



## **Etudes techniques de réalisation du barrage de Wilga dans la Commune de Toécé, Province du Bazèga, Burkina Faso**

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR 2IE AVEC GRADE DE  
MASTER

**SPECIALITE : GENIE CIVIL ET HYDRAULIQUE**  
**OPTION : INFRASTRUCTURES ET RESEAUX HYDRAULIQUES**

-----  
Présenté et soutenu publiquement le 30 Janvier 2021 par :

**Pingwendé Safiatou Lucie ZAGRE (2013 1259)**

**Directeur de Mémoire : Moussa LO, Enseignant GCH, 2iE**

**Maître de Stage : Mme DRABO/NACANABO Aïssa, Ingénieur du Génie Rural, DGIH**

**Structure d'accueil du Stage : Direction Générale des Infrastructures Hydrauliques (DGIH)**

Jury d'évaluation du Mémoire :

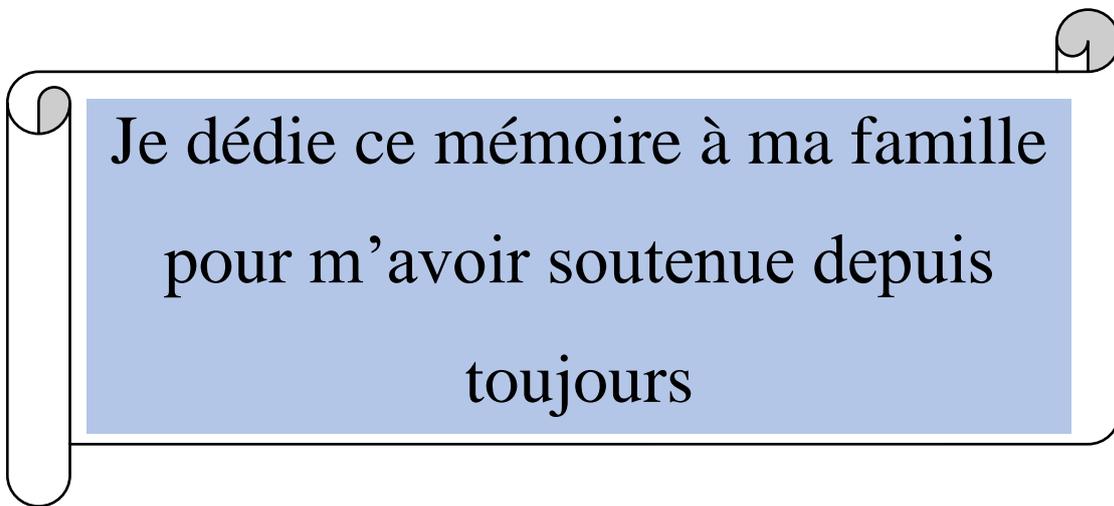
**Président du Jury : Dr. Babacar LEYE**

**Membres et Correcteurs : M. Gnenakantanhan COULIBALY**

**M. Romuéal PANGA**

**Promotion [2020/2021]**

## DEDICACE



## REMERCIEMENTS

Il y a un adage africain qui dit que « Tout arrive à point » qui veut dire tout est bien qui finit bien. Au terme de ce travail, nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à :

- Dieu tout puissant pour ses multiples grâces durant notre parcours scolaire.
- Tout le personnel administratif et le corps professoral de 2iE, pour la qualité de la formation reçue ;
- Monsieur Moussa LO, mon Directeur de mémoire, pour sa disponibilité, la patience et le temps qu'il a su nous consacrer afin de permettre la rédaction de ce document ;
- Monsieur Habdoulaye KOUAKIDIGA, Directeur Général des Infrastructures Hydrauliques pour m'avoir accueillie au sein de la DGIH ;
- Monsieur Koudougou Achille SEGDA et Monsieur Ernest OUEBABENI YE respectivement Directeur de la Maintenance des Ouvrages Hydrauliques (DMOH) et Directeur des Etudes et Travaux (DET) à la DGIH pour l'accueil et leurs appuis ;
- Monsieur Martin TANGA, chef de service suivi et exploitation à la DGIH pour sa disponibilité, ses conseils et l'appui technique à notre égard durant le stage ;
- Madame DRABO/ NACANABO Aissa, mon maître de stage pour tout le savoir-faire acquis à ses côtés, qui malgré son calendrier très chargé, a pu assurer mon encadrement durant tout au long de mon stage avec beaucoup d'attention ;
- Tout le personnel de la DGIH, pour leur accueil, conseils et soutien qu'ils ont témoigné à mon égard durant tout le stage ;

Un grand merci à tous ceux qui de près ou de loin ont contribué à la l'aboutissement de ce parcours académique.

## **RESUME**

Le présent mémoire présente les résultats des « Etudes techniques pour la réalisation du barrage de Wilga, dans la commune de Toécé, province du Bazèga, région du Centre sud, au Burkina Faso ». Ces études rentrent dans le cadre d'une volonté politique de mobiliser l'eau pour satisfaire les besoins des populations en milieu rural. Après avoir délimité le bassin versant à l'aide de modèle numérique de terrain sur ArcGIS, nous avons utilisé les méthodes empiriques d'OSTROM et de CIEH pour l'étude hydrologique. La conception et le dimensionnement ont été faits grâce aux outils (AutoCad et Geoslope) de dessin assisté par ordinateur.

De l'analyse des données, on retient que le barrage sera alimenté par un bassin versant de 67,62 Km<sup>2</sup> dont les apports en année décennale sèche sont estimés à 3 643 019 m<sup>3</sup>. La digue retenue est à noyau étanche avec une hauteur maximale de 6,2 m et une pente de talus amont et aval de 2,5H/1V. Elle est calée à la côte 292,20 m et a une longueur de 1084 m. Le noyau a une largeur en crête de 3 m contre 6 m en base avec une hauteur 4,5 m. Le déversoir est de type radier submersible en position centrale sur une longueur de 100 m en base avec des rampes de 18 m sur chaque rive. La capacité de la retenue à cette côte est 1 132 786 m<sup>3</sup>. Le bassin de dissipation à ressaut sera de type II. Une prise d'eau d'une conduite en fonte de diamètre nominale de 250 mm permettra d'assurer l'irrigation de 10 ha. Le coût global d'exécution du projet est estimé à 690 928 625 FCFA TTC.

### **Mots Clés :**

- 1. Barrage**
- 2. Réalisation**
- 3. Etudes techniques**
- 4. Digue à noyaux**
- 5. Wilga**

## **ABSTRACT**

This paper presents the results of the "Technical studies for the construction of the Wilga Dam in the commune of Toécé, Bazèga Province, South Central Region, Burkina Faso". These studies fall within the framework of a political will to mobilize water to meet the needs of rural populations. After delimiting the watershed using numerical field models on ArcGIS, we used the empirical methods of OSTROM and CIEH for the hydrological study. The design and dimensioning was done using computer-aided drawing tools (AutoCad and Geoslope).

From the analysis of the data, it can be noted that the dam will be fed by a watershed of 67.62 Km<sup>2</sup> with an estimated dry ten-year inflow of 3,643,019 m<sup>3</sup>. The selected dam has a watertight core with a maximum height of 6.2 m and an upstream and downstream slope of 2.5H/1V. It is wedged at the coast 292.20 m and has a length of 1084 m. The core has a width at the crest of 3 m against 6 m at the base with a height of 4.5 m. The spillway is of the submersible invert type in a central position over a length of 100 m at the base with 18 m ramps on each bank. The capacity of the reservoir at this coast is 1 132 786 m<sup>3</sup>. The overflow dissipation basin will be of type II. An intake of a cast iron pipe with a nominal diameter of 250 mm will allow the irrigation of 10 ha. The overall cost of the project is estimated at 690 928 625 FCFA (including taxes).

### **Keywords**

- 1. Dam**
- 2. Realization**
- 3. Technical studies**
- 4. Core dike**
- 5. Wilga**

## FICHE TECHNIQUE DU BARRAGE DE WILGA

DESIGNATION	CARACTERISTIQUES
<b>I. DONNEES GENERALES</b>	
<b>I.1.LOCALISATION</b>	
Commune	Wilga
Province	Bazèga
Région	Centre Sud
Latitude	11°47'16,65 "Nord
Longitude	01°19'32,71 " Ouest
Distance de Ouagadougou [km]	88
<b>I.2 BASSIN VERSANT</b>	
Superficie [Km <sup>2</sup> ]	67,62
Périmètre [Km]	57,18
Pente longitudinale moyenne [m/Km]	3,47
<b>I.3 PLUVIOMETRIE</b>	
Station	Manga
Pluie moyenne annuelle (Pan) [mm]	936
Pluie annuelle quinquennale sèche [mm]	786,9
Pluie annuelle décennale sèche [mm]	708,9
Pluie journalière décennale humide (P10) [mm]	90
Pluie journalière centennale humide (P100) [mm]	119
<b>I.4 DEBIT DE CRUE CARACTERISTIQUES</b>	
Débit de crue décennale [m <sup>3</sup> /s]	90
Débit de crue centennale (crue de projet) [m <sup>3</sup> /s]	120
<b>I.5 APPORT LIQUIDES</b>	
Apport d'eau annuel en année moyenne [m <sup>3</sup> ]	11 392 198
Apport d'eau quinquennale sèche [m <sup>3</sup> ]	5 480 579
Apport d'eau annuel décennale sèche [m <sup>3</sup> ]	3 643 019
<b>II. CARACTERISTIQUES DES OUVRAGES DU BARRAGE</b>	
<b>II.1 DIGUE</b>	
Type	Terre zonée
Longueur (Déversoir compris) [m]	948
Côte crête [m]	292,20

Etudes techniques de réalisation du barrage de Wilga dans la Commune de Toécé, Province  
du Bazèga, Région du Centre-Sud, Burkina Faso

Largueur crête [m]	4
Hauteur maximale [m]	6
Pente talus amont et aval	2,5H/1V
Protection talus amont	Perré sec
Protection talus aval	Perré sec
Largeur au sommet du noyau [m]	3
Largeur en base du noyau [m]	26
Hauteur du noyau [m]	5,75
Côte en crête du noyau [m]	291,45
<b>II.3 DEVERSOIR</b>	
Type	Radier submersible
Position	Centrale
Longueur [m]	100
Côte de calage [m]	290,75
Largueur crête [m]	4
Type bassin de dissipation	A ressaut types II USBR
Largueur du bassin [m]	3,5
<b>II.4 OUVRAGE DE PRISE</b>	
Nombre	1
Commande	Vanne aval
Position	Rive droite
Nature de la conduite	Fonte
Diamètre de la conduite [m]	DN 250
<b>II.5 CAPACITE DE LA RETENUE</b>	
Capacité du barrage au PEN [m <sup>3</sup> ]	1 132 786
Superficie du plan d'eau normale (PEN)	68 ha
<b>III. COUT DES TRAVAUX</b>	
Cout total des travaux [F CFA]	540 829 343
Taxe à valeur ajoutée (TVA) 18%	97 349 282
<b>COUT DES TRAVAUX TTC [F CFA]</b>	<b>638 178 625</b>

## **SIGLES ET ABREVIATIONS**

2iE	: Institut International d'Ingénierie de l'Environnement
ANAM	: Agence Nationale de la Météorologie du Burkina
APD	: Avant-Projet Détaillé
CIEH	: Comité Interafricain d'Etude Hydrauliques
CIGB	: Commission International de Grands Barrages
CAFI-B	: Compagnie Africaine d'Ingénieries-Burkina
DGIH	: Direction Général des Infrastructures Hydrauliques
EIER	: Ecole Inter-Etats d'Ingénieur de l'Equipement Rural
ETM	: Evapotranspiration Maximale
ETP	: Evapotranspiration Potentielle
FAO	: Food and Agriculture Organization of the United Nations
GPS	: Global Positionning System
IC	: Intervalle de Confiance
IGB	: Institut Géographique du Burkina
IPS	: Indice de Pluie Standardisé
KG	: Coefficient de GRAVELUS ou Indice de Compacité
MEA	: Ministère de l'Eau et de L'Assainissement
NIES	: Notice d'Impact Environnemental et Social
ONBHA	: Office National des Barrages et des Aménagements Hydro-Agricoles
ORSTOM	: Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer
PCD	: Plan Communal de Développement
PEN	: Plan d'Eau Normale
PGES	: Plan de Gestion Environnementale et Sociale
PHE	: Plan de Hautes Eaux
PRD	: Plan Régional de Développement

## SOMMAIRE

DEDICACE .....	i
REMERCIEMENTS.....	ii
RESUME.....	iii
ABSTRACT.....	iv
FICHE TECHNIQUE DU BARRAGE DE WILGA .....	v
SIGLES ET ABREVIATIONS.....	vii
SOMMAIRE .....	1
LISTE DES TABLEAUX.....	3
LISTE DES FIGURES .....	4
INTRODUCTION .....	5
1. OBJECTIF DE L'ETUDE .....	6
1.1. Objectif général.....	6
1.2. Objectifs spécifiques .....	6
2. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL .....	6
3. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE .....	8
3.1. Situation géographique.....	8
3.2. Caractéristiques physiques et naturelles.....	10
3.2.1. Géologies .....	10
3.2.2. Pédologies .....	10
3.2.3. Végétation .....	11
3.2.4. Relief.....	11
3.2.5. Hydrographie .....	11
3.2.6. Situation démographique .....	12
3.2.7. Situation socio-économique.....	12
4. MATERIELS ET METHODES.....	13
4.1. Matériel .....	13
4.2. Approche méthodologique .....	13
4.2.1. Recherche documentaire .....	13

Etudes techniques de réalisation du barrage de Wilga dans la Commune de Toécé, Province  
du Bazèga, Région du Centre-Sud, Burkina Faso

4.2.2.	Collecte des données.....	14
4.2.3.	Etudes de base.....	14
4.2.4.	Conception et dimensionnement du barrage.....	29
5.	RESULTAT ET DISCUSSION.....	38
5.1.	Choix de la zone d'étude.....	38
5.2.	Etudes topographiques.....	38
5.3.	Etudes géotechniques.....	39
5.3.1.	Sol de fondation de la digue du barrage.....	39
5.3.2.	Zone d'emprunts.....	40
5.3.3.	Matériaux de construction.....	40
5.4.	Etude pluviométriques.....	40
5.4.1.	Caractéristique de l'échantillon.....	43
5.4.2.	Répartition de la pluviométrie annuelle.....	44
5.4.3.	Résultats de l'analyse fréquentielle.....	44
5.5.	Etudes Hydrologique.....	45
5.5.1.	Caractéristique du bassin versant.....	45
5.5.2.	Prédétermination de la crue du projet.....	48
5.6.	Etude de la cuvette du barrage.....	50
5.6.1.	Evaluation des besoins.....	50
5.6.2.	Evaluation des pertes.....	51
5.6.3.	Evaluation des apports liquides.....	52
5.6.4.	Simulation de l'exploitation et calage du PEN.....	52
5.6.5.	Synthèse des résultats.....	53
5.7.	Conception et dimensionnement du barrage.....	54
5.7.1.	Description générale du barrage.....	54
5.7.2.	Etude de la digue.....	54
5.7.3.	Etude de l'évacuateur de crue.....	56
5.7.4.	Ouvrage de prise /vidange.....	58
5.7.5.	Tranchée d'ancrage.....	59
5.7.6.	Période de retour.....	59
5.8.	Comparaison des résultats obtenus avec ceux du bureau d'étude.....	60
5.9.	Disposition d'auscultation et surveillance du barrage.....	61
5.10.	Notice d'impact environnementale et social.....	62
5.11.	Coût du projet.....	65
	CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS.....	66
	REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	67
	ANNEXES.....	69

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Coordonnées géographique du barrage de Wilga .....	9
Tableau 2: Lois utilisées pour l'ajustement des données pluviométriques .....	15
Tableau 3: Classe de bassin en fonction de sa taille .....	17
Tableau 4: Classes de bassins en fonction de la pente .....	18
Tableau 5: Calcul de $k_{r10\%}$ en fonction de la géologie et de la précipitation annuelle .....	22
Tableau 6: Paramètre de calcul de la crue décennale selon la méthode CIEH .....	24
Tableau 7: Formules d'estimation de la dégradation spécifique .....	28
Tableau 8: Fruit indicatif des talus des barrages stables .....	31
Tableau 9: Pluies moyennes mensuelles de 1988 à 2017 .....	40
Tableau 10: Fonctions et valeurs de R-Square des stations étudiées .....	43
Tableau 11: Caractéristiques des échantillons de pluie à la station de Manga .....	43
Tableau 12: Synthèse de l'analyse fréquentielle de Wilga .....	45
Tableau 13: Caractéristiques du Bassin versant du Barrage de Wilga .....	47
Tableau 14: Résultats de calcul de la crue décennale .....	48
Tableau 15: Synthèse des résultats de la crue du projet .....	49
Tableau 16: Synthèse des besoins en eau .....	51
Tableau 17: Synthèse des pertes infiltrations et évaporation .....	51
Tableau 18: Evaluation des dépôts solides .....	51
Tableau 19: Résultat de l'évaluation des Apports liquides en période sèche .....	52
Tableau 20: Principale caractéristique de la digue .....	55
Tableau 21: Caractéristiques géométriques de l'évacuateur de crue .....	57
Tableau 22: Dimensionnement du bassin de dissipation .....	57
Tableau 23: Caractéristique de l'ouvrage de prise .....	59
Tableau 24: Calcul du diamètre de la conduite par rapport au temps de vidange .....	59
Tableau 25: Période de retour .....	60
Tableau 26: Comparaison des résultats avec ceux du bureau d'étude .....	60
Tableau 27: composante du milieu récepteur susceptible d'être affectée .....	63
Tableau 28: Matrice de FECTEAU .....	64
Tableau 29: Coût des travaux de construction du barrage de Wilga .....	65

## LISTE DES FIGURES

Figure 1: Organigramme de la DGIH .....	7
Figure 2: Localisation de la zone d'étude [Wilga] .....	9
Figure 3: Carte des sols de la commune .....	10
Figure 4: Profil type d'une digue à noyau .....	32
Figure 5: Illustration du dispositif de drainage type d'un barrage à noyau .....	34
Figure 6: Courbes hauteur -surface et hauteur-volume.....	38
Figure 7: Topographie de la cuvette du barrage de Wilga.....	39
Figure 8: Evolution mensuelle moyenne de la pluviométrie de 1988 à 2017.....	41
Figure 9: Graphiques de corrélation station-station.....	42
Figure 10: Répartition de la pluie annuelle.....	44
Figure 11: Carte du Bassin versant du Barrage de Wilga.....	46
Figure 12: Courbe hypsométrique du bassin versant.....	46
Figure 13: Hydrogramme de crue .....	50
Figure 14: Courbe d'exploitation .....	53

## INTRODUCTION

Le Burkina Faso est un pays sahélien, enclavé dont le climat est reparti entre trois zones climatiques que sont, le climat sahélien au nord, le climat soudano-sahélien dans sa partie centrale et le climat soudanienne dans sa partie Sud. Les différentes sécheresses constatées dans les années 1970 et 1980, la disponibilité et l'accessibilité à l'eau dans les contrées rurales du Burkina Faso d'une manière générale font ressortir un danger d'une culture rurale traditionnelle et d'un approvisionnement en eau de boisson tant humain qu'animal. Du faite de la forte vulnérabilité de la zone Subsahélienne aux changements climatiques, les agriculteurs et les éleveurs sont confrontés à des menaces d'ordres climatiques et pastoraux.

Pour pallier à la lutte contre l'insécurité alimentaire, le gouvernement du Burkina Faso a accru depuis les années 1970, la construction d'ouvrages de mobilisation des ressources en eau en vue d'accompagner les agriculteurs dans la pratique de cultures de contre-saison et de contribuer à lever certaines contraintes majeures liées aux besoins en eau tant pastoraux qu'utilitaire.

Dans cette optique, les autorités du Ministère de l'Eau et de l'Assainissement (MEA) ont entrepris un programme de réalisation pour permettre de relancer les activités socio-économiques des populations rurales à travers la promotion des productions agro-sylvo-pastorales. C'est dans ce sens que le Ministère de l'Eau et de l'Assainissement (MEA), à travers la Direction Générale des Infrastructures Hydrauliques (DGIH) a lancé en Octobre 2015, des études pour la réalisation et/ou de réhabilitation de 19 retenues d'eau dans treize (13) régions dont celui de Wilga.

Le barrage de Wilga, dans la commune de Toécé, Région du Centre-Sud est à vocation agricole en phase d'étude de réalisation et cela a été confiée à un bureau d'étude. La contribution du stagiaire est faire les études techniques qui aideront la Direction Générale des Infrastructures Hydrauliques dans l'appréciation des options qui seront proposées par le bureau d'étude.

D'où l'intérêt de la thématique de notre présent mémoire de fin de cycle : « **ETUDES TECHNIQUES DE REALISATION DU BARRAGE DE WILGA DANS LA COMMUNE DE TOECE, PROVINCE DU BAZEGA** ».

Pour traiter ce thème, nous avons été reçues par la Direction Générale des Infrastructures Hydrauliques (DGIH) qui est sous la tutelle du Ministère de l'Eau et de l'Assainissement (MEA).

## **1. OBJECTIF DE L'ETUDE**

### **1.1. Objectif général**

L'objectif global est de revisiter les études techniques pour la réalisation du barrage de Wilga dans la commune de Toéce, (Province du Bazèga), Région du Centre-Sud.

### **1.2. Objectifs spécifiques**

De façon spécifique, il s'agit de :

- faire une synthèse des études de base en mettant en exergue la conception et le dimensionnement du barrage assortis des plans d'exécutions des différents ouvrages ;
- faire une synthèse de la notice d'impact environnementale et sociale ;
- estimer le coût des travaux de réalisation du barrage.

## **2. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL**

Dans le cadre de ce stage de fin de cycle, nous avons été reçus par la Direction Générale des Infrastructures Hydrauliques (DGIH). C'est une direction centrale du Ministère de l'Eau et de l'Assainissement dont les attributions, l'organisation et le fonctionnement sont régis par arrêté ministériel, notamment l'Arrêté n°2016/0063/MEA/CAB du 10 Août 2016 portant attributions, organisation et fonctionnement de la Direction Générale des Infrastructures Hydrauliques.

La DGIH a pour principale mission, l'élaboration et le suivi de la mise en œuvre des politiques et stratégies nationales dans les domaines des infrastructures hydrauliques (ouvrages de mobilisation, de gestion, de distribution des ressources en eau), en relation avec les structures du département et celles des ministères techniques concernés. Elle comprend deux directions techniques que sont :

- La Direction des Etudes et des Travaux (DET)
- La Direction des Opérations de Maintenance des Ouvrages Hydrauliques (DMOH).

Outre ces directions techniques, la DGIH comporte des structures d'appui dont un Secrétariat de Direction, un Service Administratif et Financier et une Cellule d'Assistance.

Au-delà de sa mission principale ci-dessus citée, la DGIH assure la tutelle technique de projets et programmes de développement au nombre desquels on peut citer :

- ✓ Le projet de mobilisation et de valorisation des eaux de surface dans la région du Plateau Central (PMVEC) ;

Etudes techniques de réalisation du barrage de Wilga dans la Commune de Toécé, Province du Bazèga, Région du Centre-Sud, Burkina Faso

- ✓ Le projet de restauration, de protection et de valorisation du Lac Bam (PRPV/LB) ;
- ✓ Le projet de valorisation du barrage souterrain de Naré et de réhabilitation des infrastructures connexes (PR/BSN) ;
- ✓ Le programme de développement intégré de la vallée de Samendeni (PDIS) ;
- ✓ Le Projet de réhabilitation de barrages et d'aménagement de périmètres et de bas-fonds dans les provinces du Boulkiemdé, du Ziro du Sanguié et des Balés (PRBA) ;
- ✓ Le projet de Construction du barrage de Bambakari dans la commune de Tin-Akoff, province de l'Oudalan, région du Sahel, phase II (PCB-Bambakari).

