.
- [9] **DURVILLE,J.SEVE,G.** Stabilité des pentes,Water SA, Vol .45,No .2 ,pp. 354-833,1996 .DOI :10.51257 /a-v2-c254
- [10] **DURAND ,J.**Technique des petits barrages en Afrique Sahélienne et équatoriale , Edition Cemagref , 416 pages ,France , 1999 .
- [11] **LENCASTRE ,A .** Hydraulique générale, Edition Eyrolles ,648 pages ,France ,1999.
- [12] **CALGARO.J.A** , Projet et Construction des ponts ,Edition Presses de L'ENPC , 237 pages , France , 1987 .
- [13] **DAHMANI ,H.** Etude Hydro-sédimentaire en domaine bidimensionnel d'un milieu côtier par un progiciel de calcul , Wilaya de Blida, ,Mémoire Fin d'Etude,Magister ,ENSH, Algérie , 171 pages , 2012.
- [14] **ROLLEY,R.** Techniques des barrages en aménagement rural,Edition Eyrolles ,France, 326 pages ,1974.
- [15] **REGLES PARASISMIQUE ALGERIENNES RPA99/VERSION**,2003.
- [16] Logiciel ARC GIS.

Annexes

Annexe 1 : Profil en long du cours d'eau et ligne de pente rectifiée de l'oued Tarzout sur le site du barrage



Annexe 2 : Vue en plan du barrage en enrochement avec évacuateur en tulipe



ملخص

تستكشف هذه المذكرة إمكانية بناء سد على وادي ترزوت في ولاية الشلف. تغطي الدراسة جوانب مختلفة، مثل التحليلات الجيولوجية والجيوتقنية والهيدرولوجية، إلخ. يهدف السد إلى توفير حل مستدام لإدارة الموارد المائية، لا سيما من خلال تنظيم الفيضانات والري، مع تعزيز التنمية الاقتصادية المحلية. أظهرت الدراسة الهيدرولوجية أن المنطقة تتمتع بإمكانيات كبيرة في كمية الأمطار. يسمح السد التراي المقترح بتخزين حجم مائي قدره 1,852,200 م³ بارتفاع 32.13 م.

الكلمات المفتاحية : سد، إمكانية، هيدرولوجيا، تنظيم الفيضانات

Résumé

Ce mémoire explore la faisabilité de construire un barrage sur l'oued Tarzout dans la wilaya de Chlef. L'étude couvre divers aspects, tels que les analyses géologiques, géotechniques, hydrologiques...etc. Le barrage vise à fournir une solution durable pour la gestion des ressources en eau, notamment par la régulation des crues et l'irrigation, tout en promouvant le développement économique local. L'étude hydrologique a montré que la région procède un potentiel important d'apport pluviométrique. Le barrage proposé est en terre et permet de stocker un volume d'eau de 1 852 200 m³ avec une hauteur de 32,13 m.

Mots clés : barrage, faisabilité, hydrologie, régulation des crues.

Abstract

This dissertation explores the feasibility of constructing a dam on the Oued Tarzout in the Chlef province. The study covers various aspects, such as geological, geotechnical, and hydrological analyses, etc. The dam aims to provide a sustainable solution for water resource management, particularly through flood regulation and irrigation, while promoting local economic development. The hydrological study showed that the region has a significant potential for rainfall. The proposed earth dam allows for the storage of 1,852,200 m³ of water with a height of 32.13 m.

Keywords: dam, feasibility, hydrology, flood regulation.