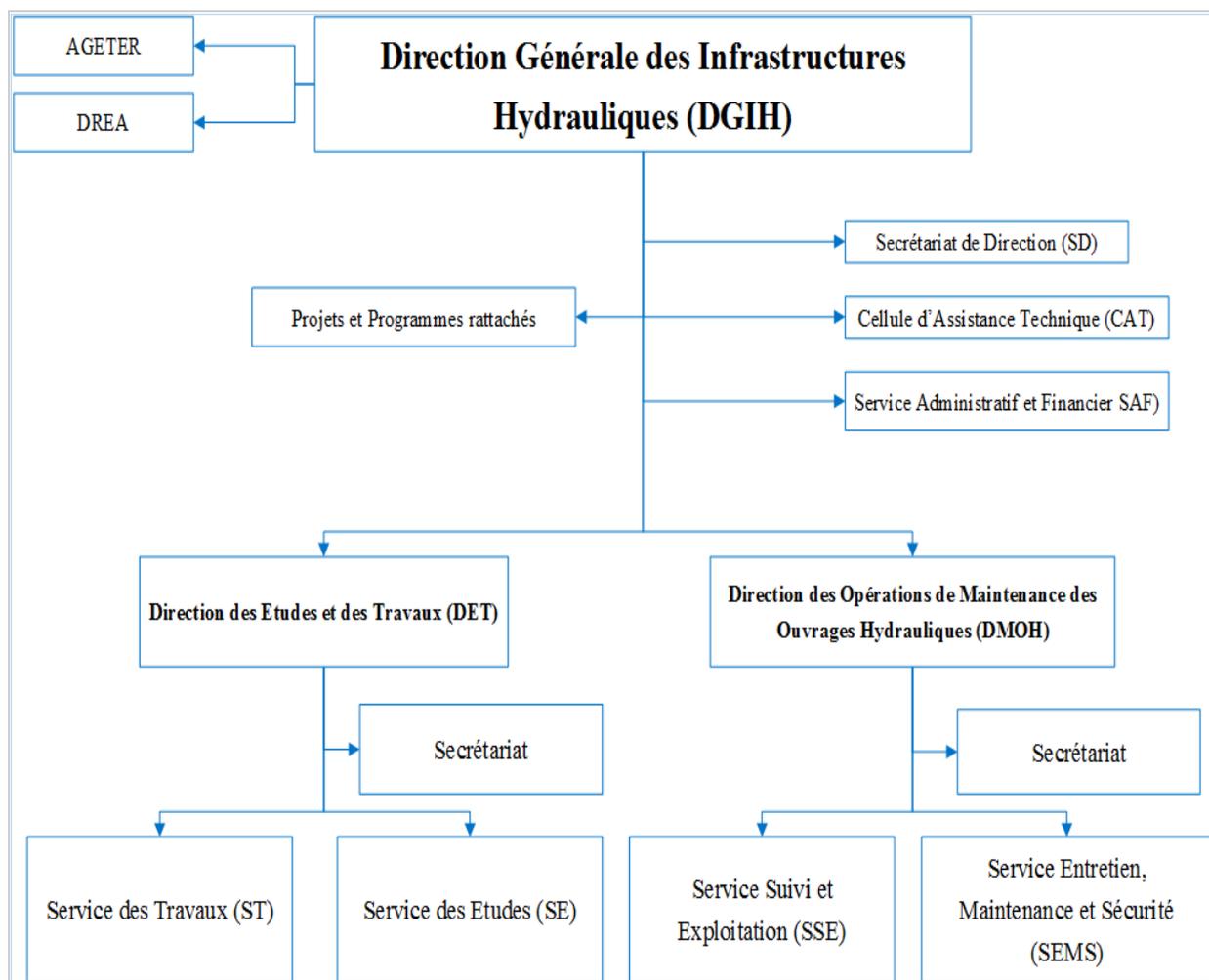


Figure 1: Organigramme de la DGIH

### **3. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE**

#### **3.1. Situation géographique**

Le site retenu pour la réalisation du barrage de Wilga se situe particulièrement au centre dans le dit village de la commune de Toécé, province de Bazèga, dans la région du Centre-Sud.

La commune de Wilga est accessible par la route nationale RN5 Ouagadougou-Wilga à environ 88 km de Ouagadougou. Elle est l'une des sept (07) communes que compte la province de Bazèga et fait frontière avec (07) communes :

- Au Nord par la commune de Gaongo (province du Bazéga) ;
- Au Nord-Ouest par la commune de Kombissiri (province du Bazèga)
- Au Nord-Est par la commune de Béré (province du Zoundwéogo) ;
- Au Sud par la commune de Sapouy (province du Ziro) ;
- Au sud-Est par la commune de Nobéré (province du Zoundwéogo) ;
- Au Sud-Ouest par la commune de Douougou (province du Bazèga) ;
- A l'Est par la commune de Guiba (province du Zoundwéogo)

De là, on bifurque à droite avec une piste rurale d'une bonne praticabilité sur 3 km jusqu'au village de Timbouè ; ensuite à partir de Timbouè on emprunte une piste rurale à droite traversant le marché sur environ 3 km pour accéder au village de Wilga, puis à environ 1 Km au sud du village se trouve le site du barrage.

Le barrage de Wilga et l'ensemble de son bassin versant (qui constitue la zone d'étude) sont tous situés dans la commune de Toécé.

Etudes techniques de réalisation du barrage de Wilga dans la Commune de Toécé, Province du Bazèga, Région du Centre-Sud, Burkina Faso

CARTE DE LOCALISATION DE LA COMMUNE DE TOECE MONTRANT LE SITE DU BARRAGE A WILGA

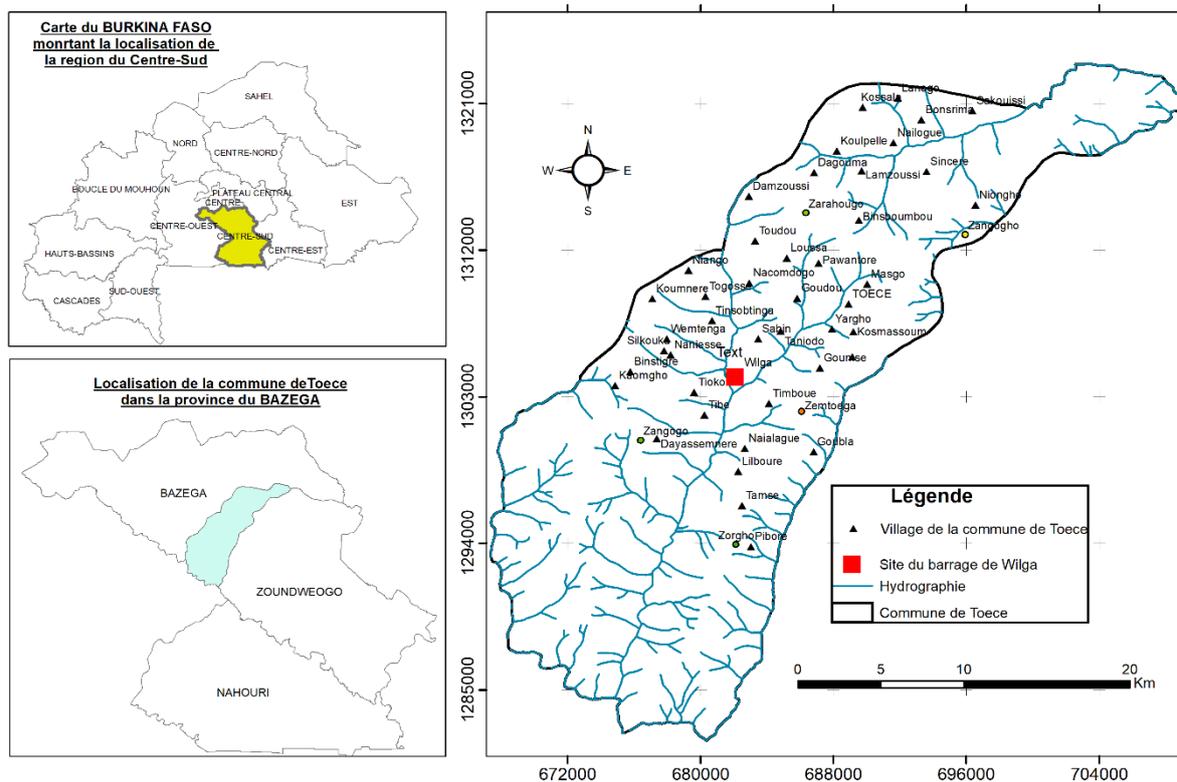


Figure 2: Localisation de la Commune de Toécé [Wilga]

Les coordonnées géographiques du barrage prises au GPS sont les suivantes

Tableau 1: Coordonnées géographiques du barrage de Wilga

Coordonnées Géographiques		Point de référence
Latitude	Longitude	
11°47'16,65'' Nord	01°19'32,71'' Ouest	Axe de la digue au droit du cour d'eau (exutoire)
Coordonnées UTM		
X : 682422,20 Est	Y : 1303651 Nord	

### 3.2. Caractéristiques physiques et naturelles

#### 3.2.1. Géologies

Du point de vue géologique, la zone du projet repose sur des formations cristallines constituées de roches éruptives plutonique (type : granite) et roches cristallophyllienne (type : gneiss). Ces formations constituent des assises favorables aux fondations des ouvrages dont les barrages (Plan Commune de Développement de la commune de Toécé, 2013).

#### 3.2.2. Pédologies

Au plan pédologie, on rencontre deux (02) types de sols dans la zone du projet que sont :

- **Les sols hydromorphes :** Ils sont peu humifères, contiennent des pseudogley. Ils conviennent de ce fait à la riziculture. La texture Sablo limoneuse à limono-Sableuse en surface peut se prêter à la culture d'oignons en début de saison sèche. C'est surtout ce type de sols que l'on rencontre.

**Les sols minéraux bruts :** constitués de cuirasse ferrugineuse, des sols à pseudogley, des sols peu évolués hydromorphes qui sont impropres à l'agriculture (Plan Commune de Développement de la commune de Toécé, 2013).

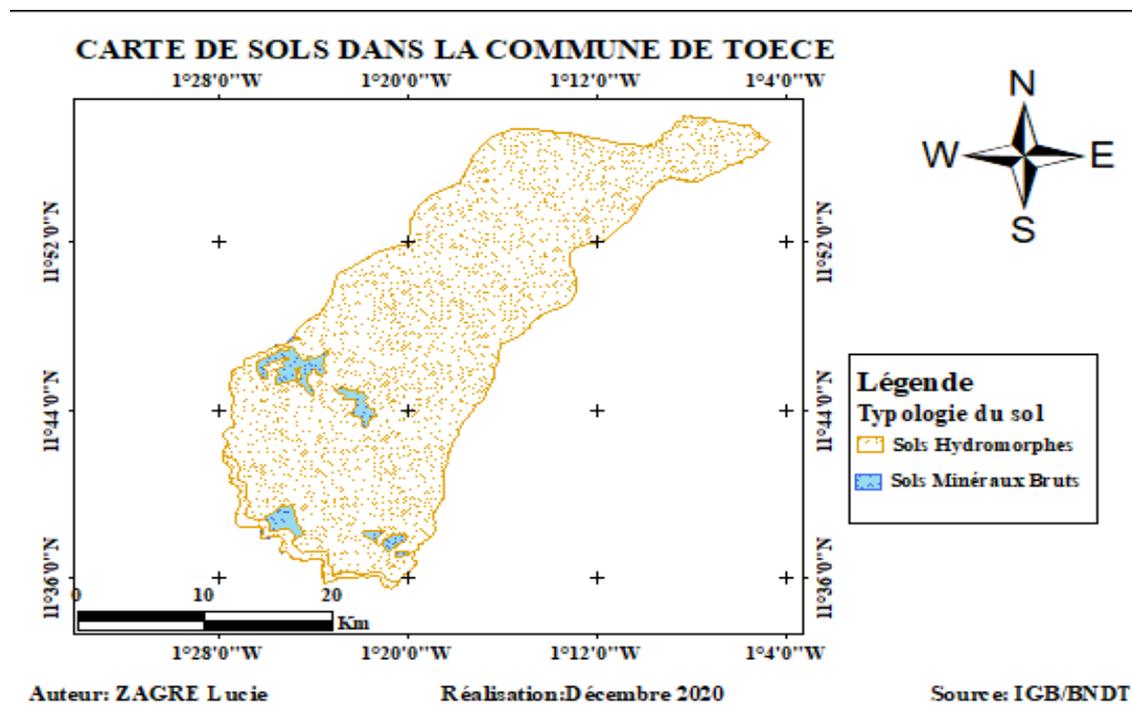


Figure 3: Carte des sols de la commune

### 3.2.3. Végétation

Le couvert végétal de la commune de Wilga est diversifié et se compose en sa grande partie de savane arbustive et arborée. De façon générale, la végétation de la commune subit depuis plusieurs décennies, une forte dégradation liée aux aléas climatiques, au surpâturage et à la pression démographique. Les espèces dominantes dans la commune sont : *Adansonia digitata* (Baobab), *Azadirachta indica* (neem), *Balanites aegyptiaca* (Dattier du sahel), *Bombax Costatum* (le Kapokier rouge) *Eucalyptus camaldulensis* (Eucalyptus) *Manguifera indica* (manguiers), *Parkia biglobosa* (nééré), *Vitellaria paradoxa* (Karité), *Tamarindus Indica* (Tamarinier), *Lannea microcarpa* (Raisin Sauvage), *Ziziphus mauritiana* (Jujubier) *Khaya Sénégalensis* (Caicédrat) (Plan Commune de Développement de la commune de Toécé, 2013).

### 3.2.4. Relief

Le relief de la commune de Wilga est constitué dans l'ensemble de plaines bien qu'il y ait quelques chaînes de collines birrimiennes à différents endroits de la localité. Ces collines sont marquées par le phénomène du cuirassement bauxitique ou ferrugineux.

### 3.2.5. Hydrographie

Sur le plan hydrographique, la commune de Wilga est drainée par un cour d'eau qui relève du bassin versant de Nazinon. Dans la zone d'étude, la température varie entre 15°C et 41°C durant l'année. L'évaporation moyenne annuelle est 3000 mm environ (Plan Commune de Développement de la commune de Toécé, 2013).

#### Climat

La zone du projet est située entre les isohyètes 750 mm et 1200 mm et la station synoptique la plus proche est celle de Manga. La commune de Wilga et la retenue de l'eau sont soumises à un climat tropical sec de type nord soudanien selon la subdivision de Jaeger, 1968 marqué par l'alternance de deux saisons fortement contrastées :

Une saison sèche de huit (08) mois environ allant d'Octobre à Mai et d'une saison pluvieuse de quatre (04) mois allant de Mai à Septembre.

### 3.2.6. Situation démographique

#### 3.2.6.1. Effectif de la population

La population de la zone d'étude était estimée à 826 habitants selon le Recensement Général de la Population et de l'Habitat en 2006. Cette population est constituée de 53,78% de femmes contre 46,22% d'hommes (Plan Commune de Développement de la commune de Toécé, 2013). Le taux d'accroissement de la population provinciale est de 1,1% par an. La population bénéficiaire du barrage est estimée à 2 871 personnes. Avec le taux d'accroissement de 1,1%, l'effectif de la population bénéficiaire est estimé à 3 337 et 4 636 personnes respectivement en 2019 et 2050. Cette croissance continue de la population entraîne un fort besoin en terre et en eau d'où la nécessité de la réalisation du barrage.

#### 3.2.6.2. Migration de la population

Le mouvement migratoire de la commune de Wilga est marqué par des migrations internes et externes. Les migrations internes sont les migrations agricoles marquées par le déplacement important des producteurs vers des zones où les conditions pédoclimatiques sont plus favorables aux activités agricoles et les migrations pastorales vers les zones de pâtures les plus abondantes. Les migrations externes sont pour l'essentiel celles qui se font de la commune vers les grands centres urbains et/ou vers d'autres pays à la recherche du bien-être. L'émigration concerne principalement la population jeune (15 à 35 ans). Ces dernières années, on assiste à un départ de la population vers les sites d'orpillage dans différentes localités du pays mais aussi dans les pays voisins. La réalisation du barrage va contribuer à la stabilisation de la population, en ce sens qu'elle permettra de relancer les activités socio-économiques des populations riveraines.

#### 3.2.7. Situation socio-économique

Sur le plan économique, l'agriculture, l'élevage, le maraîchage et le commerce sont les principales activités de la commune. L'agriculture est marquée par une insuffisance des productions au regard des besoins. Les secteurs de production agro-sylvo-pastorale sont marqués par l'insécurité foncière, l'enclavement et l'insuffisance d'eau de production. Ce qui a pour conséquence le maintien de la population dans une certaine précarité et une faiblesse de la base de l'économie communale.

## 4. MATERIELS ET METHODES

Pour la conduite de cette étude, une démarche méthodologique accompagnée d'un ensemble de matériels et d'outils a été adoptée.

### 4.1. Matériel

Pour mener à bien notre travail, du matériel et un ensemble d'outils a été utilisé. Il s'agit entre autres de :

- **Un GPS** : pour relever les coordonnées sur le site ; et l'application Google earth Pro pour les coordonnées géographiques ;
- **HyfranPlus** : pour la vérification de l'analyse fréquentielles des pluies ;
- **AutoCAD 2013** : pour l'élaboration de différentes pièces dessinées ;
- **GéoSlope 2012** : pour vérifier la stabilité des pentes des talus de la digue ;
- **ArcGIS 10.4** : pour délimiter le bassin versant et éditer les différentes cartes ;
- **CLIMWAT 2.0 for CROPWAT** : pour la détermination des coefficients culturaux ;
- **Pack office** pour le calcul et la rédaction du rapport ;
- **Données pluviométriques** de la station de **Manga, Ouagadougou Aéroport et Pô** ;
- **Données d'évaporation bac A** de la station synoptique de **Ouagadougou Aéroport** ;
- L'image satellitaire (**Model Numérique de Terrain**) de la zone du projet téléchargées à partir du site web : [www.earthexplorer.usgs.gov](http://www.earthexplorer.usgs.gov).

### 4.2. Approche méthodologique

Pour l'atteinte des objectifs fixés, il convient d'adopter une approche méthodologique adéquate. La démarche méthodologique employée dans le cadre de notre étude s'articule autour de quatre (04) étapes principales telles que la recherche documentaire, la collecte de données, la conception, le dimensionnement du barrage et la rédaction du présent rapport.

#### 4.2.1. Recherche documentaire

Cette phase a consisté à exploiter les documents disponibles pour identifier les différentes approches et les bonnes techniques en barrage. Elle nous a permis également de collecter les données sur la zone d'étude. Elle s'est basée sur :

- la recherche et l'exploitation des rapports d'études techniques sur la zone ;

## Etudes techniques de réalisation du barrage de Wilga dans la Commune de Toécé, Province du Bazèga, Région du Centre-Sud, Burkina Faso

- les données complémentaires collectées sur le terrain notamment sur les données (topographiques, socio-économiques, pédologiques) réalisées par le bureau d'étude CAFI-B.

### 4.2.2. Collecte des données

Cette partie permet de collecter des données sur les aspects physiques, les informations sur les données géotechnique, climatiques et celle de la topographique.

### 4.2.3. Etudes de base

Pour aborder de façon avertie l'étude, une approche a été adoptée pour prendre en compte les études socio-économiques, topographiques, pluviométriques et hydrologiques.

#### 4.2.3.1. Etudes Topographiques et géotechniques

##### 4.2.3.1.1. Etudes Topographiques

Après une étude des Levés topographiques sur le terrain réalisé par le bureau d'étude « Compagnie Africaine d'Ingénierie-Burkina » (CAFI-B) ces données ont été transmises à la structure d'accueil (DGIH) qui a mis à notre disposition, sur communication de la structure d'accueil, un fond topographique de la cuvette du barrage. A partir du fond, les différentes couches ont été extraites pour la suite des travaux. Les courbes de niveaux ont été converties en image raster afin d'estimer les surfaces et les volumes entre les côtes 283,5m à 292 ,20 à partir du logiciel ArcGIS.

##### 4.2.3.1.2. Etudes géotechniques

L'exécution de chaque projet doit être précédée par une reconnaissance du terrain raison pour laquelle les études géotechniques ont été également réalisées par le bureau d'étude « CAFIB » qui nous a fourni des informations relatives à la profondeur de la tranchée d'ancrage ainsi que la capacité et la position des zones d'emprunts. Ces données ont été essentielles pour la conception et le dimensionnement de la digue et des ouvrages annexes.

##### 4.2.3.2. Etudes Pluviométriques

Elle a été faite avec des données de pluies annuelles et de pluies maximales journalières de la station climatique de Manga, Pô et Ouagadougou du fait de la disponibilité des données. Ces données couvrent la période 1988 à 2017 (Pluies annuelles) et 1988 à 2017 pour les pluies maximales journalières, soit 30 années d'observation. L'analyse a permis d'identifier le régime

hydrologique associé à la zone du projet sur la base des régimes ci-dessous définis par la méthode de Rodier en 1975 (Bulletin N°54 de la FAO).

- ✓ Régime désertique au nord de l'isohyète 100 mm
- ✓ Régime subdésertique entre les isohyètes 100 et 300 mm
- ✓ Régime sahélien, entre les isohyètes 300 et 750 mm
- ✓ Régime tropical sec, entre les isohyètes 750 et 1000 mm

L'objectif de la méthode utilisé est de fournir quelques éléments qui permettent d'évaluer les écoulements annuels sur les bassins du Sahels et de la zone tropical sèche. L'analyse des données pluviométriques à également permis de faire une appréciation globale de la tendance des précipitations à travers les indices de pluies standardisées (IPS) dont la formule de calcul est donnée par :

$IPS = \frac{P_i - \bar{P}}{\sigma}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>P_i</math> : Cumul pluviométrique de l'année <math>i</math> ;</li> <li>• <math>\bar{P}</math> : Pluie moyenne annuelle de la série chronologique ;</li> <li>• <math>\sigma</math> : écart type standard de la série.</li> <li>• Si IPS est <math>\begin{cases} &gt; 0; \text{Année excédentaire} \\ &lt; 0; \text{Année déficitaire} \end{cases}</math></li> </ul>
--------------------------------------	---

A la suite de cette caractérisation, une analyse statistique des deux séries (pluies annuelles et pluies maximales journalières) a permis de déterminer les quantiles pour différentes périodes de retour. L'ajustement de ces données pluviométriques a été fait avec le logiciel HYFRAN Plus. La loi Normal de GAUSS et celle de GUMBEL ont été utilisées respectivement pour ajuster les pluies moyennes annuelles et les pluies maximales journalières.

Les fonctions de répartition ou probabilité de non dépassement ainsi que les paramètres de ces lois sont de la forme :

**Tableau 2: Lois utilisées pour l'ajustement des données pluviométriques**

Loi	Fonction de répartition	Paramètre de la loi
<b>GAUSS</b>	$F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^u \frac{1}{e^{2u^2}} du ;$ $u = \frac{x - \bar{x}}{\sigma}$	<p><math>u</math> : variable réduite</p> <p><math>\bar{x}</math> et <math>\sigma</math> : respectivement la moyenne et l'écart type de la série.</p>

<b>GUMBEL</b>	$F(x) = e^{-e^{-a(x-x_0)}}$	$x_0$ : paramètre de position $a$ : paramètre d'échelle
---------------	-----------------------------	--

#### 4.2.3.2.1. Caractéristiques des échantillons de pluies

Les grandeurs étudiées en hydrologie peuvent être considérées d'un point de vue mathématique comme des variables aléatoires. Une variable est dite aléatoire si elle est le résultat d'une épreuve qui dépend du hasard. Les principales caractéristiques de l'échantillon sont la moyenne, l'écart type et le coefficient de variation. Ils sont obtenus comme suit :

$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum x_i$	✓ $\bar{x}$ [mm] : Moyenne arithmétique de la série
$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum (x_i - \bar{x})^2}$	✓ $\sigma$ [mm] : Ecart type de la série
$Cv = \frac{\sigma}{\bar{x}}$	✓ Cv[%] coefficient de variation
	✓ $n$ [Unité] : Nombre d'observation
	✓ $x_i$ : un individu (Pluie annuelle ou journalière)

#### 4.2.3.2.2. Vérification de l'homogénéité de la série des données

De façon générale les données météorologiques obtenues, présentent toujours des valeurs erronées. Ces erreurs peuvent être systématiques ou aléatoire (accidentelles).

Les données de pluies mises à notre disposition par le bureau d'étude CAFI-B concernent les stations de Manga (Mensuelle et Maximal journalières), Pô (mensuelles) et de Ouagadougou (mensuelles). Il a été constaté la présence des données manquantes pour les pluies mensuelles de la station de Manga, situé à 30 km du bassin versant étudié. Les valeurs manquantes, ont été reconstituées en se basant sur la méthode des corrélations recherché entre d'une part la station de Manga et Pô et d'autre part entre Manga et Ouagadougou.

#### 4.2.3.3. Etude hydrologique

Afin de déterminer la faisabilité technique du barrage, les études ont abordées les grands aspects comme la caractérisation morphologique du bassin versant de la zone, les analyses fréquentielles de pluviométrie, la détermination des débits crues et l'estimation des apports.

##### 4.2.3.3.1. Caractérisations du bassin versant

Le bassin versant topographique en une section d'un cours d'eau se définit comme étant la totalité de la surface topographique drainée par ce cours d'eau et ses affluents à l'amont de

cette section appelée exutoire (Cours d'hydrologie 2ie, KARAMBIRI et NIANG, 2011). Il est entièrement caractérisé par cet exutoire, à partir duquel ces limites peuvent être déterminées. Les outils du système d'information géographique ont permis, à partir de modèles numériques de terrains téléchargés sur le site de l'USGS (earthexplorer.usgs.gov), de déterminer les limites du bassin versant ainsi que le calcul des paramètres morphologiques comme le périmètre (P) et la surface(S). Suivant la taille du bassin versant, on distingue quatre classes (Tableau 3) définies par Rodier en 1975 a été publier dans le bulletin N°54 de la FAO.

**Tableau 3: Classe de bassin en fonction de sa taille**

Classe de bassin versant		Superficie (S) du bassin versant
<b>Classe 1</b>	Très petits bassins versant	S< quelques ha
<b>Classe 2</b>	Petits bassins versants	2< S<40 km <sup>2</sup>
<b>Classe 3</b>	Bassins versants moyen	40< S<1000 km <sup>2</sup>
<b>Classe 4</b>	Grands bassins versant	S>1000 km <sup>2</sup>

❖ Indice de compacité KG

L'indice de compacité ou coefficient de Gravelius (K<sub>G</sub>) défini comme le rapport du périmètre du bassin au périmètre du cercle ayant la même surface nous renseigne sur la forme du bassin. En effet, La forme d'un bassin versant influence l'allure de l'hydrogramme à l'exutoire du bassin versant. Le coefficient de Gravelius (1914) ou coefficient de forme, est calculé par la formule suivante :

$K_G = 0,282 \frac{P}{\sqrt{S}}$ avec	- P [Km] : Le périmètre du Bassin versant
	- S [Km <sup>2</sup> ] : La surface du bassin versant
	- K <sub>G</sub> = 1 : Bassin versant circulaire
	- Si 1 < K <sub>G</sub> < 1,3 : Bassin versant compact
	- K <sub>G</sub> > 1,3 : Bassin versant allongé

❖ Longueur du rectangle équivalent

La notion de rectangle équivalent a été introduite par Roche (1963), et permet de comparer facilement des bassins versants entre eux. C'est un rectangle qui a les mêmes dimensions

(surface et de périmètre) que le bassin versant. La valeur de sa longueur est fournie par la formule suivante :

$$L = \frac{P + \sqrt{P^2 - 16S}}{4} \quad \text{avec}$$

- P : Le périmètre du bassin versant [km]
- S : La surface du bassin versant [Km<sup>2</sup>]
- L : La longueur du rectangle équivalent [Km]

❖ Pente longitudinale du bassin versant

Elle est fonction de la superficie du bassin versant et est calculée à partir de la formule simplifiée de GRESILLON.

$$I_{(BV)} = \frac{26}{\sqrt{S}} \quad \text{avec}$$

- S : La surface du bassin versant [Km<sup>2</sup>]
- L : La longueur du rectangle équivalent [Km]
- I<sub>(BV)</sub>: La pente longitudinale du bassin [m/km] ;

Selon la valeur de la pente longitudinale, le bassin sera classé suivant les six classes (Tableau 4) définies par l'office de Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer ORSTOM (Cours d'hydrologie 2ie, KARAMBIRI et NIANG, 2011).

**Tableau 4: Classes de bassins en fonction de la pente**

Classe	Descriptions
R1	Bassin de pentes extrêmement faibles inférieures à 2m/km (2‰)
R2	Bassin de pente faibles comprises entre 2m/km et 5m/km (2‰ et 5‰). Ce sont des bassins de plaine
R3	Bassin de pentes modérées comprises entre 5m et 10m/km (5‰ et 10‰). Ce sont des terrains intermédiaires entre la plaine et les zones à Ondulation de terrain.
R4	Bassin de pentes assez fortes : pente longitudinales comprises entre 1% et 2% pente transversales supérieures à 2%. Ce sont des zones d'ondulations de terrain.
R5	Bassin de pentes fortes : pentes longitudinales compris entre 2% et 5%, pentes transversales entre 8% et 20%. Ce sont des régions de collines.
R6	Bassin de pentes très fortes : Pentes longitudinale supérieures à 5%, pentes transversales supérieures à 20%. Ce sont des régions montagnes.

❖ Pente longitudinale du cours d'eau principal

Cet indice caractérisant le relief d'un bassin. Elle correspond au rapport entre la dénivelée du cours d'eau principal et sa longueur. Ces paramètres ont été déterminés à partir du profil en long du cours d'eau principal. Il est défini par la formule :

$$I_{cp} = \frac{H_{max} - H_{min}}{L_p}$$

avec

- $I_{cp}$  : pente longitudinale du cours d'eau principal [m/km] ;
- $H_{max}$  : altitude maximale le long du cours principal [m] ;
- $H_{min}$  : altitude minimale le long du cours d'eau principal [m] ;
- $L_p$  : longueur totale du cour d'eau principal [km].

❖ Indice global de pentes et pentes transversales

L'indice global de pente caractérise le relief du bassin versant. Il a une influence sur les débits de crues en augmentant ou en diminuant les vitesses de ruissellement suivant la pente soit forte ou faible. Il se calcule avec la formule ci-après :

$$I_g = \frac{H_{5\%} - H_{95\%}}{L}$$

avec

- $I_g$  : L'indice global des pentes [m/km]
- $H_{5\%}$  : altitude à 5% de la surface du bassin [m]
- $H_{95\%}$  : altitude à 95% de la surface du bassin [m]
- $L$  : la longueur du rectangle équivalent [km]

Après la délimitation du bassin versant et génération des courbes de niveau, les surfaces partielles seront calculées avec le logiciel Arcgis afin de tracer la courbe hypsométrique. A partir de cette dernière, On déterminera les altitudes correspondantes à 5% et 95% de la surface du bassin.

Généralement Les pentes transversales ( $I_t$ ) moyennes sur un bassin versant sont calculés à partir de 4 ou 6 lignes de plus grande pente du bassin versant. Pour notre étude nous avons identifiés sept (07) lignes de plus grandes pentes qui ont été utilisés pour le calcul de la pente transversale ( $I_t$ ). Cette dernière a été comparée à la pente longitudinale ( $I_g$ ) pour s'assurer d'une éventuelle correction de l'indice global de pente suivant la formule.

$$I_{gcor} = \frac{(n-1)I_g + I_t}{n} \quad \text{avec}$$

- n=2 pour L<5km ;
- n= 3 pour 5km<L<25 km ;
- n= 4 pour 25 km< L < 50km ;
- n=6 pour L>50 km

n = Coefficient fonction de la longueur du rectangle équivalent  
L[km] : Longueur du rectangle équivalent

❖ La densité de drainage Dd et Dénivelé Spécifique Ds

La densité de drainage est le rapport entre la longueur total des cours d'eau dans le bassin versant et la superficie de celui-ci.

$$D_d = \frac{\sum L_i}{S} \quad \text{avec}$$

- $L_i$  : Longueur de la cour d'eau élémentaire [km]
- S : la surface du bassin versant [km<sup>2</sup>]

La dénivelée spécifique correspond au produit entre l'indice global des pentes  $I_g$  ( $I_g$  corrigé) est la racine carrée de la superficie S du bassin.

$$D_s = I_g * \sqrt{S} \quad \text{avec}$$

- S : La surface du bassin versant [km<sup>2</sup>] ;
- Ds : dénivelé spécifique [m] ;
- $I_g$  : Longueur de la cour d'eau élémentaire [m/km].

Suivant la valeur du dénivelé spécifique (Ds), on distingue trois types de relief à savoir :

- ✓ Relief faible lorsque Ds est inférieure à 50 m ;
- ✓ Relief modéré si elle est comprise entre 50 et 100 m ;
- ✓ Relief fort pour Ds supérieure à 100 m.

Nous avons utilisé la carte géologique du Burkina Faso pour identifier les différents types de sol du bassin versant. Après avoir identifié la nature du sol du bassin versant nous l'avons classé suivant la classification de Rodier et Auvrey, (Cours d'hydrologie 2ie, KARAMBIRI, 2008).

- ✓ PI : bassin naturel particulièrement imperméable ;
- ✓ P2 (I) : bassins assez homogènes presque imperméables

- ✓ P3 (RI) : bassin assez imperméables ou bassin homogènes assez peu perméables ;
- ✓ P4 (P) : bassin assez perméables sols sableux sans pellicule ou avec un couvert végétal de graminées ;
- ✓ P5 (TP) : bassin très perméables, sables éoliens, sables sans pellicules et sans végétation.

#### 4.2.3.3.2. Prédétermination de la crue de projet

La crue est caractérisée par une augmentation instantanée du volume d'eau transité par un cours d'eau. La crue de projet adoptée est celle que l'ouvrage doit être capable d'évacuer sans dommages afin de se mettre dans une plus grande sécurité. Du point de vue hydrologique, le cours d'eau n'est pas jaugé à la section du barrage, objet de notre étude et par conséquent la détermination des débits de crue se fera par la méthode ORSTOM de AUVRAY et RODIER et celle dite de régression linéaires de PUECH et CHABBI ou méthode CIEH décrites dans le manuel de détermination, Rodier en 1975 a été publier dans le bulletin N°54 de la FAO.

##### ➤ Coefficient d'abattement A

La pluie moyenne de fréquence décennale ( $P_{m10}$ ) est obtenue en multipliant la hauteur de la pluie ponctuelle à une hauteur moyenne calculée sur une certaine superficie (Bassin versant) par le coefficient d'abattement A, déterminé par l'équation simplifiée de Villaume établie en 1974. Le coefficient d'abattement A est calculé avec la formule suivante :

$$A = 1 - \left[ \frac{161 - 0,042 \times \overline{P_{an}}}{1000} \times \text{Log} S \right] \quad \text{avec}$$

- A : coefficient d'abattement ;
- $\overline{P_{an}}$  : la pluie moyenne annuelle du bassin ;
- S : la surface du bassin versant.

##### ➤ Coefficient de ruissellement de la crue décennale

Il correspond au coefficient de ruissellement engendré par une précipitation décennale ponctuelle. Il a été déterminé suivant les méthodes ci-dessous.

##### ✓ Méthode ORSTOM de AUVRAY et RODIER

Pour une précipitation ponctuelle ( $P_{10}$ ) différente de 70 et 100 mm, l'estimation du coefficient de ruissèlement  $Kr_{10}$  a été faite par interpolation linéaire entre les valeurs de  $kr_{70}$  et  $kr_{100}$ . Ces valeurs ont été déterminées à partir des formules analytiques définies comme suit Rodier en 1975 a été publier dans le bulletin N°54 de la FAO :

$$K_{r70} \text{ ou } K_{r100} = \frac{a}{S + b} + c$$

Les variables a, b et c ont été lues sur des abaques en fonction de la zone climatique, la taille du Bassin versant, la classe d'infiltrabilité et l'indice de pente du bassin versant.

✓ Méthode ORSTOM de PUECH

Cette méthode est fonction de la zone climatique et du substrat, et utilise les résultats des régressions obtenues sur la base du substrat géologique et de la précipitation annuelle. L'évaluation de  $K_{r10}$  en (%) en fonction de la géologie et de la pluie annuelle, déterminée par PUECH et CHABI-GONNI en 1983, est donnée dans le tableau (5) suivant :

**Tableau 5: Calcul de  $k_{r10\%}$  en fonction de la géologie et de la précipitation annuelle**

Catégorie	Formulation ( $K_i$ )	$K_{r10} = \sum_{i=1}^n a_i k_i$
Granite+ gneiss	$K_{r10} = 2 \cdot 300 P a n^{-0,67}$	$a_i$ la proportion du sol de catégorie i par rapport à la superficie totale du bassin versant et $k_i$ son $K_{r10}$
Sables	$K_{r10} = 2 \cdot 10^{-7} P a n^{-2,2}$	
Argiles	$K_{r10} = 300 P a n^{-0,30}$	
Schistes	$K_{r10} = 370 \cdot P a n^{-0,375}$	
Grès	$K_{r10} = 300 \cdot P a n^{-0,375}$	

**Source :** *Manuel de la FAO* Rodier en 1975 a été publié dans le bulletin N°54 de la FAO

L'exploitation de la carte géologique du Burkina montre que le bassin versant du barrage est à dominante granite+gneiss.

➤ Détermination du temps de base  $T_{b10}$ .

Le temps de base est la durée qui s'écoule entre le début de la montée du niveau et la fin du ruissellement pur de la crue. La valeur du temps de base est calculée par interpolation linéaire entre les valeurs de l'indice de pente (3 et 7) et du bassin versant étudié (3,4) et les temps de base correspondant. Pour chacune des valeurs de  $I_g$  encadrant celle du bassin, on calcule le temps de base correspondant par interpolation logarithmique entre les surfaces encadrant la surface du bassin étudié (67,62 km<sup>2</sup>) suivant les équations ci-dessous, Rodier en 1975 a été publié dans le bulletin N°54 de la FAO.

Les coefficients a et b sont fonction de la pente

$$T_{b10} = a * S^{0,36} + b$$

- La superficie (S) est comprise entre 60 et 120 km<sup>2</sup>
- Ig = 3 a = 325 et b = 315
- Ig = 7 a = 163 et b = 142

➤ Temps de montées

Le temps de montée de la crue est la durée qui s'écoule entre le début de la montée du niveau d'eau et la pointe de la crue. Il a été déterminé suivant la même procédure que le temps de base entre les valeurs de l'indice de pente (3 et 7) encadrant l'indice de pente du bassin versant. Dans la zone tropicale sèche, en toute première approximation, on peut considérer que le temps de montée représente le tiers du temps de base soit :

$$T_{m10} = 0,33 \times T_{b10} \text{ avec}$$

- $T_{m10}$  : temps de montée
- $T_{b10}$  : temps de base

➤ Calcul de la crue décennale

✓ Méthode ORSTOM

Le débit de pointe ou débit maximal total Q10

En comparant le débit maximal de ruissellement Q10 et le débit dû à l'écoulement retardé Qret10. On s'aperçoit que :

$$Q_{10} = m * Q_{r10} \text{ avec}$$

- m : coefficient de majoration qui est fonction de classe d'infiltrabilité du bassin et de la zone climatique
- $Q_{r10}$  : le débit de ruissellement décennal.

En zone tropicale sèche, la valeur de m est 1,03 pour un bassin de classe d'infiltrabilité I et 1,05 pour la classe d'infiltrabilité P (Cours d'hydrologie 2ie, KARAMBIRI et NIANG, 2011).

Notre bassin est de classe d'infiltrabilité RI et nous prenons une valeur moyenne qui est de **1,04**.

Le débit de ruissellement décennal a été déterminé par la relation ci-après :

$$Q_{r10} = A \times P_{10} \times K_{r10} \times \alpha_{10} \times \frac{S}{T_{b10}}$$

avec

- A : coefficient d'abattement
- P<sub>10</sub> : pluie journalière décennale
- K<sub>r10</sub> : coefficient de ruissellement décennal
- α<sub>10</sub> : coefficient de pointe de crue décennal (2,6)
- T<sub>b10</sub> : temps de base en heures
- S : la superficie du bassin versant

✓ Méthode de CIEH

C'est une méthode statistique proposée par PUECH et CHABI-GONNI en 1983 avec plusieurs variantes. Selon l'appartenance du bassin à un découpage climatique, une position géographique, un découpage pour un pays ou un groupe de pays plusieurs équations sont proposées :

$$Q_{10} = a \times S^b \times I_g^c \times K_{r10}^d \times P_{an}^e$$

avec

- S [km<sup>2</sup>] : la surface du bassin versant ;
- P<sub>an</sub> [mm] : la pluie annuelle moyenne ;
- I<sub>g</sub>[m/km] : l'indice global de pente ;
- K<sub>r10</sub>[%] : le coefficient de ruissellement décennal
- a, b, c, d et e sont des coefficients d'ajustement

Les coefficients d'ajustement a, b, c, d et e sont déterminés par régressions multiples. Dans le cadre de cette étude, quelques équations de régressions les plus susceptibles d'approcher la crue décennale en fonction des paramètres les plus représentatifs (S, I<sub>g</sub> et K<sub>r10</sub>) ont été utilisées. Elles présentent un nombre d'échantillons et un coefficient de corrélation élevé et se situent dans la zone pluviométrique et géographique du Burkina Faso.

**Tableau 6: Paramètre de calcul de la crue décennale selon la méthode CIEH**

Equations			Découpages et Variable	Valeurs			
N°	n.	r <sup>2</sup>		a	b	c	d
12	0,795	176	Pan<1000 mm; S, I <sub>g</sub> et K <sub>r10</sub>	0,095	0,643	0,406	1,038
39	0,818	61	Pays/ groupe de pays ; S, I <sub>g</sub> , K <sub>r10</sub>	0,410	0,425	0	0,923
40	0,824	60	Pays/ groupe de pays ; S, I <sub>g</sub> , K <sub>r10</sub>	0,254	0,462	0,101	0,976

Des débits calculés suivant les différentes équations, par la méthode de régression linéaire, la valeur moyenne sera retenue.

❖ Détermination de la crue du projet

Le débit de crue centennale est obtenu à partir de crue décennale par la méthode du Gradex. Selon cette approche, toute précipitation extrême au-delà de la décennale, engendre un supplément de débit égal au supplément de pluie par rapport à la pluie décennale. Le supplément de débit se traduit par un coefficient multiplicateur C supérieur à 1. Dans le cadre de cette étude, le facteur C est calculé avec la formule proposée par GRESILLON et al (1977) définie comme suite :

	Avec
$C = 1 + \frac{P_{100} - P_{10}}{P_{10}} \times \frac{\left(\frac{T_{b10}}{24}\right)^{0,12}}{K_{r10}}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>Q_{10}</math> : la crue décennale ;</li> <li>- C : coefficient du Gradex ;</li> <li>- <math>P_{100}</math> : la pluie maximale journalière centennale humide ;</li> <li>- <math>P_{10}</math> : la pluie maximale journalière décennale humide ;</li> <li>- <math>K_{r10}</math> : le coefficient de ruissellement décennal ;</li> <li>- <math>T_{b10}</math> : le temps de base décennale</li> </ul>
$Q_{100} = C \times Q_{10}$	

❖ Hydrogramme de crue

L'hydrogramme de crue donne l'évolution de la crue en fonction du temps. Il sera un hydrogramme schématique en trois tronçons linéaires construits avec les temps de base et de montée précédemment déterminés (Grésillon et al, 1977)[4]. Le changement de pente de la décrue s'effectue à un débit Q (débit de discontinuité) qui se calcule par la relation ci-après.

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>T_{b10}</math> : le temps de base décennale</li> <li>- <math>T_{m10}</math> : le temps de montée décennale</li> <li>- Q : débit de rupture de pente de la décrue</li> <li>- <math>Q_{max}</math> : le débit de projet</li> </ul>
$\frac{Q}{Q_{max}} = \frac{2}{\alpha_0} \times \frac{T_{b10} - \alpha_0 \times T_{m10}}{T_{b10} - 2 \times T_{m10}}$	avec

❖ La crue de rupture

Elle désigne la crue que le barrage doit supporter dans les conditions exceptionnelles sans subir des dommages sur son état de fonctionnement. Le commission International des Grands Barrages (CIGB) propose la formule approchée ci-dessous pour l'estimation de la crue de rupture d'un barrage[5].

$$Q_r = 2 \times l \times (a + 0,2)^{1,5} + 0,15 \times L \quad \text{avec}$$

- $l$  : longueur du déversoir ;
- $L$  : Longueur de la digue sans déversoir ;
- $a$  : Revanche total

#### 4.2.3.3.3. Evaluation des apports liquide du bassin

C'est la quantité d'eau susceptible d'arriver à l'exutoire du barrage pendant une période considérée. Ces apports peuvent être évalués par la formule ci-dessous :

$$V = K_e \times S \times P$$

$$K_e = \frac{L_e}{P}$$

Avec

- $V$  : Volume d'eau à l'exutoire ;
- $K_e$  : Coefficient d'écoulement ;
- $S$  : Superficie du bassin versant ;
- $P$  : Pluviométrie de période considérée ;
- $L_e$  : lame d'eau ruisselée au cours de la période.

La lame ruisselée est le reste de la pluie déduite du déficit d'écoulement ( $D$ ). L'estimation de la lame ruisselée a été faite par la méthode de Rodier puis par celle du déficit d'écoulement à travers la formule de Coutagne.

#### ❖ Calcul de la lame d'eau par la méthode de RODIER

En fonction de la zone climatique et du bassin type, des courbes de distribution statistique des lames écoulées sont construites pour des hauteurs pluviométriques annuelles de fréquence médiane variant entre 750 et 1000 mm en fonction des fréquences au dépassement. Suivant ces caractéristique, le bassin du barrage de Wilga s'identifie à celui de de type Kazanga (sol argilo-sableux). Les lames écoulées de fréquence médiane, quinquennale sèche et décennale sèche correspondant respectivement à  $P_{med} = 750$  mm et  $P_{med} = 1000$  mm ont été déterminé à parti de la courbe de distribution voir Annexe 3.

#### ❖ Méthode du déficit d'écoulement avec la formule de Coutagne

$$Le(mm) = P(mm) - D(mm) \quad \text{avec}$$

$$D(m) = P(m) - \lambda P^2(m); \text{ si } P(m) \in \left[ \frac{1}{8\lambda} - \frac{1}{2\lambda} \right]$$

- $T$  : Température moyenne annuelle ;
- $P$  : Pluviométrie moyenne annuelle ;
- $D$  : Déficit d'écoulement annuel ;

Pour le calcul des apports annuels en années sèches, les coefficients d'écoulement en année quinquennale et décennale sèche ont été estimés à partir des corrélations ci-dessous utilisées par l'ONBAH (Cours d'hydrologie 2ie, KARAMBIRI et NIANG, 2011).

$k_e$	- Coefficient d'écoulement en année moyenne ;
$K_{e5} = 0,7 \times K_e$	- Coefficient d'écoulement en année quinquennale sèche ;
$K_{e10} = 0,5 \times K_e$	- Coefficient d'écoulement en année quinquennale sèche ;

#### 4.2.3.3.4. Etude de la cuvette

##### ❖ Evaluation des pertes

###### ➤ Pertes par infiltration

Les infiltrations diminuent considérablement au fur et à mesure du dépôt des argiles colloïdales au fond de la cuvette. Nous allons considérer les valeurs généralement utilisées au Burkina Faso qui sont de l'ordre de 1 à 3 mm/j en moyenne ou 10% de la hauteur utile de la retenue et dépendent fortement de la perméabilité du matériau de la cuvette (Cours de barrage, EIER, 2<sup>ème</sup> édition, M. L. COMPAORE, 1996). En considérant le matériau dans la cuvette à prédominance argilo-sableux, Dans notre cas, une infiltration moyenne de 2,5 mm/j a été considérée pour nos estimations, cette valeur pourrait connaître une baisse rapide avec la mise en eau du barrage due au dépôt des fines particules d'argile et de sable qui favorisent le colmatage de la cuvette.

###### ➤ Pertes par évaporation

Les pertes par évaporations sont obtenues à l'aide des données d'évaporation au bac de la station pluviométrie de Ouagadougou qui est la plus proche de notre zone d'étude. Il s'agit de données d'évaporation moyenne mensuelle ( $E_{bac}$ , A) pour la période 1988 à 2017. La conversion de l'évaporation bacA en évaporation au niveau de la retenue s'est faite suivant la formule établie par Bernard Pouyaud (1986) qui correspond mieux aux conditions sahéliennes et tropicales sèches.

$E_{v.ret} = 1,664 * (E_{bac})^{0,602}$	Avec	- $E_{v.ret}$ : Evaporation bac A (mm/j)
		- $E_{bac}$ : Evaporation bac A (mm/j)
		- 0,602 : coefficient correcteur

###### ➤ Pertes dues aux dépôts solides

Les eaux qui ruissellent dans le bassin versant entraînent avec elles des matériaux solides arrachés le long de leurs parcours. Ces matériaux vont se déposer au fond de la cuvette dès que la vitesse de l'eau devient inférieure à un seuil donné. Cela peut entraîner la diminution progressive du volume de stockage. La détermination des pertes par dépôt solides a donc pour

but de déterminer la quantité de matériaux susceptibles d'arriver annuellement dans la retenue, correspondant à la dégradation spécifique annuelle. Le volume d'envasement est le produit de la dégradation spécifique annuelle par la superficie du bassin versant. Pour l'estimation de la dégradation spécifique annuelle du bassin versant (envasement) nous allons donc utilisées les formules empiriques permettant d'estimer la dégradation spécifique au nombre desquelles celles de GRESILLON (Formule du CIEH-EIER), GOTTSCHALK et KARAMBIRI, (Cours de barrage, EIER, 2<sup>ème</sup> édition, M. L. COMPAORE, 1996).

**Tableau 7: Formules d'estimation de la dégradation spécifique**

Auteur	Formule d'estimation de D (m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup> /an)
KARAMBIRI	$137 * \left(\frac{P}{700}\right)^{-2,2} * S^{-0,05} * [0,25 + 1,13 * (h+r)]$
GRESILLON	$700 * \left(\frac{P}{500}\right)^{-2,2} * S^{-0,1}$
GOTTSCHALK	$260 * S^{-0,1}$
Apports solide (m <sup>3</sup> /an)	$V = D * S$

Avec :

- P : Pluie moyenne annuelle (mm)
- S : Superficie du bassin versant (km<sup>2</sup>)
- h : paramètre anthropique (0,55) ∈ [0,4-0,7] pour un bassin versant comportant des petites villes, des villages moyens ou situés à proximité de ceux-ci
- r : paramètre morphologique (0,25) ∈ [0,1-0,4] pour un relief peu accidenté, accusé.
- D : dégradation spécifique annuelle [m<sup>3</sup>/Km<sup>2</sup>/an]
- V : le volume des apports solides [m<sup>3</sup>/an]

❖ Evaluation des besoins

➤ Evaluation des besoins humains

Le village de Wilga est principalement alimenté en eau à partir des puits modernes et de forages à travers des systèmes d'adduction d'eau potable simplifié (AEPS) multi village et équipé d'une pompe à motricité humaine (PMH). Pour l'évaluation des besoins humains, nous décidons de maintenir la consommation d'eau à 30 l/jour/habitants (les localités environnant le barrage de Wilga étant considérées comme des centres ruraux) et une majoration de 15% appliquée pour tenir compte des prélèvements occasionnels comme hypothèse. La population

à l'horizon du projet a été estimée par projection à partir de la population actuelle ( $P_0$ ) et le taux d'accroissement dans la commune à l'horizon du projet fixé à 30 ans.

	Avec
$P_n = P_0 \times (1 + \alpha)^n$	- $P_0$ : Population initiale ;
	- $n$ : Le nombre d'année par rapport à l'horizon du projet ;
	- $P_n$ : Population à l'horizon du projet ;
	- $\alpha$ : Taux d'accroissement de la population ;
$C_{jn} = C_j \times P_n$	- $C_{jn}$ : Consommation journalière des populations à l'année $n$ ;
	- $C_j$ : Consommation par habitant et par jour.

#### ➤ Besoins Pastoraux

Pour l'évaluation des besoins en eau du cheptel, on s'est basé sur l'effectif du cheptel issu de l'étude socio-économique avec une hypothèse de 40l/jour et 15l/jour par tête respectivement pour les gros bétails et les petits ruminants (Technique des Petits Barrages en Afrique Sahélienne et Equatoriale., EIER, J. M. DURAND et P. ROYET, 1999). Pour tenir compte du cheptel en transhumance, la consommation obtenue a été majorée de 15%.

#### ➤ Besoins agricoles

Pour garantir l'eau pour l'irrigation, nous avons estimé les besoins en considérant un réseau gravitaire avec une efficacité de 60%. Les besoins sont évalués comme suit :

$BB = BN/E$	- $BB$ : Besoin Brute ;
	- $BN$ [mm] : Besoins Net ;
$ETM = K_c \times ET_0$	- $ETM$ [mm]: Evapotranspiration Maximale ;
$BN = ETM - P_e$	- $P$ [mm] : hauteur de pluie ;
$P_e = P \times 0,8$ (si : $P \geq 20$ )	- $P_e$ [mm] : Pluie efficace ;
	- $K_c$ : coefficient cultural.

### 4.2.4. Conception et dimensionnement du barrage

#### 4.2.4.1. Etude de la digue

La conception du barrage proposée sera une digue à noyau constituée de matériaux différents chacune jouant un rôle spécifique. Le rôle de l'étanchéité est assuré par le noyau et les recharges aval et amont permettent de stabiliser le barrage.

##### 4.2.4.1.1. Hauteur de la digue

La hauteur de la digue ( $H_B$ ) a été déterminée en majorant la hauteur au plan d'eau normale (PEN) de la retenue ( $H_n$ ) avec la charge au-dessus du déversoir ( $h=0,7$ ) et la revanche libre

(R). La hauteur au PEN est la différence entre la côte de la crête du déversoir et celle du fond de la cuvette. Cette dernière majorée de la lame d'eau au-dessus du déversoir correspond à la hauteur du plan des hautes eaux (PHE).

#### 4.2.4.1.2. Effets de vagues et revanche libre

La revanche libre (R) est une tranche comprise entre le Plan de hautes eaux (PHE) et la crête du barrage. Le calcul de la revanche tient compte de la hauteur des vagues qui se forment sur le plan d'eau et la projection de l'eau vers le haut du barrage due à la vitesse de propagation des vagues lorsque celle-ci rencontrent le barrage. La hauteur des vagues provoquées par les vents dans la retenue dépend de la vitesse du vent, de la durée, du fetch (longueur du plan d'eau exposé au vent), de la profondeur de l'eau et de la largeur du plan d'eau.

Plusieurs formules empiriques permettent d'évaluer la hauteur des vagues en fonction de la longueur du plan d'eau (Fetch) aux nombres desquelles on peut retenir la formule de Stevenson et celle de Mallet et Pacquant (Cours de barrage, EIER, 2<sup>ème</sup> édition, M. L. COMPAORE, 1996).

#### Formule de Stevenson

$h_v = 0,75 + 0,34\sqrt{f} - 0,36^4\sqrt{f}, \text{ si } f < 18\text{km}$ $0,34\sqrt{f}, \text{ si } f \geq 18\text{km}$	Avec	- $h_v$ : la hauteur des vagues en mètre - $f$ : le fetch en kilomètre
--	------	---

#### Formules de Mallet et Pacquant

$h_v = \frac{1}{2} + \frac{1}{3} \sqrt{f}$	Avec :	- $h_v$ : la hauteur des vagues en mètre - $f$ : le fetch en kilomètre
--	--------	---

La vitesse de propagation des vagues de hauteurs comprises entre 0,5 et 2 m est donnée par :

$v_v = \frac{3}{2} + \frac{2}{3} h_v$	Avec :	- $h_v$ : la hauteur des vagues en mètre - $v_v$ : la hauteur des vagues en m/s
---------------------------------------	--------	--

La revanche libre R est donnée par :

Avec :	- $A$ : coefficient de sécurité pris (0,75) ; - $v_v$ : la vitesse des vagues (m/s) ;
--------	--

$$R = A \left[ h_v + \frac{v_v^2}{2g} \right]$$

- $h_v$  : la hauteur des vagues (m) ;
- $g$  : l'accélération de la pesanteur ( $m^2/s$ )
- $R$  : la revanche libre (m)

#### 4.2.4.1.3. La largeur en crête de la digue

La largeur en crête du barrage a été calculée par les formules suivantes :

**KNAPPEN:**  $I_c : 1,65\sqrt{H_B}$

Avec:

- $H_B$  : la largeur du barrage

**PREECE:**  $I_c : 1,1\sqrt{H_B+1}$

- $I_c$ : la largeur en crête de la digue

#### 4.2.4.1.4. Pente des talus de la digue

La digue sera principalement en matériaux argileux compactée et la pente des talus ont été fixées en tenant compte des informations retenues selon les conditions de stabilité mécanique du massif à travers les logiciels Géostudio version 2012 (Géoslope), qui ont servi de vérification et de ses fondations pour optimiser la construction de l'ouvrage suivant les indications du tableau ci-dessous (Technique des Petits Barrages en Afrique Sahélienne et Equatoriale., EIER, J. M. DURAND et P. ROYET, 1999).

**Tableau 8: Fruit indicatif des talus des barrages stables**

Hauteur du barrage (m)	Type de barrage	Pente des talus	
		Amont	Aval
Inférieure à 5 m	Homogènes	1/2,5	1/2
	A zones	1/2	1/2
Entre 5 et 10 m	Homogène granulométrie étendue	1/2	1/2
	Homogène à fort% d'argile	1/2,5	1/2,5
	A zone	1/2	1/2,5
Entre 10 et 20 m	Homogène granulométrie étendue	1/2,5	1/2,5
	Homogène à fort% d'argile	1/3	1/2,5
	A zone	1/2	1/3

#### 4.2.4.1.5. Calcul de la largeur en base de la digue

Elle est donnée par la formule suivante :

$L_b = L_c + H_b \left( \frac{1}{tg\alpha_1} + \frac{1}{tg\alpha_2} \right)$	<p>Avec</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>L_b</math> : largeur en base de la digue</li> <li>- <math>L_c</math> : largeur en crête de la digue</li> <li>- <math>H_b</math> : hauteur de la digue</li> <li>- <math>tg\alpha_1, tg\alpha_2</math> ; respectivement les pentes des talus amont et aval (1/2)</li> </ul>
--	--

#### 4.2.4.1.6. Epaisseur de la couche de protection

Sa fonction est de mettre l'ouvrage à l'abri d'agressions extérieures notamment le batillage d'eau, les rayonnements et les chocs pouvant résulter du corps flottant, de passage d'animaux ou encore d'acte de vandalisme. Son épaisseur de la couche de protection des talus se calcul comme suite :

$e = 1,5 \times D_{50}$	<p>Avec :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>e</math> : l'épaisseur de la couche de protection</li> <li>- <math>D_{50}</math> : fonction de la hauteur des vagues</li> </ul>
-------------------------	--

#### 4.2.4.1.7. Géométrie du noyau étanche

Dans le cas d'un noyau de petit barrage zoné, on adoptera un profil trapézoïdal (figure 4) (Technique des Petits Barrages en Afrique Sahélienne et Equatoriale., EIER, J. M. DURAND et P. ROYET, 1999).

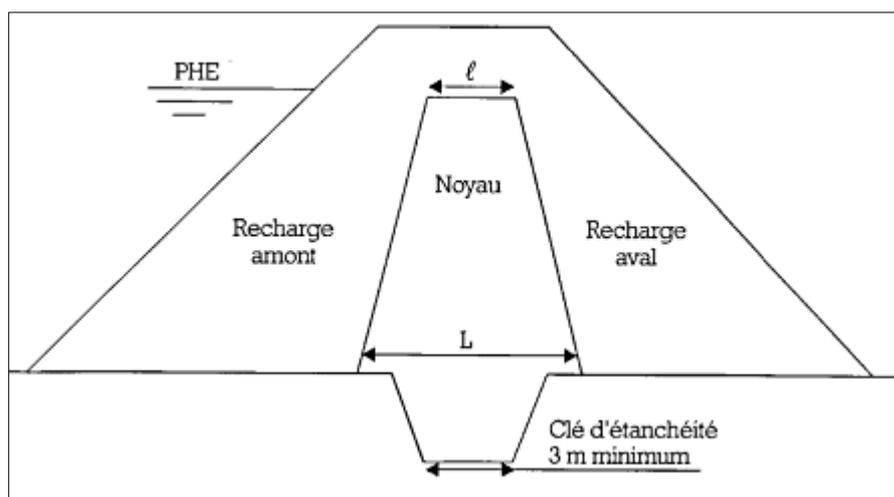


Figure 4: Profil type d'une digue à noyau

La largeur au sommet ( $l$ ) sera, déterminée par des raisons de conduites du chantier mais aussi par des raisons d'étanchéité.

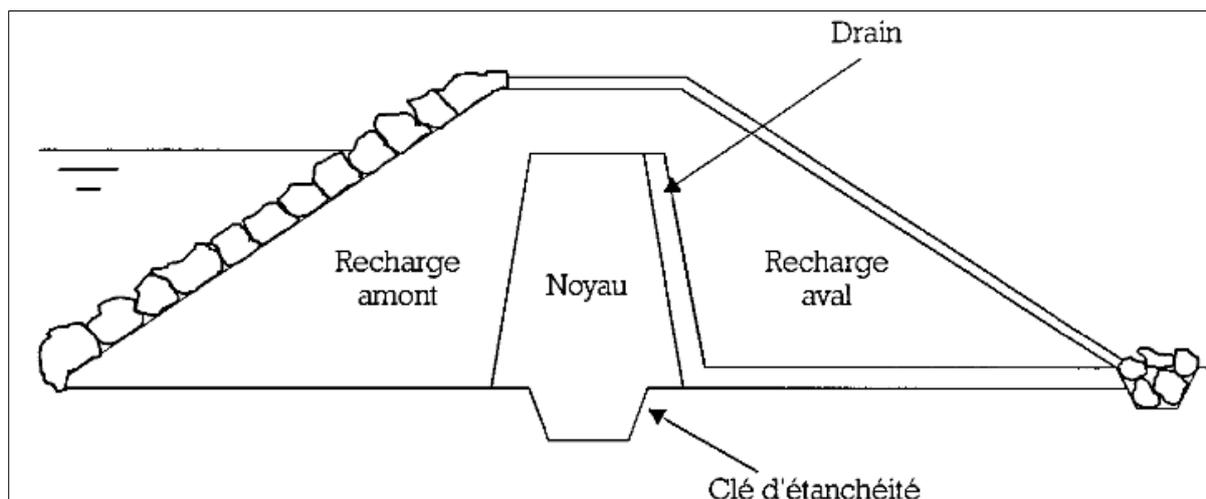
La largeur à la base à retenir (L) dépendra de la hauteur de charge (H) et de la perméabilité du matériau constitutif du noyau. Pour les petits et moyens barrages où il est exclu de réaliser des dispositifs sophistiqués de filtres, on adopte une largeur à la base L qui vaut environ H.

Pour ce qui concerne la géométrie du noyau, il est à recommander l'application des principes suivants :

- côte au plafond égale à celle du niveau des plus hautes eaux (PHE)
- Protection contre la dessiccation à sa partie supérieure si le sommet du noyau s'approche de la crête, pour se prémunir d'une fissuration due au retrait ;
- Implantation en position centrale du remblai

#### 4.2.4.1.8. Dispositif de drainage de la digue

D'une manière générale, par constitution, les barrages à noyau possèdent des recharges à base de matériaux de bonnes caractéristiques mécaniques et perméables. Aussi, au moins pour les hauteurs inférieures à 10 m, on peut admettre qu'une recharge aval perméable fait office de drain pour l'ensemble de l'ouvrage et, en particulier, pour son noyau (Technique des Petits Barrages en Afrique Sahélienne et Equatoriale., EIER, J. M. DURAND et P. ROYET, 1999). Néanmoins dans le cadre du présent projet, nous admettons un filtre de sable entre le talus aval du noyau et la recharge latéritique puis un tapis drainant de longueur partant du pied du talus aval du noyau au drain de pied aval de la digue (figure 5)



**Figure 5: Illustration du dispositif de drainage type d'un barrage à noyau**

#### 4.2.4.2. Etude de l'évacuateur de crue

##### 4.2.4.2.1. Choix du déversoir

Le déversoir est une partie du barrage qui a pour rôle d'évacuer les crues exceptionnelles et les apports que la retenue n'a pas pu stocker. Au Burkina Faso ils existent trois (03) principales variantes de déversoir. Il s'agit du déversoir poids, du type voile et du déversoir radier. Chacun de ces déversoirs a ses avantages et ses inconvénients. Le déversoir poids est facile à mettre en œuvre mais il est coûteux et ne permet pas le franchissement des riverains. Quant au déversoir voile, il a un volume un peu plus réduit que le premier, il est donc moyennement cher mais pose également un problème de franchissement, difficultés majeures des populations en saisons pluvieuse. Le déversoir radier a une vocation de franchissement en plus de rétention d'eau, ce qui permet une liaison entre les concessions et les villages environnants. Au-delà de cet avantage primordial dans le contexte de Wilga il est nettement moins cher et limite les infiltrations du fait de son homogénéité avec le sol d'assise.

##### 4.2.4.2.2. Laminage de la crue du projet

L'étude du laminage a consisté à déterminer la longueur optimale de l'évacuateur de crues pour une côte maximale atteinte par le plan d'eau pendant la crue fixée à priori. Tenir compte de l'effet de laminage permet de réduire la longueur du déversoir sans augmenter le risque de submersion du barrage. Nous utiliserons la méthode de laminage par le calcul du coefficient  $x_0$  (méthode EIER-CIEH) afin d'optimiser la longueur du déversoir. Ce choix s'explique par le fait que la méthode a été expérimentée en Afrique Sahélienne et Equatoriale. Elle est donc adoptée à cette étude La procédure de calcul est la suivante :

$L_1 = \frac{Q_{c_{\max}}}{m\sqrt{2gh^{1,5}}}$ $x_{01} = \frac{m^2gL_1^2Q_{c_{\max}}T_m^3}{S^3}; \log_{10}(x_{01})$ <p>Lecture de <math>\beta_1</math> sur l'abaque ;</p> $Q_{e1} = \beta_1 Q_{c_{\max}} \quad ; \quad L_2 = \frac{Q_{e1}}{m\sqrt{2gh^{1,5}}}$ $x_{02} = \frac{m^2gL_2^2Q_{c_{\max}}T_m^3}{S^3}; \log_{10}(x_{02})$ <p>Lecture de <math>\beta_2</math> sur l'abaque ;</p> $Q_{e2} = \beta_2 Q_{c_{\max}}$	<p>Avec :</p> <p><math>Q_c</math> [<math>m^3/s</math>] : le débit du projet ;</p> <p><math>T_m</math>[s]: le temps de montée ;</p> <p><math>h</math> [m] : la charge sur le seuil ;</p> <p><math>m</math> : coefficient de débit (abaque) ;</p> <p><math>g</math> [<math>m/s^2</math>] : l'accélération pesanteur ;</p> <p><math>s</math> [<math>m^2</math>] : la surface du PEN ;</p> <p><math>Q_e</math>[<math>m^3/s</math>] : le débit du laminé</p>
<p>On procédera ainsi par itérations successives, jusqu'à convergence de <math>\beta</math> .</p>	

#### 4.2.4.2.3. Stabilité du déversoir

Le déversoir est du type radier, il est donc une continuité de la digue en remblai avec une côte inférieure à celle-ci. Les études des conditions de stabilité est donc la même que celle de la digue.

#### 4.2.4.2.4. Bassin de dissipation

Le bassin de dissipation a pour rôle de dissiper l'Énergie (potentielle et cinétique) de l'eau qui déverse et permet de maintenir le déversoir en bon état de fonctionnement ; éviter les affouillements dangereux à l'aval du déversoir. La profondeur normale  $y_n$  (profondeur qui apparaît pour le débit évacué ( $Q_e$ ) et la pente  $I$  du chenal si l'écoulement était uniforme) se déduit de la formule de Manning Strickler.

Le type de bassin a été choisi en fonction du nombre de Froude ( $Fr$ ) et de la vitesse de l'eau à l'entrée du bassin  $v_1$ . Nous procéderons par la résolution d'un système d'équations issues de la relation de BERNOULLI pour déterminer le tirant d'eau  $y_1$  et la vitesse  $v_1$  à l'entrée du ressaut. Soit le système d'équation de la vitesse et du tirant d'eau ci-dessous.

Avec :

$$Q = k_s \frac{(y_n(b + my_n))^{5/3}}{(b + 2my_n)^{2/3}} \sqrt{I}$$

- $Q$  : le débit laminé ( $m^3/s$ )
- $k_s$  : le coefficient de rugosité du béton (75)
- $m$  : le fruit de berge des talus du bassin
- $b$  : la longueur du seuil (largeur du bassin)
- $y_n$  : le tirant d'eau normal
- $I$  : la pente du chenal (0,2%)

Le type de bassin a été choisi en fonction du nombre de Froude (Fr) et de la vitesse de l'eau à l'entrée du bassin  $v_1$ . Nous procéderons par la résolution d'un système d'équations issues de la relation de BERNOULLI pour déterminer le tirant d'eau  $y_1$  et la vitesse  $v_1$  à l'entrée du ressaut. Soit le système d'équation de la vitesse et du tirant d'eau ci-dessous.

$$v_1 = \sqrt{2g[0,9(H + h + \frac{v_0^2}{2g} - y_1$$

$$y_1 = \frac{Q}{l \times v_1} = \frac{q}{v_1} ; F = \frac{v_1}{\sqrt{g \times y_1}}$$

- $l$  : longueur du seuil déversant (m) ;
- $Q$  : le débit spécifique sur seuil
- $h$  : la lame d'eau sur le seuil ;
- $H$  : la hauteur libre du déversoir
- $y_1$  : le tirant d'eau à l'entrée du réseau ;
- $F$  : le nombre de Froude

#### 4.2.4.2.5. Chenal d'évacuation

Le chenal d'évacuation sert à canaliser les eaux à la sortie du bassin de dissipation vers le lit mineur. Le fond et les talus du chenal seront protégés afin de prévenir l'érosion du lit mineur. Il a été dimensionné en suivant les règles des écoulements hydrauliques à surface libre.

#### 4.2.4.3. Ouvrage de prise d'eau

Le barrage de Wilga étant à vocation agricole, un ouvrage de prise situé à l'aval en rive droite permettra le prélèvement d'eau pour l'irrigation d'une superficie de 10 ha pendant la saison sèche et pendant les poches de sécheresse en saison pluvieuse (irrigation d'appoint). La détermination du diamètre de cet ouvrage de prise s'est faite à partir de la formule de E.TORRICELLI. L'emplacement de la prise en rive droite s'explique par le fait qu'à cette position, elle domine mieux la terre cultivable et est à l'abri des courants d'eau issue du déversement. Comme hypothèse de calcul, nous avons retenu :

- Un temps de travail ( $T_w$ ) de 6 heures au maximum par jour ;
- Six (06) jours de travail ( $N_w$ ) par semaine ;

Etudes techniques de réalisation du barrage de Wilga dans la Commune de Toécé, Province du Bazèga, Région du Centre-Sud, Burkina Faso

- la côte de sortie est plus basse à celle de l'entrée de la prise

Le débit fictif a été calculé suivant la formule ci-dessous :

$$Q = \frac{BB \times 1000}{N \times NW \times TW \times 3600}$$

- Q : le débit fictif [l/s] ;
- BB : les besoins bruts mensuels [ $m^3$ ];
- N : le nombre de jour du mois.

Le diamètre de la conduite se déduit de la formule de Torricelli.

$$Q = CS\sqrt{2gh}$$

$$S = \frac{\pi D^2}{4}$$

h=côte PEN-côte à la sortie

- Q : le débit fictif [ $m^3/s$ ]
- C : Coefficient de contraction ;
- h : la charge de l'eau [m]
- S : la section de la conduite [ $m^2$ ]
- g : l'accélération de la pesanteur [ $m/s^2$ ]
- D : le diamètre de la conduite [m]

## 5. RESULTAT ET DISCUSSION

### 5.1. Choix de la zone d'étude

Le choix du site est étroitement lié à la faisabilité du projet. Il est, par nature, multicritères car l'ouvrage doit être à la fois constructible, durable, utilisable efficacement et bénéfique sur le plan socio-économique. Le choix définitif du site tient compte de tout un ensemble de paramètres techniques, environnementaux et humain.

### 5.2. Etudes topographiques

Le traitement du fond topographique mis à notre disposition par le bureau d'étude CAFI-B (Dossier d'étude avant-projet sommaire de réalisation du barrage de Wilga., CAFI-B, 2019), a permis d'obtenir les courbes hauteur-volume et hauteur-surface de la cuvette du barrage présentées dans le (Figures 6), entre les côtes 286,0 m et 291 m (Annexe 1).

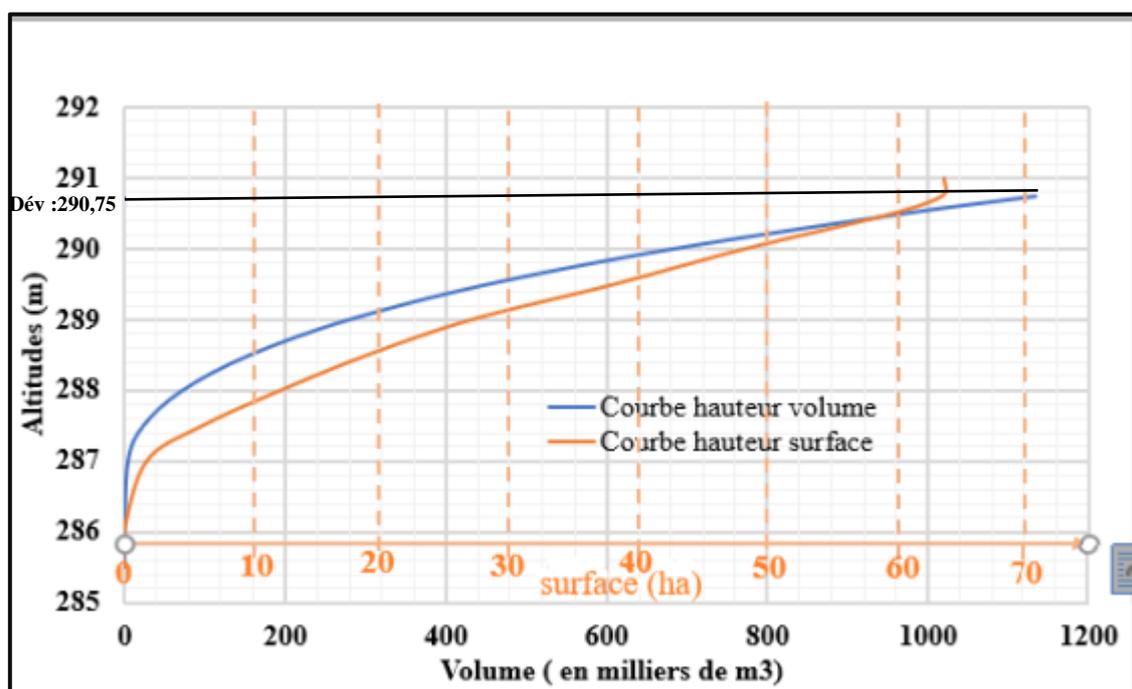


Figure 6: Courbes hauteur -surface et hauteur-volume

L'analyse du graphique montre une capacité de mobilisation de la cuvette d'au moins 1 000 000 m<sup>3</sup>. A la côte 290,75 m, la superficie du plan d'eau est estimée à 68 ha (figure 7) et le volume potentiel est d'environ 1 113 786 m<sup>3</sup>.

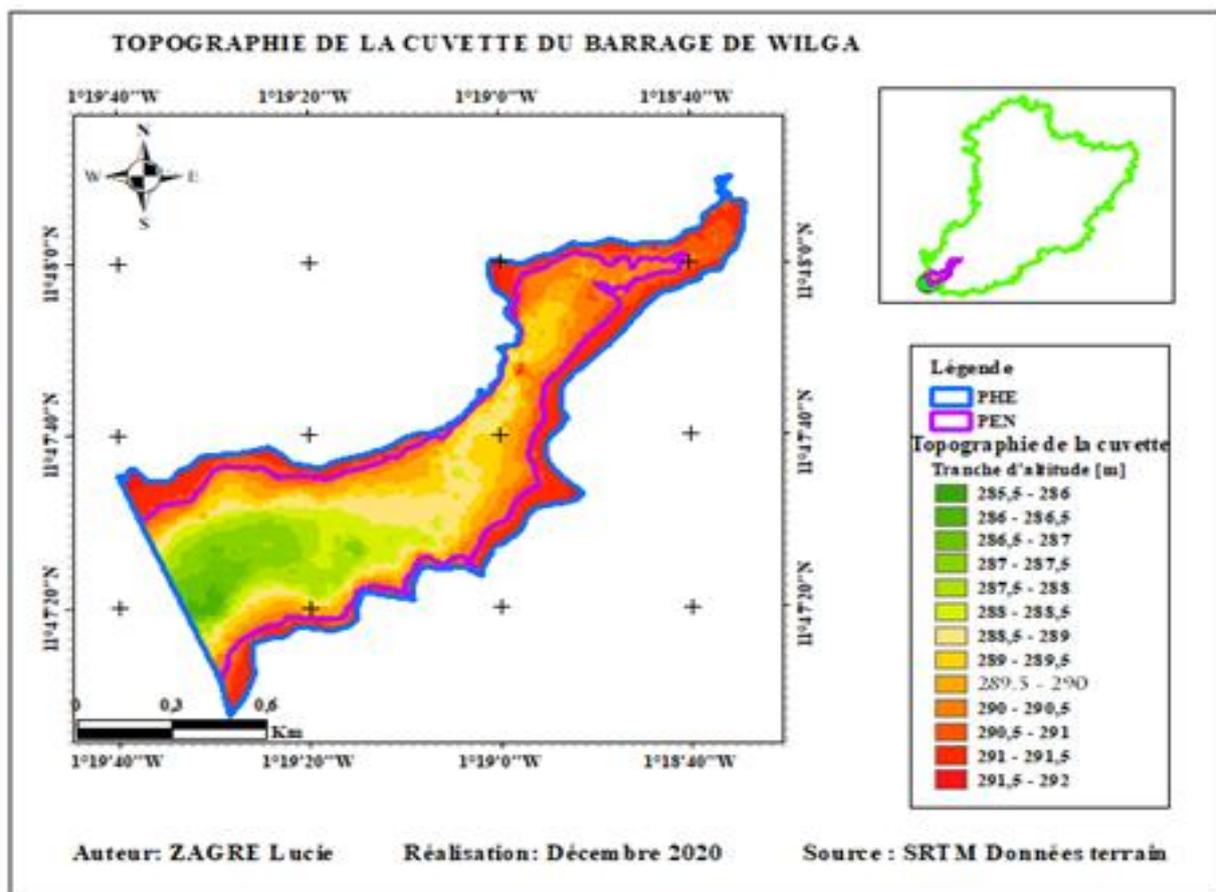


Figure 7: Topographie de la cuvette du barrage de Wilga

### 5.3. Etudes géotechniques

Dans le cadre de la construction du barrage de Wilga, un accent a été mis sur les études géotechniques. Ces études ont été réalisées par le bureau d'étude « CAFI-B » en collaboration avec le laboratoire du Bureau d'Etudes et de Contrôles des ouvrages Hydro agricoles et Annexes (BECOHA) qui a mis à notre disposition, sur recommandation de la DGIH (Dossier d'étude avant-projet sommaire de réalisation du barrage de Wilga., CAFI-B, 2019) les résultats obtenus. Ces études ont été menées en vue de définir les caractéristiques du sol de fondation dans l'axe prévu pour la digue du barrage et de définir les zones d'emprunts pour les matériaux de construction viables pour la mise en œuvre des différents ouvrages : digue, déversoir, ouvrages annexes. Les résultats des différentes analyses réalisées sur le site sont les suivantes :

#### 5.3.1. Sol de fondation de la digue du barrage

La fixation de la digue et l'étanchement de la fondation seront assurés par une tranchée d'ancrage ou la profondeur est en fonction du sol en place (nature et compacité) et de la charge

d'eau. Elle a pour profondeur 0,5 m à 3,5m en rives et de 3,5 à 4 m au droit du cours d'eau (Voir profil en long en annexe).

### 5.3.2. Zone d'emprunts

La zone d'emprunt d'argile qui a été identifiée dans la cuvette dégage 58 750 m<sup>3</sup> de matériau argileux, dispersif par endroits. La construction d'une digue à noyau avec recharge amont et aval en graveleux latéritique. Afin de parer au développement des pressions interstitielles dans le corps de digue et dans la fondation et empêcher la migration des fines particules du matériau argileux du noyau et celui de la recharge un dispositif de drainage est mise en place.

La zone d'emprunt de graveleux latéritique qui couvre 4 500 m<sup>3</sup> de matériau va servir à la recharge aval de la digue. Le compactage se fera par couches de 20 à 25 cm. Les indices de compactage doivent être supérieurs ou égaux à 95% de l'Optimum Proctor Normal.

### 5.3.3. Matériaux de construction

Le sable présent sur le site dans le lit du cours d'eau est en faible quantité. Donc on essaye de trouver le bon sable le plus proche possible et en quantité suffisante :

- Du sable situé à Manga à environ 40 km du site.
- Des carrières de gravier quartzique situé du côté de Manga à environ 40 km du site.
- Des carrières de moellons sont disponibles en quantités considérable du côté Est du village de TIMBOUE à environ 2 km du site.

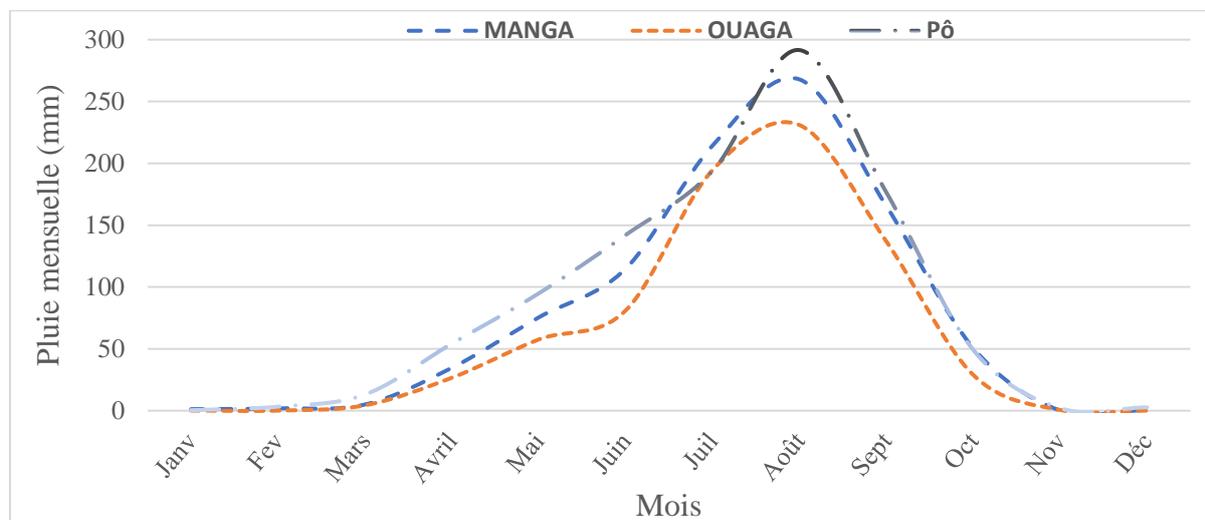
## 5.4. Etude pluviométriques

Dans cette étude, nous utilisons les données météorologiques des stations de Manga, de Ouaga et de Pô en vue de combler certaines données mensuelles manquantes de la station de manga. Pour ce faire, nous avons calculées les moyennes mensuelles de chaque station sur la période 1988 à 2017 (Tableau 9).

**Tableau 9: Pluies moyennes mensuelles de 1988 à 2017**

Mois	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
<b>Manga</b>	1,24	1,86	4,9	34,64	75,41	114,72	214,30	267,91	165,63	50,73	0,15	0,55
<b>Ouaga</b>	0,12	0,09	4,34	26,62	57,56	80,97	194,49	231,00	136,9	29,01	0,60	0,07
<b>Pô</b>	0,397	3,27	13,04	54,20	94,81	142,04	193,75	291,62	176,68	49,27	2,14	2,77
<b>Moyenne [Ouaga-Pô]</b>	0,26	1,68	8,6	40,41	76,19	111,51	194,1	261,31	156,8	39,14	1,37	1,42

Le tableau 9 traduit les valeurs de la moyenne mensuelle et obtenues à partir des différentes données météorologiques des stations de Manga, Ouaga et Pô.



**Figure 8: Evolution mensuelle moyenne de la pluviométrie de 1988 à 2017**

Les évolutions des moyennes mensuelles mettent en évidence deux phases principales :

- **D'Avril en Octobre**, on enregistre une installation des saisons pluvieuses suivi d'une évolution progressive de la pluviométrie. Les pics de la pluviométrie sont constatés au mois d'aout pour l'ensemble des trois stations suivies d'une décroissance de la pluviométrie jusqu'au mois d'Octobre.
- **De Novembre à Mars**, les pluies sont globalement absentes, sur tous les périodes de 1988 à 2017.

Tout au long de la saison pluvieuse on constate les quantités de pluies recueillies à Pô sont plus importantes que celle de Manga qui également à son tour sont au-dessus de celles de Ouagadougou cela s'explique par le positionnement des différentes stations dans les deux zones climatiques que sont la zone Soudano-Sahélienne et la zone soudanienne.

De ces constats, et partant des données manquantes et tenant compte de la résolution du problème des données manquantes de la station de Manga nous avons établi une corrélation annuelle séparé entre la station de Manga d'une part et celle de Ouagadougou, de Pô puis de la moyenne Ouagadougou-Pô d'autre part. Les figures donnent respectivement ces corrélations :

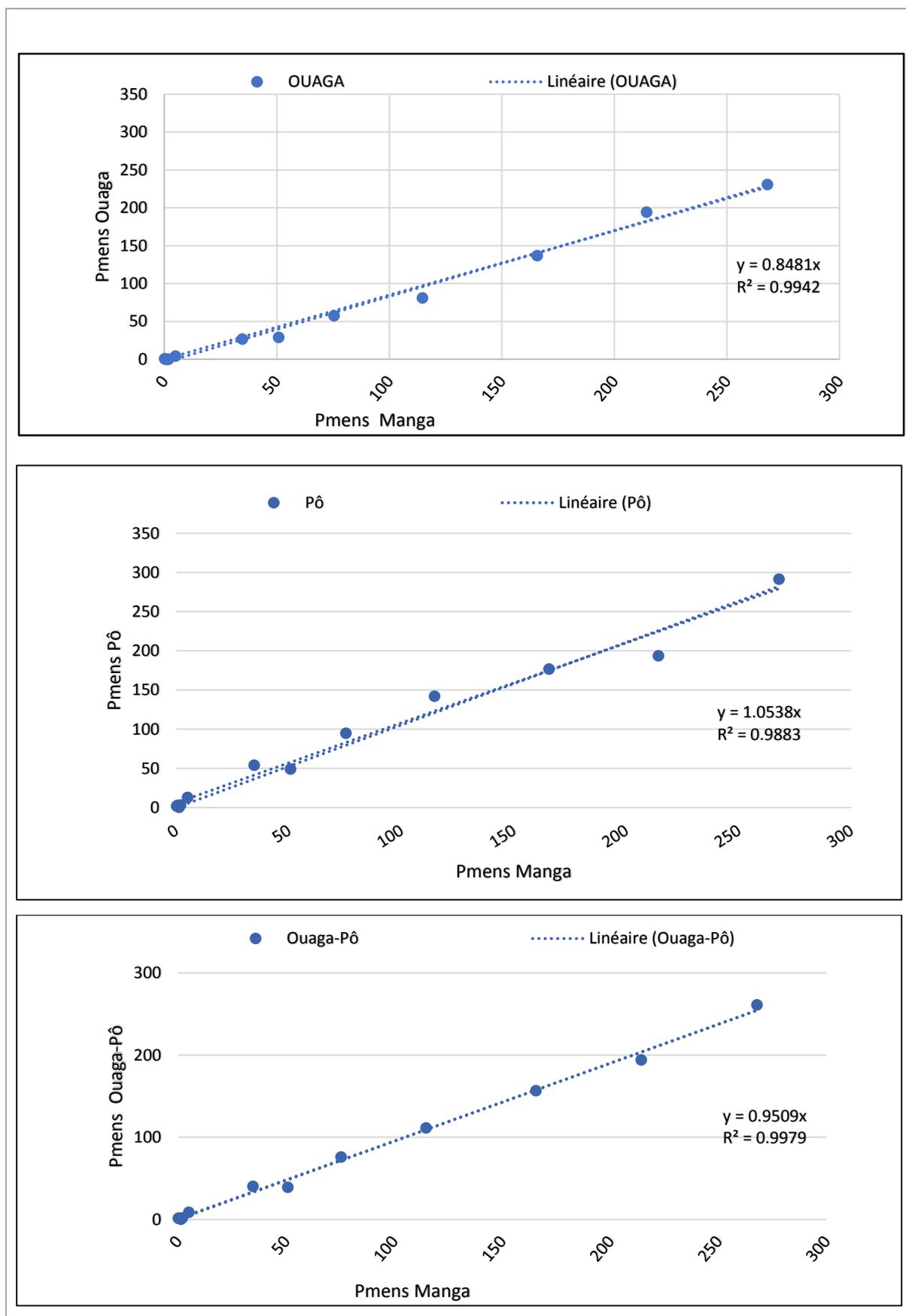


Figure 9: Graphiques de corrélation station-station

Nous obtenons à travers ces différentes représentations les courbes simulées de la pluviométrie annuelle de Manga, en fonction de celle de Ouagadougou et de celle de la moyenne de Ouagadougou-Pô.

Le tableau 10 ci-dessus résume les fonctions déduites de ces courbes et les Coefficient de détermination qui traduisent la qualité de l'ajustement.

**Tableau 10: Fonctions et valeurs de R-Square des stations étudiées**

Désignation	Ouagadougou	Pô	Ouagadougou-Pô
Fonction	$y = 0,8481x$	$y = 1,0538x$	$y = 0,9509x$
Coefficient de détermination	0,9942	0,9883	0,9979

Les trois stations sont fortement corrélées avec des coefficients de corrélations proches de 1 (0,9979 pour la moyenne Ouaga-Pô ; 0,9942 pour Ouaga et 0,9883 pour PÔ). La moyenne Ouaga-Pô présentant le meilleur coefficient de corrélation a été retenue comme station de référence, pour l'étude hydrologie dans la suite du travail.

#### 5.4.1. Caractéristique de l'échantillon

Les données de pluies utilisées de la station de Manga comblées après traitement sur la période allant de 1988 à 2017, se caractérisent comme suit (Tableau 11).

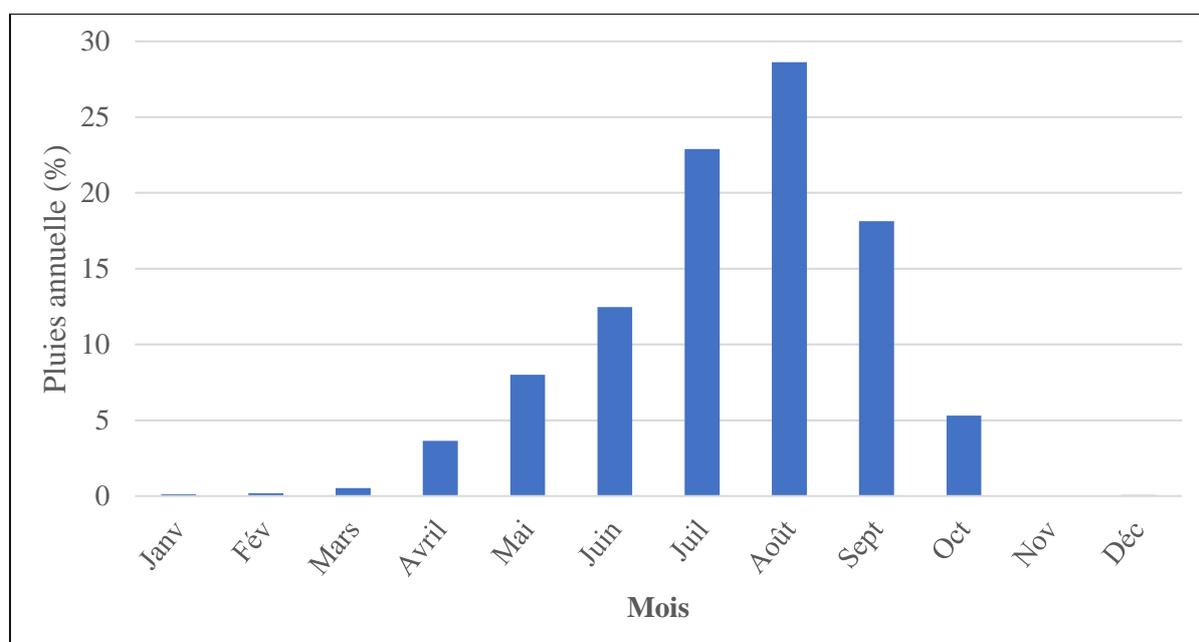
**Tableau 11: Caractéristiques des échantillons de pluie à la station de Manga**

Échantillons	Pluies annuelles	Pluies maximales journalière
Station d'observation	MANGA	
Taille de l'échantillon [an]	30	30
Période de mesure	1988 à 2017	
Valeur maximale [mm]	646,20	95,20
Valeur minimale [mm]	1361,6	41,50
Valeur moyenne [mm]	935,97	69,879
Valeur médiane [mm]	891	66,00
Ecart types [mm]	177,17	15,62
Coefficient de variation	0,18929	0,22352
Précision	95%	95%

L'analyse du tableau 12, montre la pluie moyenne annuelle qui sera utilisée dans le calcul des crues et apports est de 935,97 mm. On retient également une faible variabilité pour les cumules annuels par rapport aux pluies maximales journalières marquées respectivement par des coefficients de variation de 18% et de 22%.

#### 5.4.2. Répartition de la pluviométrie annuelle

L'analyse de la série de pluies annuelles montre que près de quatre-vingt-dix pour cent (90 %) des précipitations annuelles sont observées entre juin et septembre (Figure 10) correspondant à la saison des pluies. Cette dernière est généralement marquée par des postes de sécheresse et parfois des arrêts précoces de pluies et les cultures pluviales n'arrivent plus à terme (très faibles rendements). D'où la nécessité de réalisation du barrage afin d'aider les populations à compenser les mauvais rendements agricoles avec des cultures de contre-saison.



**Figure 10: Répartition de la pluie annuelle**

#### 5.4.3. Résultats de l'analyse fréquentielle

L'analyse statistique des deux séries (pluies annuelles et pluies maximales journalières) ont été estimées avec un intervalle de confiance dont le seuil de tolérance de (95%). (Tableau 12). Les données et les détails des résultats du traitement sont en Annexe 2

**Tableau 12: Synthèse de l'analyse fréquentielle de Wilga**

Période	Période de retour (année)	Pluie journalière maximale (mm)	Pluies moyenne annuelle (mm)
<b>Humide</b>	100	118,87	1348,2
	50	110,37	1299,9
	10	90,256	1163,0
	5	81,117	1085,0
Médiane	<b>2</b>	<b>67,313</b>	<b>935,97</b>
<b>Sèche</b>	5	57,054	786,89
	10	52,692	708,88
	50	46,237	572,03
	100	44,251	523,73

## 5.5. Etudes Hydrologique

L'étude hydrologique nous a permis de caractériser le bassin versant du barrage, ensuite de déterminer la crue de projet.

### 5.5.1. Caractéristique du bassin versant

#### 5.5.1.1. Limites et paramètres morphologiques du bassin versant

Le bassin versant du barrage de Wilga couvre une superficie de **67,62 km<sup>2</sup>** avec un périmètre évalué à **57,18 km**. Il se classe dans la catégorie des petits bassins (Figure 11).

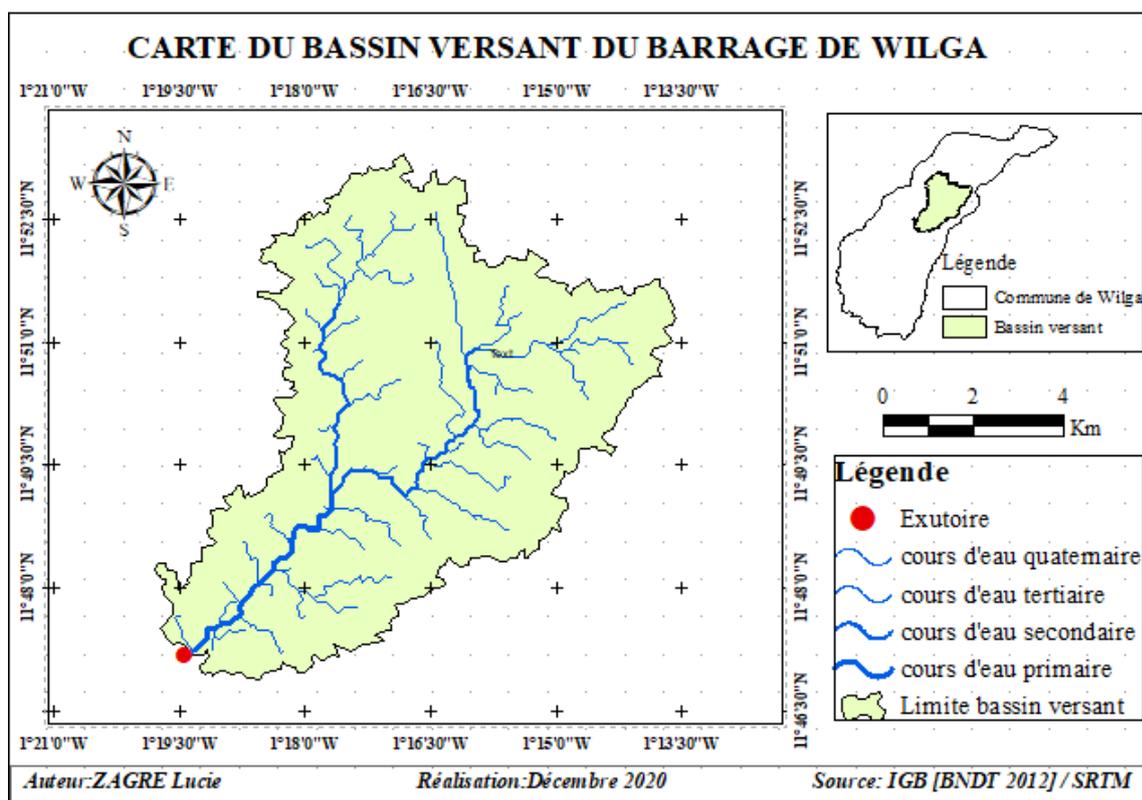


Figure 11: Carte du Bassin versant du Barrage de Wilga

#### 5.5.1.2. Hypsométrie du bassin

Le relief du bassin est de type modéré. La plus haute altitude enregistrée dans le bassin versant est de 351 m tandis que la plus basse est de 298,5 m. Les autres altitudes caractéristiques ont été déterminées à partir de la courbe hypsométrique qui illustre la répartition de la surface du bassin versant en fonction des altitudes (Figure 12).

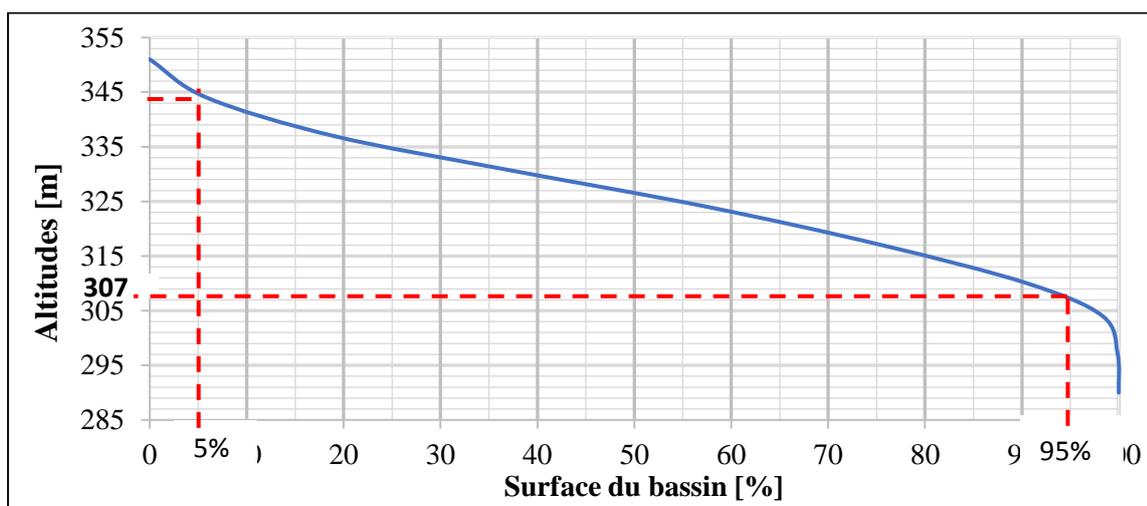


Figure 12: Courbe hypsométrique du bassin versant

La courbe hypsométrique du bassin versant nous renseigne que  $H_{5\%}=345$  m et  $H_{95\%}=307$  m

5.5.1.3. Principales caractéristiques du bassin versant

La synthèse des paramètres caractéristiques du bassin versant du barrage de Wilga se présente comme suit (Tableau 13).

**Tableau 13: Caractéristiques du Bassin versant du Barrage de Wilga**

Désignation	Symbole	Unité	Valeur
Indice de compacité	$I_c$	-	1,96
Longueur du rectangle équivalent	$L_{eq}$	Km	26
Altitude maximale	$Z_{max}$	m	351
Altitude minimale	$Z_{min}$	m	290
Altitude à 5% de la surface	Z (5%)	m	345
Altitude à 95% de la surface	Z (95%)	m	307
Altitude médiane	$Z_{méd}$	m	326,5
Indice de pente transversale	$I_t$	m/km	9.30
Indice globale de pente corrigée	$I_{g,cor}$	m/km	3,41
Pente longitudinale	$I$	m/km	2,036
Dénivelée spécifique	$D_s$	m	28,02
Longueur totale du cours d'eau	$L_c$	Km	149,47
Régime hydrologique (selon Rodier)	Tropicale sèche ( $P_{an} > 750mm$ )		

La caractérisation du bassin versant du barrage de Wilga nous a permis d'utiliser ArcGIS. Pour cela nous avons repéré les lignes de crêtes, tracer le bassin versant et repérer l'exutoire. Tout ces opérations nous ont permis de calculer certains paramètres du bassin versant à savoir :

L'Indice de compacité est de forme allongé car  $I_{comp} > 1$ , la longueur du rectangle équivalent qui est assimilable à la longueur du drainage, l'Indice globale de pente et la pente longitudinale caractérisent le relief du bassin versant, la pente moyenne qui va jouer sur le débit de pointe, les pentes transversales sont trop différentes et cela nous a permis de corriger l'indice global de pente, la dénivelée spécifique  $D_s$  est indépendante de la surface et nous a permis alors de comparer les bassins de tailles différentes.

#### 5.5.1.4. Classe de perméabilité du bassin versant

La dénivelée spécifique ( $D_s$ ) du bassin est comprise entre 50 et 100 m et d'après la classification des reliefs selon celle de l'ORSTOM, le bassin versant du barrage de Wilga se situe sur des sols ferrugineux cultivés avec relief faible et type modéré (R2).

Le substratum du bassin est composé de roches imperméables d'une part et perméables d'autre part. Ce contexte géologique montre que le bassin est sur une assise relativement imperméable et par conséquent, il est considéré comme bassin relativement imperméable (RI) (selon la classification de perméabilités des bassins versants de Rodier et Auvray, 1965).

#### 5.5.2. Prédétermination de la crue du projet

Le bassin versant de Wilga étant non jaugé, les méthodes ad hoc sont celles de prédétermination des débits de crue et des apports. Les deux méthodes ici employées sont les méthodes de CIEH et ORSTOM.

##### 5.5.2.1. Crue décennale

Les résultats de calcul du débit décennal ainsi que les paramètres suivant les méthodes annoncées plus haut sont consignés dans le Tableau.

**Tableau 14: Résultats de calcul de la crue décennale**

Désignation	Symbole	Unité	Valeurs
Surface	S	$[K_m^2]$	67,62
Pluviométrie annuelle	$P_{an}$	$[mm]$	936
Pluviométrie journalière décennale	$P_{10}$	$[mm]$	90
Pluies journalière centennale	$P_{100}$	$[mm]$	119
Indice global de pente	$I_g$	$[m/K_m]$	3,17

Etudes techniques de réalisation du barrage de Wilga dans la Commune de Toécé, Province  
du Bazèga, Région du Centre-Sud, Burkina Faso

Coefficient d'abattement	A	-	0,78
Coefficient de ruissellement décennal (ORSTOM)	$K_{r10}$	[%]	22,64
Coefficient de ruissellement décennal (CIEH)		[%]	23,49
Temps de base de la crue	$T_{b10}$	min	1703,68
Temps de montée de la crue	$T_{m10}$	min	561,99
Coefficient de pointe de la crue décennale	$\alpha_{10}$	-	2,6
Coefficient de majoration du débit	m	-	1,045
Crue décennale par la méthode ORSTOM	$Q_{10}$		28,50
Crue décennale par la méthode de CIEH	$Q_{10}$	$m^3/s$	48,46
Crue décennale retenue méthode			<b>48,46</b>

Pour l'analyse pluviométrique nous avons utilisées les données de la station de manga sur une période de 30 ans, cela nous ont poussé à faire une analyse fréquentielle des pluies maximale journalière qui est le facteur principale des inondations pour cela nous avons fait un ajustement à la loi de Gumbel pour déterminer les paramètres de la loi. La validation de la loi a été faite avec un intervalle de confiance de 95%. une fois la loi validée nous avons calculer les différentes quantiles, le temps de base ,temps de montée ,le coefficient de ruissellement décennale nous a permis de déterminer la crue decennale. La crue décennale a été obtenue par la méthode de ORSTOM et celle de CIEH. La méthode de crue centennale à été obtenue en multipliant la crue décennale par la coefficient majorateur C avec la méthode de GRADEX.

#### 5.5.2.2. Crue du projet

Suite aux évènements exceptionnel et sur recommandation du service de contrôle au Burkina Faso, les autorités et s'orienter vers une période de 100 ans pour ce type de barrage. Les résultats de calcul de la crue centennale, considérée comme crue de projet, sont résumés dans le tableau.

**Tableau 15: Synthèse des résultats de la crue du projet.**

Désignation	Débit décennal $Q_{10}(m^3/s)$	Coefficient de gradex C	Débit centennal $Q_{100}(m^3/s)$	Débit du projet $Q(m^3/s)$
Valeur	48,46	2,46	120	120

La crue de projet est l'un des paramètres essentiels dans la réalisation d'un barrage en tenant compte de la sécurité de l'ouvrage et les localités situées sur le bassin versant. L'estimation de la crue du projet est laissée au choix à l'appréciation du projecteur et une bonne maîtrise de la zone d'étude.

L'utilisation des deux méthodes **ORSTOM** et **CIEH** nous a permis d'avoir respectivement les valeurs  $K_{r10}$  est égale à 22,56 % et 23,49%, pour le cas de notre bassin versant qui est relativement imperméable.

#### 5.5.2.3. Hydrogramme de crue

L'hydrogramme de crue renseigne sur le débit maximum de la crue (120 m<sup>3</sup>/s) et le débit de discontinuité (76,53 m<sup>3</sup>/s) qui indique le changement de pente lors de la décrue (Figure).

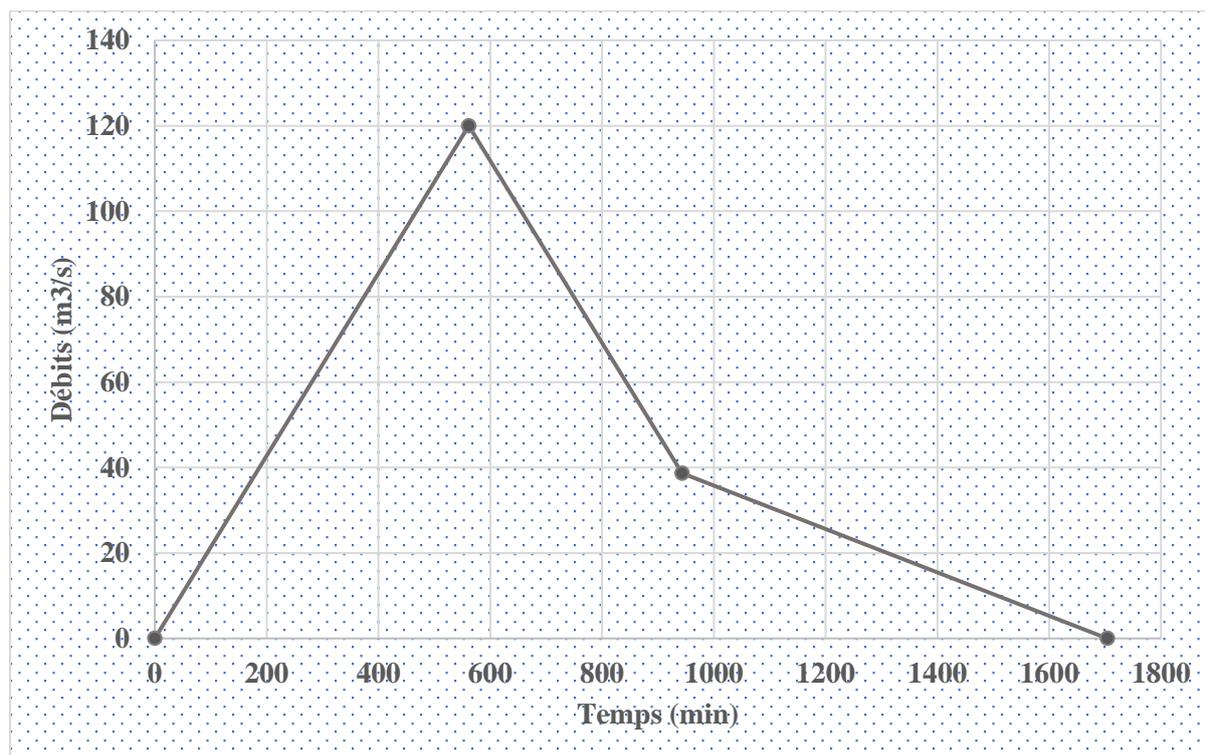


Figure 13: Hydrogramme de crue

#### 5.5.2.4. Crue de rupture de la digue

La crue de rupture estimée pour les dimensions du barrage de Wilga est de 617 m<sup>3</sup>/s soit près de cinq (05) fois la crue du projet (120 m<sup>3</sup>/s).

## 5.6. Etude de la cuvette du barrage

### 5.6.1. Evaluation des besoins

Les besoins (Agricole, humaine et pastorale) en eau sont évalués à 249 838 m<sup>3</sup> (Tableau 16) entre novembre et Avril correspondant à la période d'exploitation du barrage sans apports. Une simulation qui consiste à donner l'état de la réserve au début et en fin de chaque période, a été

faite pour aboutir à une superficie exploitable de 10 ha à partir de laquelle les besoins agricoles ont été évalués. La synthèse des résultats sont présentés dans le tableau 16.

**Tableau 16: Synthèse des besoins en eau**

Besoins	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Total
<b>Agricoles (m<sup>3</sup>)</b>	250	14237	24173	27973	30909	19152	116 664
<b>Pastoraux (m<sup>3</sup>)</b>	14640	15128	15128	13664	15128	14640	29 468
<b>Humains (m<sup>3</sup>)</b>	4170	4309	4309	3892	4309	4170	103 456
<b>Total (m<sup>3</sup>)</b>	19 060	33 674	43 610	45 529	50 346	37 962	249 838

#### 5.6.2. Evaluation des pertes

L'estimation des pertes par infiltration et évaporation entre le mois de Novembre à Avril au niveau de la retenue a conduit aux résultats dans le tableau et les pertes dues aux dépôts solides dans le tableau ci-dessous.

**Tableau 17: Synthèse des pertes infiltrations et évaporation**

Mois	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Total
<b>Evlac (mm)</b>	173	179	185	186	218	211	1152
<b>Infiltration (mm)</b>	75	78	78	70	78	75	453
<b>Total (mm)</b>	248	256	263	256	296	286	1604

**Tableau 18: Evaluation des dépôts solides**

Formule	Dégradation spécifique D(m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup> /an )	Volume de Sédiment V(m <sup>3</sup> /an)
<b>GRESILLON</b>	115,6	7818,6
<b>GOTTSCHALK</b>	170,6	11535,6
<b>KARAMBIRI</b>	72,8	4920,2
<b>Formule retenue</b>	73,0	4936,3

Les résultats obtenus avec un ensemble de formules permettant d'évaluer de manières plus ou moins fiable l'importance des apports solides est celle de (KARAMBIRI, 1998) du fait que son élaboration est faite en grande partie sur la recherche, sur les retenues du BURKINA relativement proches. La moyenne de KARAMBIRI a été considérée pour estimer le volume de dépôts solides à l'horizon du projet. Ce qui donne 4936 m<sup>3</sup> de sédiment par an en moyenne soit environ 148 000 m<sup>3</sup> de sédiment à l'horizon du projet correspondant à la cote 288,4 m.

### 5.6.3. Evaluation des apports liquides

Pour éviter un surdimensionnement et coûteux, il est important de connaître les apports annuels qui vont permettre de dimensionner des réservoirs adaptés aux conditions hydrologiques du bassin versant. A cet effet, la méthode de Rodier a été retenue pour la détermination des apports annuels du bassin versant de Wilga. Il s'agit d'estimer en volumes les apports d'eau du bassin versant enfin de s'assurer du remplissage de la retenue, méthode basée sur le principe de bassin type pour évaluer les écoulements annuels des bassins versants appartenant au sahel africain ou à la zone tropicale sèche. (RODIER 1975). Les apports liquides sont reportés sur le tableau 19. Pour la mise en œuvre de l'aménagement agricole en aval de la retenue, la simulation est fait avec la valeur obtenue en année décennale sèche.

**Tableau 19: Résultat de l'évaluation des Apports liquides en période sèche**

Désignation	Annuelle	Quinquennale	Décennale
Pluviométrie (mm)	936	787	709
Superficie du bassin versant (Km2)	67,62	67,62	67,62
Coefficient d'écoulement Ke (%)	18	10,3	7,6
Apport liquide (m3)	11 392 198	5 480 579	3 643 019

En année Décennale sèche l'apport liquide du bassin de Wilga atteint 3 643 019 m<sup>3</sup>, qui couvre largement les volumes des besoins de l'année.

### 5.6.4. Simulation de l'exploitation et calage du PEN

A l'issue de la simulation nous constatons que les besoins en eau des populations et les pertes au niveau de la cuvette de novembre à Avril et en tenant compte des apports liquides du bassin, le plan d'eau normale (PEN) est calé à la côte 290,75 m. Après simulation de l'exploitation de l'ouvrage avec l'hypothèse que le dernier remplissage du barrage est observé le 1<sup>er</sup> Novembre, la cote du plan d'eau à la fin de campagne de contre saison (fin Avril) est de 288,6 m. L'exploitation du barrage est représentée par la figure 12 ci-dessous.

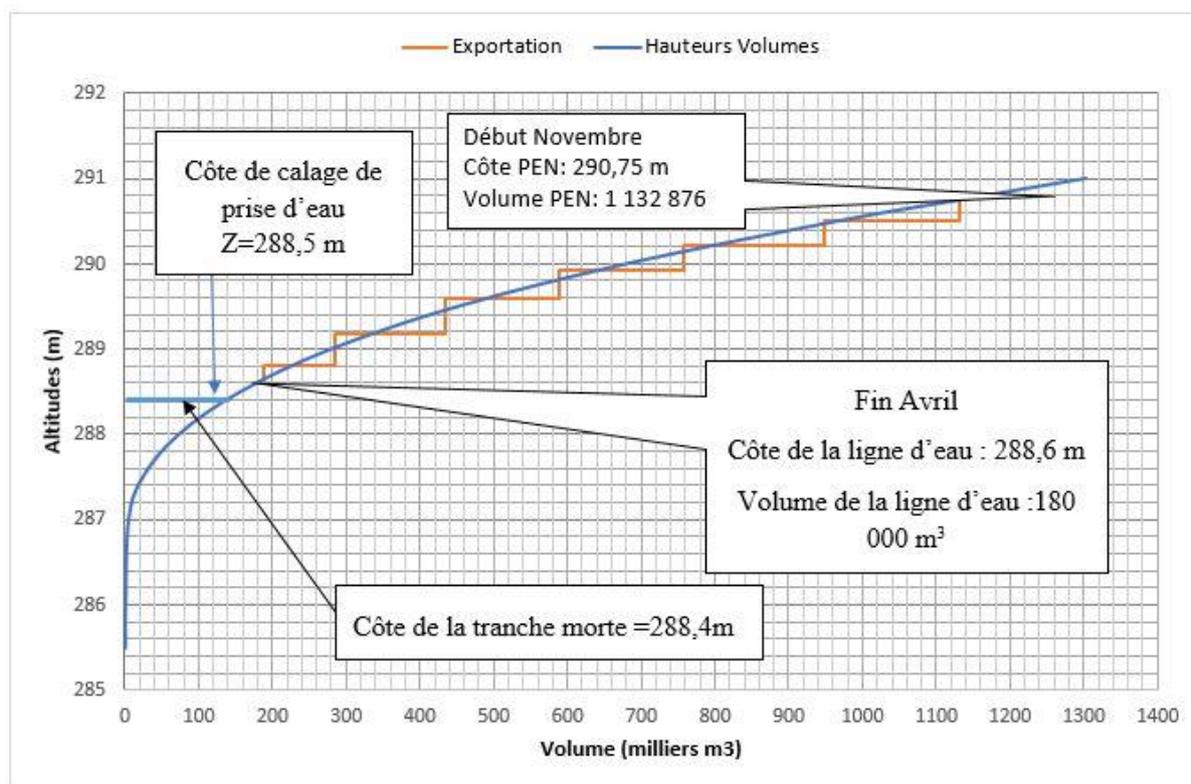


Figure 14: Courbe d'exploitation

#### 5.6.5. Synthèse des résultats

La vérification de l'adéquation de la capacité de la retenue avec les besoins en eau, la courbe d'utilisation de la retenue permet d'optimiser la gestion de la retenue et le choix des spéculations culturales. La capacité de stockage de la retenue au PEN est de 1 132 786 m<sup>3</sup> environ et la superficie du plan d'eau est de 68 ha. Avec ce volume, les apports sont suffisants pour assurer le remplissage de barrage de l'ouvrage en année normale, en année quinquennale sèche même en décennale sèche. Le niveau de remplissage du barrage sera de l'ordre de 90% en année décennale sèche.

La simulation de l'exploitation de l'ouvrage, ressort que la capacité de stockage du barrage ne permet pas d'irriguer plus de 10 ha pour le maraichage entre Novembre à avril. Le volume d'eau dans la cuvette passe de 1 132 786 m<sup>3</sup> en début Novembre à 180 000 m<sup>3</sup> en fin Avril correspondant à la côte 288,6 m soit à 20 cm au-dessus du niveau de l'envasement (288,4 m).

## 5.7. Conception et dimensionnement du barrage

### 5.7.1. Description générale du barrage

Le barrage prévu sur le site de Wilga sera constitué des principaux ouvrages suivants :

- ✓ une tranchée d'ancrage ;
- ✓ une digue à noyau ;
- ✓ un évacuateur de crues ;
- ✓ un ouvrage de prise et de vidange ;
- ✓ une échelle limnométrique.

### 5.7.2. Etude de la digue

Pour dimensionner la digue et déterminer les caractéristiques de ses matériaux, il est essentiel de savoir quel type de barrage nous avons à faire.

#### 5.7.2.1. Caractéristique de la digue

La digue du barrage de Wilga est en terre zonée du fait de l'hétérogénéité des terres de la zone d'emprunt. En revanche, on construit une digue en plusieurs zones constitués de matériaux différents chacune jouant un rôle spécifique. Le rôle de l'étanchéité est assuré par le noyau et les recharges permettent de stabiliser le barrage. Vu l'importance de noyau pour l'étanchéité, on impose en général des argiles avec des spécifications précise surtout en termes de perméabilité ( $<10^{-7}$  m/s). Pour les filtres, ils doivent protéger le noyau. Les principales caractéristiques de la digue sont regroupées dans le Tableau 21.

Le noyau étanche est implanté en position centrale du remblai et la crête à la côte 191,45 m correspondant à la côte PHE. Par rapport aux dimensions du noyau, la largeur au sommet (l) est de 3,0 m pour permettre le passage des engins de compactage mais aussi par des raisons d'étanchéité. Avec une hauteur H de 4,5 m environ, la largeur à la base (L) du noyau est prise égale à 6,0 m.

La stabilité des talus est assuré avec des pentes de 1V/2,5H aussi bien en amont qu'en aval. La vérification de la stabilité des pentes avec la méthode de Bishop donne des coefficients de sécurité supérieure à 1,5 dans le cas où la retenue est vide ou pleine (Annexe).

**Tableau 20: Principale caractéristique de la digue**

<b>Paramètres</b>	<b>Valeurs</b>
<b>Corps du remblai</b>	
Côte au Plan d'Eau Normal (PEN) [m]	290,75
Hauteur de la retenue au plan d'eau normal [m]	4,75
Revanche libre [m]	0,55
Revanche totale [m]	1,25
Hauteur de la digue[m]	6,00
Largeur en crête de la digue	4,00
Hauteur maximale de la digue	6,20
Cote crête de la digue	292,20
Largeur en base de la digue	34,00
Longueur totale de la digue sans le déversoir	948
Pentes de talus aval et amont	1V/2 ,5 H
Perméabilité du matériau argileux du remblai de la digue	$1.7.10^{-8}$
<b>Noyau</b>	
Cote du noyau [m]	291,45
Cote du PEN [m]	290,75
Hauteur maximale [m]	4,5
Largeur en crête [m]	3,0
Largeur en base [m]	6,0
<b>Protection de la Digue</b>	
Epaisseur de la couche de couronnement(m)	0,20
Epaisseur de protection des talus aval et amont (m)	0,50
Dimensionnement des murets de crête [m]x[m]	1mx 0,50m
<b>Drain</b>	
<b>Epaisseur du drain[m]</b>	0,50
<b>Longueur du drain (4,5+14) [m]</b>	18,5
<b>Perméabilité du drain en matériau sableux [m/s]</b>	$10^{-5}$
<b>Tranchée d'encrage</b>	
Largeur en base [m]	3,5
Pente du talus aval et amont	3V/1H

#### 5.7.2.2. Protections de la digue

L'effet de battillage contribue à éroder les talus de la digue. Ce phénomène peut à la longue provoquer des fissurations et permettre une infiltration non contrôlée de l'eau à travers la digue. Pour pallier à cela, des dispositifs de protection des talus et la crête de la digue seront prises.

##### 5.7.2.2.1. Protections des talus

Les talus amont et aval seront protégés avec du perré sec (enrochement de moellons latéritiques ou granitiques) de 0,30 m d'épaisseur. Ils seront soigneusement rangés à la main et destinés à éviter que les matériaux de la digue ne soient érodés par les vagues ou les eaux de ruissellement. Les enrochements seront posés sur une couche de pose de 10 cm d'épaisseur qui jouera en même temps le rôle de filtre de protection du remblai de la digue. Du côté amont, le perré sera bloqué par une butée de pied amont de forme triangulaire (largeur en gueule de 1,5 m pour une profondeur de 0,50 m de profondeur). Quant au talus aval, en plus de la protection avec le perré sec, un drain de pied sera aménagé au pied du talus pour collecter des eaux pluviales et les eaux d'infiltration en provenance du corps de la digue. Il sera revêtu en enrochement soigneusement rangés à la main. C'est un ouvrage triangulaire comme la butée de 1,50 m de largeur en gueule et 0,50 m de profondeur.

##### 5.7.2.2.2. Protection de la crête de la digue

La crête de la digue sera protégée par un revêtement latéritique de 20 cm d'épaisseur et des murets parapets de 50 cm\*50 cm. Elle aura une pente de 3% vers l'amont pour permettre le ruissellement des eaux des pluies dans la cuvette à travers des barbicanes (Tuyaux PVC, DN50) placé dans le muret parapet (les barbicanes auront espacement de 10 m) et éviter la stagnation d'eau sur les crêtes.

#### 5.7.3. Etude de l'évacuateur de crue

##### 5.7.3.1. Caractéristique du déversoir

Compte tenu de l'expérience dont dispose les techniques de petits barrages en matière de petits barrages, nous avons retenu un déversoir-radier, cela permettra de faciliter la communication entre les quartiers situés sur les deux rives du cours d'eau sur lequel le barrage sera construit. Le déversoir sera en position centrale, ce qui permet d'utiliser le lit naturel comme chenal d'évacuation des crues. Cette position s'explique par la topographie du terrain et de restituer le lit du cours d'eau.

**Tableau 21: Caractéristiques géométriques de l'évacuateur de crue**

Désignation	Valeurs
Longueur en base [m]	100
Revanche totale [m]	1,45
Pente des rampes [%]	8
Longueur des rampes [m]	18
Longueur en gueule [m]	136

#### 5.7.3.2. Etude de la stabilité du déversoir

Le déversoir étant une continuité de la digue avec une taille plus réduite est soumis aux mêmes calculs de glissement. Cependant les études de stabilité permettent de vérifier que la structure d'ensemble résiste aux phénomènes de renversement et de glissement sous l'action des sollicitations extérieures ainsi que l'adéquation des pentes de talus. Le déversoir étant de type radier submersible, il sera couvert avec une dalle en béton armé afin d'éviter l'érosion sous l'effet de l'eau évacuée. Ces dalles en béton armée seront ferrillées avec des aciers forfaitaires (HA14 espacé de 20 cm pour les aciers principaux et HA12 espacé de 20 cm pour les aciers de répartitions).

#### 5.7.3.3. Bassin de dissipation

Il s'agit d'un bassin à ressaut de type II selon la classification de l'USBRE et permet de passer d'un régime d'écoulement torrentiel à un régime fluvial correspondant aux conditions d'écoulement dans le lit de restitution. IL est muni de blocs de chutes, de blocs chicanes et un seuil terminal. Quelques dimensions caractéristiques retenues pour le bassin de dissipation sont consignées dans le Tableau 23. Les détails de calcul du bassin sont joints en Annexe du présent document

**Tableau 22: Dimensionnement du bassin de dissipation**

Bassin de dissipation				
Longueur	Type	Tirant d'eau normale $y_n$	Largeur	Enfoncement D
100 m	II	0,50 m	4	1
Blocs de chute				
Hauteur $h_1$		Largeur en Base $b_1$	Espacement $e_1$	
15 cm		15 cm	15 cm	
Blocs de chicane				
Hauteur $h_2$	Pente	Epaisseur en crête	Largeur	Espacement $e_2$
25 cm	1/1	5 cm	20 cm	20 cm

#### 5.7.3.4. Chenal d'évacuation

Le chenal de restitution situé immédiatement à la sortie du bassin de dissipation permet de restituer les eaux de déversement directement dans le lit du cours d'eau à l'aval.

Le chenal aura une longueur de 30,00 m (y compris le bassin de dissipation) afin d'avoir un parcours d'écoulement assez long et une largeur de 136 m, égale à la longueur du déversoir.

Il sera protégé par quatre couches de gabion de 2 x 1 x 0,50 sur toute la largeur du déversoir. Les gabions sont bloqués par un muret en béton ordinaire de 0,30 m d'épaisseur et 1,00 m de profondeur.

#### 5.7.4. Ouvrage de prise /vidange

On placera sous la digue au profil 35 à la cote d'entrée 288,5 m, en rive droite, un ouvrage de prise ou de vidange avec un système de vanne à l'aval dont la fonction est de prélever l'eau ou vider la retenue pour la surveillance, l'entretien et les réparations du barrage et de ses ouvrages annexes ou en cas de danger ou de nécessité.

De l'amont vers l'aval, l'ouvrage de la vidange se compose de :

- un bac de réception amont en béton armé fermé par une grille à mailles serrées de fabrication locale en fer T12 avec cadenas et muni d'un escalier de descente en fer D12 ;
- une conduite de diamètre D400 en fonte traversant le corps de digue et enrobée dans un massif en béton ordinaire de 0,20 m d'épaisseur et dont les différents éléments seront joints par des brides boulonnées. La conduite sera protégée à l'amont par une crépine fabriquée sur place avec du fer D10. Au milieu de la digue, deux écrans anti-renard en béton armé sont prévus pour renforcer l'étanchéité et éviter les percolations préférentielles le long de la conduite. La conduite est long de sera de 29,0 m et sera inclinée de à 0,5% vers l'aval afin de faciliter les écoulements de l'eau.
- un bac de réception aval en béton armé comprenant une chambre de vanne, une chambre de réception, un mur à impact également en béton armé destiné à briser l'énergie de l'eau et deux échelles de descente en fer D12. La chambre des vannes sera fermée par une grille de fabrication locale en fer T12 avec cadenas. Les détails de calculs sont consignés en Annexe7.

Les caractéristiques de l'ouvrage de prise sont récapitulées dans le tableau suivant :

**Tableau 23: Caractéristique de l'ouvrage de prise.**

Position par rapport au déversoir	Côte TN (m)	Côte entrée bac amont (m)	Côte digue (m)	Hauteur digue (m)
droite	286,50	292.20	290.75	4.00

**Tableau 24: Calcul du diamètre de la conduite par rapport au temps de vidange**

Volume V (m <sup>3</sup> )	Nombre de Jours (Nj)	Débit Q (m <sup>3</sup> /s)	Diamètre théorique Dth (mm)	Diamètre nominal DN (mm)
1 132 786	30	0.45	334.80	400

#### 5.7.5. Tranchée d'ancrage

Pour assurer l'étanchéité de la fondation du barrage, la tranchée d'ancrage du barrage de Wilga sera remblayée en matériau étanche, afin de lutter contre les lignes préférentielles d'infiltration le long de la fondation. Le calcul de la tranchée s'est fait suivant la règle de LANE juxtaposée aux données géotechniques. Ainsi donc les coefficients de LANE en fonction de la nature du sol sont les suivants : C= 3 en lit mineur et C= 2,5 en rive gauche et rive droite.

En fonction de ces informations la profondeur minimale est calculée à travers la formule suivant :

$P_{\min} = \frac{CH - \frac{L_h}{3} - L_v}{2}$	<p>Avec</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- P<sub>min</sub> : Profondeur minimale d'ancrage (m)</li> <li>- C : coefficient de LANE</li> <li>- L<sub>h</sub> : Longueur des chemine</li> </ul>
---	--

Enfin de faciliter la mise en œuvre par les engins de chantier, la tranchée d'ancrage sera de forme trapézoïdale, avec comme pente de talus 1H/3V. Les profondeurs obtenues varient pour une clé d'ancrage (largeur en gueule) de 3,5 m.

#### 5.7.6. Période de retour

Selon les recommandations sur le comité français des grands barrages dans le sens de la sécurité (Petit Barrage : Recommandation pour la conception, la réalisation et le suivi, CFGB, 2002), le choix de la durée de retour de la crue de projet en fonction des cas suivants

**Tableau 25: Période de retour**

$H^2\sqrt{V}$	< 5	5 à 30	30 à 100	100 à 700	> 700
<b>Période de retour</b>	100	500	1000	5000	10000

Dans notre cas le volume du barrage est de **1 132 786 m<sup>3</sup>**, avec une hauteur de 6 m, soit un ratio  $H^2\sqrt{V}$  est égal à 45. Une crue de **1000** ans est donc recommandée. Mais de façon pratique, nous y avons préféré une crue centennale pour les questions de coût.

### 5.8. Comparaison des résultats obtenus avec ceux du bureau d'étude

**Tableau 26: Comparaison des résultats avec ceux du bureau d'étude**

Désignation	Résultats		Commentaires
	Obtenus	Bureau	
<b>Station</b>	Manga	Manga	
<b>I. PLUVIOMETRIE</b>			
Pluie moyenne annuelle (Pan) [mm]	936	908	Les données de précipitation de la station la plus proche ont été utilisées pour combler les vides de notre station de référence. Les différences de résultats notées peuvent être dues aux données de bases : nous les avons corrigés et complétés contrairement au bureau d'étude.
Pluie annuelle quinquennale sèche [mm]	786,9	772	
Pluie annuelle décennale sèche [mm]	708,9	701	
Pluie journalière décennale humide (P10) [mm]	90	116	
Pluie journalière centennale humide (P100) [mm]	119	169	
<b>II. DEBIT DE CRUE CARACTERISTIQUES</b>			
Débit de crue centennale (crue de projet) [m <sup>3</sup> /s]	120	164	Par rapport au débit de crue du projet le bureau d'étude a utilisé les données de la station de Ouagadougou en lieu place de station de référence. Cependant, le débit de crue obtenu étant plus

			élevé, cette erreur ne jouera pas sur la sécurité de l'ouvrage mais sur son cout.
<b>III. APPORT LIQUIDES</b>			
Apport d'eau annuel en année moyenne [m <sup>3</sup> ]	11 392 198	11 335 739	L'utilisation des données d'une autre que la station de référence par le bureau d'étude pourrait justifier ces écarts. Cette erreur conduit à une sur estimation des apports liquides en période sèche.
Apport d'eau quinquennale sèche [m <sup>3</sup> ]	5 480 579	6 746 513	
Apport d'eau annuel décennale sèche [m <sup>3</sup> ]	3 643 019	4 375 745	
<b>IV. CARACTERISTIQUES DES OUVRAGES DU BARRAGE</b>			
<b>IV.1 DIGUE</b>			
Type	Terre zonée	Terre homogène	
Longueur (Déversoir compris) [m]	948	949,29	
Côte crête [m]	292,20	292	
Largueur crête [m]	4	5	Le bureau d'étude a adopté une valeur sans justification.
Hauteur maximale [m]	6	5,15	
Pente talus amont et aval	2,5H/1V	2H/1V	
Protection talus amont	Perré sec	Perré sec	
Protection talus aval	Perré sec	Perré sec	

### 5.9. Disposition d'auscultation et surveillance du barrage

Par auscultation, il faut comprendre le dispositif de sécurité, de surveillance et d'entretien du barrage. Le dispositif retenu est celui du niveau d'eau dans la retenue et du niveau de la nappe à l'aval de la digue. Il est composé d'échelles limnométriques et de piézomètres. Les éléments d'échelle sont fixés sur le talus amont de la digue au niveau de la prise.

### **5.10. Notice d'impact environnementale et social**

La gestion des impacts environnementaux et sociaux est régie par le décret 2015-1187 du 22 octobre 2015 qui à son article 4 classe les travaux, ouvrages, aménagements et activités susceptibles d'avoir des impacts significatifs ou indirect sur l'environnement en trois (03) catégories :

- Activités soumises à une étude d'impact environnemental et social (EIES) ;
- Activités soumises à une notice d'impact environnemental et social (NIES) ;
- Activités faisant l'objet de prescription environnementales et sociales

Suivant les dispositions de ce décret, les travaux projetés sont classés dans la catégorie « B » des projets soumis à la réalisation d'une Notice d'Impact Environnemental et Social (NIES). Cette notice vise à fournir toutes les indications de nature à permettre une appréciation globale des incidences environnementales du projet. C'est dans ce cadre que les impacts potentiels ont été identifiés (Tableau 27). Ces impacts ont fait l'objet d'analyse suivant la fiche d'évaluation de FECTEAU (Tableau 28). Cette analyse est assortie d'un plan de Gestion Environnementale et Sociale (PGES) dont la mise en œuvre permettra d'atténuer les impacts négatifs et optimiser les impacts positifs du projet. Il comprend entre autres les mesures d'atténuation et d'optimisation proposées, les acteurs de mise en œuvre, les indicateurs de suivi ainsi que l'estimation sommaire du coût des mesures proposées. Analyse proprement dit des impacts du projet de réalisation du Barrage et le PGES sont jointes en Annexe. Il a permis de voir que les impacts du projet de réalisation du Barrage et le PGES sont joints en Annexe 8. Il a permis de voir que les impacts négatifs existent sur l'environnement du projet mais sont d'importance mineure dans l'ensemble. Toutefois, des mesures d'atténuation sont proposées en vue d'améliorer la valeur ajoutée du projet sur les populations riveraines et sur l'environnement du barrage en général.

**Tableau 27: composante du milieu récepteur susceptible d'être affectée**

PHASE DU PROJET	ACTIVITES SOURCES D'IMPACT	COMPOSANTE U MILIEU RECEPTEUR SUCCEPTIBLE D'ETRE AFFECTEE													
		Milieu Physique					Milieu Biologique			Milieu Humain					
		Air	Bruit	Sol	Eau de surface	Eau souterraines	Faune terrestre	Faune aquatique	Végétation	Sécurité/Santé	Emploi	Conditions Socio-économique	Habitat/patrimoine culturel	Qualité de	Circulation
Phase d' exécution des travaux	Installation du chantier	×	×	×	×	×	×		×	×	*	*			
	Exécution de la fondation	×	×	×			×		×	×	*	*			
	Déboisement de l'emprise des zones d'emprunt		×	×			×		×	×	*	*			
	Exécution des emprunts	×	×	×						×	*	*			
	Transports des matériaux de construction	×	×							×	*	*		×	
	Exécution du remblai	×	×	×			×			×	*	*			
	Construction du déversoir	×	×							×	*	*			
	Déboisement de la cuvette et de l'emprise des ouvrages	×	×	×			×		×	×	*	×		×	
	Remise en état des zones d'emprunt		×	×			*		*	×	*	*			
	Reboisement	*		*			*		*	*	*	*			
	Présence de la main d'œuvre sur le chantier		×	×	×	×	×		×	×		*			
Mise en eau	Mise en eau			×	*	*	×	*	×	×		*		×	
Phase d' exploitation	Agriculture			×	×		×	×	×			*			
	Elevage			×	×			×	×	×	×	*		×	
	Pêche				×			×		×	×	*			

Légende : (×) impact négatif sur le milieu affecté ; (\*) impact positif sur le milieu récepteur ( ) Absence d'impact

**Tableau 28: Matrice de FECTEAU**

<b>Intensité de l'impact</b>	<b>Etendue de l'impact</b>	<b>Durée de l'impact</b>	<b>Importance de l'impact</b>
<b>Forte = Majeure = élevée</b>	Régionale	Longue = Permanente	Majeure (Ma)
		Moyenne	Majeure
		Courte = temporaire	Majeure
	Locale	Longue = Permanente	Majeure
		Moyenne	Majeur
		Courte = temporaire	Moyenne (Mo)
	Ponctuelle	Longue = Permanente	Majeure
		Moyenne	Moyenne
		Courte = temporaire	Moyenne
<b>Moyenne = modérée</b>	Régionale	Longue = Permanente	Majeure
		Moyenne	Moyenne
		Courte = temporaire	Moyenne
	Locale	Longue = Permanente	Moyenne
		Moyenne	Moyenne
		Courte = temporaire	Moyenne
	Ponctuelle	Longue = Permanente	Moyenne
		Moyenne	Moyenne
		Courte = temporaire	Mineure
<b>Faible</b>	Régionale	Longue = Permanente	Moyenne
		Moyenne	Moyenne
		Courte = temporaire	Mineure
	Locale	Longue = Permanente	Moyenne
		Moyenne	Mineure
		Courte = temporaire	Mineure
	Ponctuelle	Longue = Permanente	Mineure
		Moyenne	Mineure
		Courte = temporaire	Mineure

### 5.11. Coût du projet

Le coût de mise en œuvre du projet de réalisation du barrage de Wilga est évalué à **six quatre-vingt-dix million neuf cent vingt-huit mille six cent vingt-cinq (690 928 625) Francs CFA** reparté entre les travaux de construction du barrage (Tableau 29) et la mise en œuvre du Plan de Gestion Environnemental et Social (52 750 000) FCFA.)

**Tableau 29: Coût des travaux de construction du barrage de Wilga**

Désignation	Coût estimatif (F CFA)
Amenée et repli du matériel, installations du chantier	25 000 000
Tranchée d'ancrage et fondation	145 498 500
Digue	209 393 880
Evacuateur de crue	83 944 423
Ouvrage de prise et de vidange	12 542 540
Dispositif de suivi et d'auscultation du barrage	11 700 000
Total	540 829 343
TVA (18%)	97 349 282
Total TTC	638 178 625

Les détails sur l'évaluation des coûts de mise en œuvre du PGES et de réalisation des travaux sont respectivement en Annexe9.

## CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

La réalisation du barrage de Wilga initiée par l'Etat burkinabé dans la commune de Toécé témoigne une fois de plus de l'engagement dans la mise en œuvre de la politique nationale en matière d'eau amorcée depuis les années 90. Ce projet revêt une importance capitale pour la population de Wilga et des villages et contribuera sans doute au développement du secteur agro-sylvo-pastoral. Sa mise en œuvre permettra d'accroître la résilience des populations face à la pauvreté et à l'insécurité alimentaire et ainsi améliorer les conditions de vie en milieu rural.

L'étude hydrologie nous a permis de caractériser le bassin versant, estimés la crue du projet en utilisant deux méthodes (ORSTOM, CIEH). Sur la base des résultats des études géotechniques et hydrologique, le dimensionnement du barrage et des ouvrages annexes à été effectué.

Il résulte de nos études que cette retenue pourra stocker un volume total estimé à 1 132 786 m<sup>3</sup> d'eau pour un coût global de 690 928 625FCFA. Cette capacité couvre bien les besoins humains et pastoraux ainsi que l'irrigation de 10 ha d'aménagement hydro-agricole pratiqué en saison sèche à l'aval du barrage. Il appartient donc aux populations de savoir tirer le meilleur profit dans sa gestion.

Dans le but de garantir une exploitation durable de la ressource en eau qui sera mobilisée, il est nécessaire de mettre en œuvre les recommandations suivantes.

- Les exploitants soient formés aux bonnes pratiques agricoles pour éviter l'ensablement du lit u barrage ;
- Les exploitants soient sensibilisés sur les dangers de l'utilisation des herbicides et surtout sans protections ;
- Mettre en place un fond de roulement à la disposition des producteurs ;
- Mettre en œuvre le plan de Gestion Environnementale et Social (PGES) annexé à la Notice d'Impact Environnementale et Social (NIES) ;
- La valorisation de la main d'œuvre locale en cas de besoin

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

### REFERENCES

- MAIRIE TOECE, (2013).** Plan Communal de Développement de la commune de Toécé, Rapport finale ,101 p.
- RODIER, J.A., MEUNIER, M. ET PUECH.,(1984).** Le point sur les méthodes de calcul des débits de crues décennales en Afrique de l'Ouest et Afrique centrale, Bulletin de liaison du CIEH n°58,Ouagadougou.2-9 p.
- GRESSILLON, J., HERTER, M.ET LAHAYE, J.P. (1977).**Note sur le dimensionnement des ouvrages évacuateurs de crues en Afrique de l'Ouest Sahélienne ou tropicale. Bulletin de liaison du CIEH n°28-29,1-34 p.
- FAO (1996).** Crues et apports, Manuel pour l'estimation des crues décennales et des apports annuels pour les petits bassins versant non jaugeé de l'Afrique sahélienne et tropicale sèche, Rapport n°M-56 ISB 92-5-203874-4, volume principale, version finale ,229-252 p.
- CAFI-B, (2019).** Dossier d'étude d'avant-projet sommaire de réalisation du barrage de Wilga, Rapport n°17X-019-RL-29, version provision,13-99 p.
- J. M. DURAND et P. ROYET, (1999) .** Technique des petits barrages en Afrique sahélienne et équatoriale,Cemagref,74 p.
- CFGB, (2002).** Petit Barrage : Recommandation pour la conception, la réalisation et le suivi, 1<sup>er</sup> trimestre, Rapport ISBN 2-85362-551-6, version finale 36 p.
- INSD (2008)** Institut National de la Statistique et de la Démographie, Rapport définitif du RGPH 2006,204 p.
- MERH, (2015).** Plan National d'adaptation aux changements climatiques du Burkina Faso, Volume principale, version finale,85 p.
- MECV,PAN (2006).** Programme d'action national d'adaptation aux changements climatiques du Burkina Faso, ,version provisoire, 47-59 p.
- JAEGER (1968).** Division phyto-écologiques de la zone soudannienne, version finale,20 p.
- MEFD (2018).** Ministère de l'économie des Finances et du développement, Mercuriale des bâtiments et travaux publics à Ouaga, Ouagadougou/Burkina Faso,
- COMITE NATIONAL DES BARRAGES DU BURKINA ET ASSOCIATION DES INGENIEURS ET TECHNICIENS EN GENIE CIVIL DU BURKINA (2014),** Etude sur la classification des barrages au Burkina Faso, Ouagadougou/Burkina Faso,.
- O.R. YONABA, (2011-2012).** Etudes d'actualisation du barrage de Bigtogo dans la commune rural de Pabré, région du CENTRE, Rapport final

### **COURS CONSULTES**

**H. KARAMBIRI et D. NIANG, (2011).** Cours d'hydrologie 2iE, , version finale,21-115 p

**M. L. COMPAORE, (1996).** Cours de barrage, EIER 2<sup>ème</sup> édition ; Ouagadougou/BURKINA  
FASO, , version finale, 15-34 p

**H. KARAMBIRI et I. GUEYE, (2006-2007)** Cours de barrage 2iE, , version finale ,116-148  
p

**J.C. BEGOU (2010).** Analyse des écoulements de surface; cours AGRHYMET,Niamey,11  
volume,15 p.

### **SITE WEB**

Site de téléchargement des images : [https:// www.earthexplorer.usgs.gov](https://www.earthexplorer.usgs.gov).

## **ANNEXES**

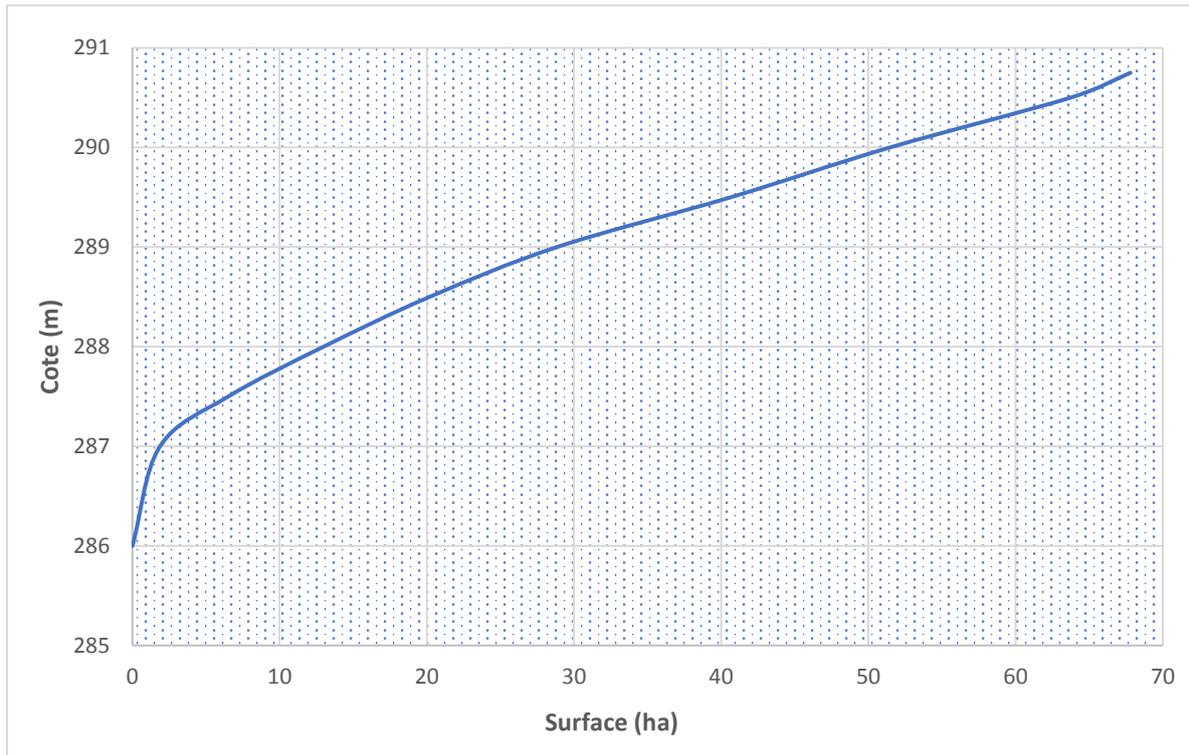
Annexe 1: Etude topographique.....	70
Annexe 2: Etude pluviométrique .....	72
Annexe 3: Etude hydrologique .....	76
Annexe 4: Etude de la digue du barrage .....	90
Annexe 5: Calcul du déversoir.....	96
Annexe 6: Calcul du bassin de dissipation .....	100
Annexe 7: Calcul de l'ouvrage de prise.....	105
Annexe 8: Notice d'impact environnemental et social .....	108
Annexe 9: Métré et Devis de réalisation du barrage de Wilga. ....	111
Annexe 10: Plans et Coupes .....	123

**Annexe 1: Etude topographique**

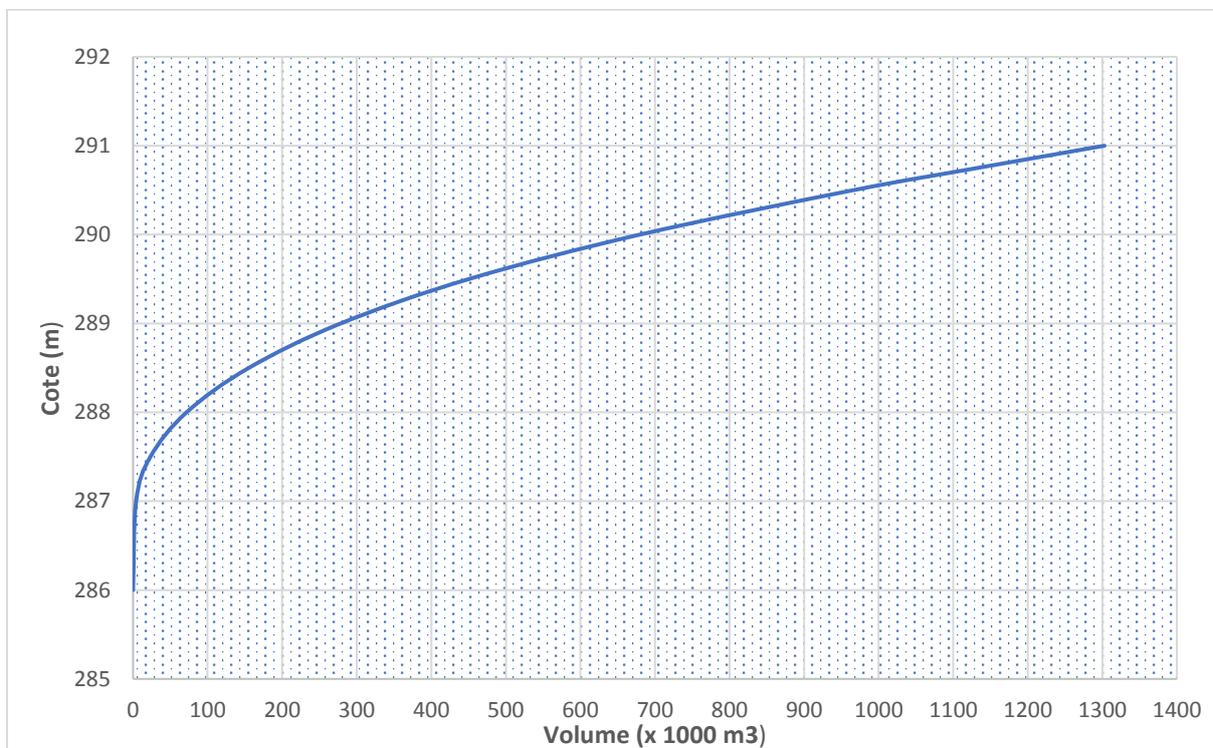
A partir des courbes de niveaux de la cuvette, les surfaces ainsi que les volumes ont été calculés entre les côtes 286 m et 294. Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau ci-dessous.

Côtes [m]	Surface (m <sup>2</sup> )	Volumes (m <sup>3</sup> )
286	43.68	3.45
287	18782.59	4155.04
287.5	65181.16	23275.68
288	129889.55	71815.77
288.5	201945.01	155348.22
289	288345.74	278506.49
289.5	406444.65	450535.37
290	514647.80	679789.37
290.5	637355.09	966379.56
<b>PEN : 290,75</b>	<b>678058.84</b>	<b>1132786.29</b>
291	679431.98	1302849.84
292	630099.82	1643045.86
<b>PHE : 292.2</b>	<b>680110.44</b>	<b>1983144.81</b>
293	680110.44	2323200.03
293.5	680110.44	2663255.26
294	680110.44	3003310.48

Les courbes hauteurs surfaces (Illustration 1) et hauteurs volumes (Illustrations 2) sont représentées ci-dessous.



**Illustration 1: Courbe hauteur surface**



**Illustration 2: Courbe hauteur volume**

**Annexe 2: Etude pluviométrique**

Données de pluies annuelles à la station de Manga [mm]

Années	Pluie annuelle [mm]	Pluie journalière [mm]
1988	900,2	288.5
1989	1208,6	382.3
1990	646,2	263.2
1991	1010	344.6
1992	810,7	206.4
1993	850	257.6
1994	1361,6	461.6
1995	822,9	267.1
1996	881,5	287.9
1997	705,8	151.6
1998	814	231.3
1999	903,9	233.5
2000	767	270.9
2001	768,3	247.4
2002	862,4	213.6
2003	891	293.5
2004	831,1	263.9
2005	835	217.9
2006	922,6	306.1
2007	1149,1	421.2
2008	1093,9	337.8
2009	1129,7	326.8
2010	1154,1	330.2
2011	702,6	195
2012	902,9	279.1
2013	882,5	199.9
2014	1259,5	365.2
2015	1030,2	365
2016	1045,7	322.8
2017	1002	206

Source : ANM

Etudes techniques de réalisation du barrage de Wilga dans la Commune de Toécé, Province  
du Bazèga, Région du Centre-Sud, Burkina Faso

**Répartition de la pluie annuelle**

Mois	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Pan.
Pluies(mm)	1,2	1,8	4,8	34,0	74,9	116,8	214,3	267,9	169,8	49,7	0,1	0,6	936,0
Pluies (%)	0,1	0,2	0,5	3,6	8,0	12,5	22,9	28,6	18,1	5,3	0,0	0,1	100

**Calcul des indices de pluies standardisées**

Année	Pluie annuelle (mm)	Indice de Pluie Standardisé
1988	900,2	-0,2
1989	1208,6	1,5
1990	646,2	-1,6
1991	1010	0,4
1992	810,7	-0,7
1993	850	-0,5
1994	1361,6	2,4
1995	822,9	-0,6
1996	881,5	-0,3
1997	705,8	-1,3
1998	814	-0,7
1999	903,9	-0,2
2000	767	-1,0
2001	768,3	-0,9
2002	862,4	-0,4
2003	891	-0,3
2004	831,1	-0,6
2005	835	-0,6
2006	922,6	-0,1
2007	1149,1	1,2
2008	1093,9	0,9
2009	1129,7	1,1
2010	1154,1	1,2
2011	702,6	-1,3
2012	902,9	-0,2
2013	882,5	-0,3
2014	1259,5	1,8
2015	1030,2	0,5
2016	1045,7	0,6
2017	1002	0,3
Pan.	936,0	0,0
Écart type $\sigma$	177,2	-

**Résultats de l'ajustement des pluies annuelles**

Temps de retour (ans)	Probabilité de non dépassement	Valeur de quantile (mm)	Intervalle de confiance (95%)	
100	0,99	1348,2	1222,4	1474,0
50	0,98	1299,9	1184,8	1415,0
20	0,95	1227,4	1127,5	1327,4
10	0,9	1163,0	1075,3	1250,8
5	0,8	1085,0	1009,6	1160,4
3	0,6667	1012,2	944,68	1079,7
2	0,5	935,97	871,47	1000,5
3 (Période sèche)	0,3	843,13	774,20	912,06
5 (Période sèche)	0,2	786,89	711,49	862,28
10 (Période sèche)	0,1	708,88	621,14	796,62
20 (Période sèche)	0,05	644,49	544,53	744,44
50 (Période sèche)	0,02	572,03	456,92	687,13
10 (Période sèche)	0,01	523,73	397,95	649,52

$$F(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right]$$

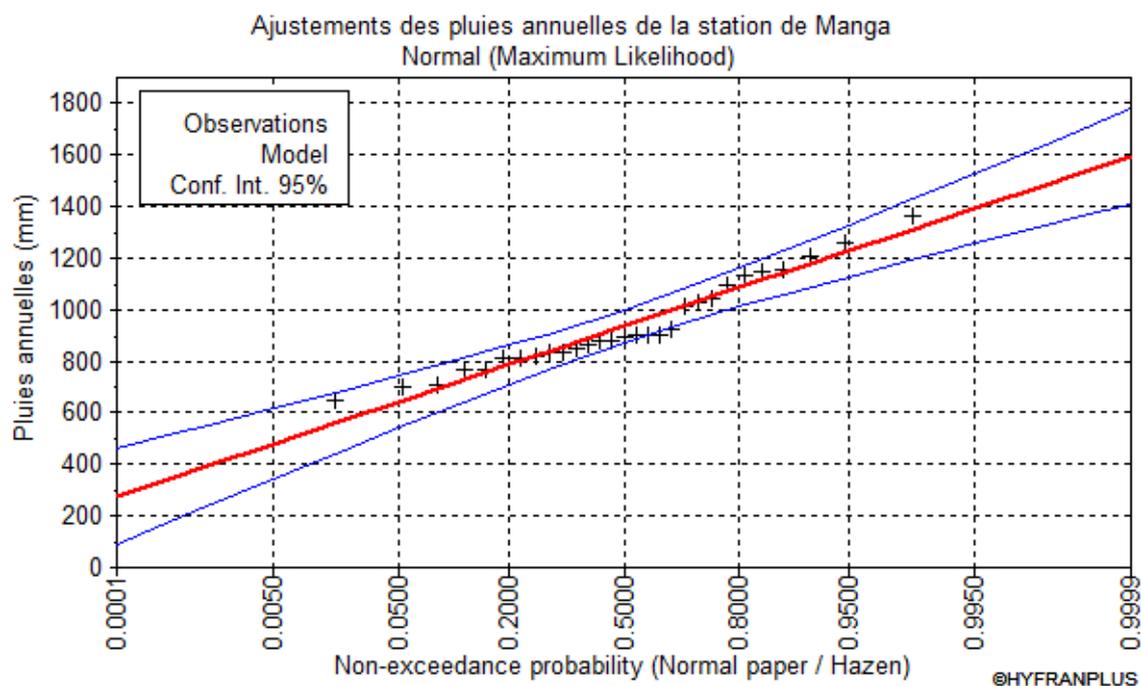
$\mu = 935,966$  ;  $\sigma = 177,169$  et  $x =$  valeur de la pluie annuelle

**Résultats de l'ajustement des pluies maximales journalières**

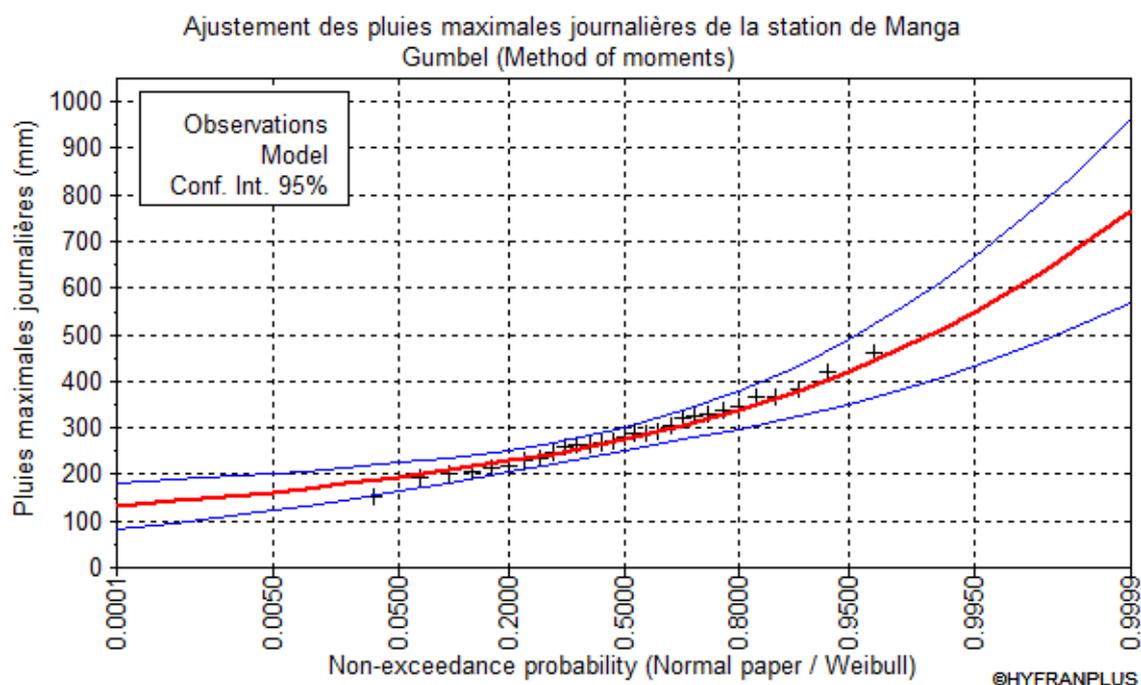
Temps de retour (ans)	Probabilité de non dépassement	Valeur de quantile (mm)	Intervalle de confiance (95%)	
100	0,99	118,87	96,561	141,19
50	0,98	110,37	91,216	129,52
20	0,95	99,023	84,026	114,02
10	0,9	90,256	78,385	102,13
5	0,8	81,117	72,328	89,906
3	0,6667	73,844	67,212	80,475
2	0,5	67,313	62,094	72,532
3 (Période sèche)	0,3	60,589	55,793	65,385
5 (Période sèche)	0,2	57,054	51,949	62,159
10 (Période sèche)	0,1	52,692	46,789	58,596
20 (Période sèche)	0,05	49,487	42,790	56,184
50 (Période sèche)	0,02	46,237	38,619	53,856
10 (Période sèche)	0,01	44,251	36,027	52,474

$$F(x) = \frac{1}{\alpha} \exp\left[-\frac{x-u}{\alpha} - \exp\left(-\frac{x-u}{\alpha}\right)\right]$$

$\alpha = 12,1787$  ;  $u = 62,8496$   $x =$  valeur de la pluie maximale journalière.



**Illustration 3: Graphe d'ajustement des pluies annuelles**



**Illustration 4: Graphe d'ajustement des pluies maximales journalières**

**Evaporation moyenne mensuelle de 1988 à 2017 (Station de Ouagadougou Aéroport).**

Mois	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai
Nombre de jours	30	31	31	28	31	30	31
Ev.bac A[mm]	236	244	260	279	341	328	313

Source : ANM

### Annexe 3: Etude hydrologique

#### Caractéristiques du bassin versant

A partir des limites du bassin versant, le calcul de la superficie (S) et le périmètre (P) donne :

$S=67,62 \text{ Km}^2$	$P= 57,18 \text{ Km}$
------------------------	-----------------------

#### L'indice de Compacité $K_G$

L'indice de compacité ou coefficient de forme ou coefficient de Gravelius vaut :

$K_G = 0,282 \times \frac{P}{\sqrt{S}}$	$K_G = 0,282 \times \frac{57,18}{\sqrt{67,61}}$	$K_G = 1,96$
---	---	--------------

La valeur de  $K_G$  est supérieure à 1,3 et on déduit que le bassin versant à une forme allongée.

#### Longueur du rectangle équivalent

C'est la longueur qu'aurait un rectangle de même dimensions (Surfaces et le Périmètre P) que le bassin versant. Elle est calculée par la formule suivante :

$L = \frac{P+\sqrt{P+16S}}{4}$	$L = \frac{57,18 + \sqrt{57,18^2 + 16 \times 67,61}}{4}$	$L = 26,00 \text{ Km}$
--------------------------------	--	------------------------

#### Pente moyenne Imoy

C'est le rapport du dénivelé entre les altitudes maximale et minimale du bassin versant et la racine carrée de la superficie du même bassin versant. Il est calculé de la manière suivante :

$Imoy = \frac{\Delta H}{\sqrt{S}}$	$Imoy = \frac{351-290}{\sqrt{67,68}}$	$Imoy = 7,42 \text{ m/Km}$
------------------------------------	---------------------------------------	----------------------------

#### Pente longitudinale

$I = \frac{26}{\sqrt{S}}$	$I = \frac{26}{\sqrt{67,61}}$	$I = 3,17 \text{ m/Km}$
---------------------------	-------------------------------	-------------------------

La pente longitudinale du bassin est  $0,317 < 0,5 \%$ . Selon la classification des bassins versant en fonction de la pente de l'ORSTOM, le bassin versant du barrage de Wilga est de classe R2 (avec une pente faible).

#### Hypsométrie du bassin versant

Après la délimitation du bassin versant et génération des courbes de niveau, nous avons procédé au calcul des surfaces entre des tranches d'Altitudes avec logiciel ArcGIS et les résultats se présentent comme suit :

Etudes techniques de réalisation du barrage de Wilga dans la Commune de Toécé, Province du Bazèga, Région du Centre-Sud, Burkina Faso

Altitudes [m]	Surface Partielle		Surface Cumulée	
	m <sup>2</sup>	Km <sup>2</sup>	Km <sup>2</sup>	%
351	0	0	0	0
344	3964172,54	3,96	3.96	5.87
337	8820758,31	8,82	12.78	18.92
331	11718699,4	11,72	24.50	36.27
324	14378241,8	14,38	38.88	57.55
317	12161350,9	12,16	51.04	75.55
310	10136137,2	10,14	61.18	90.55
304	5261753,11	5,26	66.44	98.34
297	1044621,09	1,04	67.49	99.89
290	76912,2100	0,077	67.56	100,00
Total	67562646,5	67,56	-	-

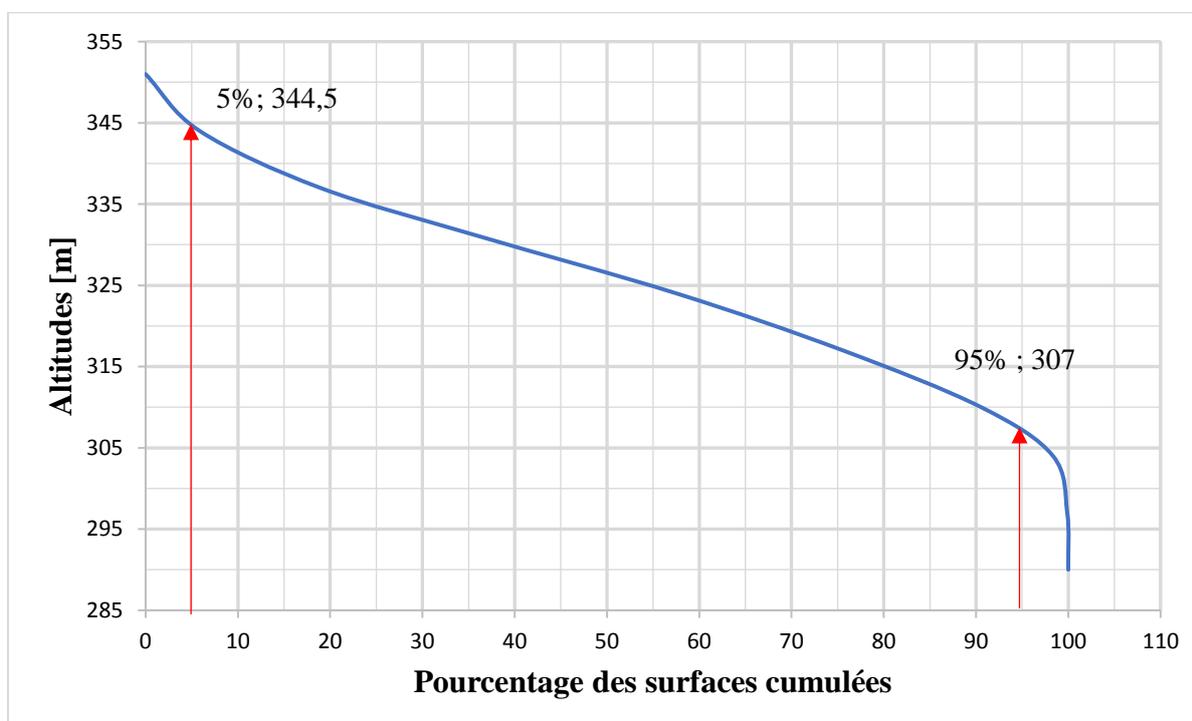


Illustration 5: Courbe hypsométrique

A partir de la courbe hypsométrique, on remarque que moins de 10% du bassin versant se situe au-dessus de la côte 345 m. Les 90% du bassin se situe entre les altitudes 290 m et 310m. A partir de la courbe hypsométrique, les altitudes caractéristiques ci-dessous sont déterminées.

Altitudes caractéristiques	Valeurs [m]
Altitude à 5% de la surface du bassin H [5%]	344,5
Altitude à 95% de la surface du bassin H [95%]	307
Altitude médiane H [50%]	326
Altitude maximale Hmax	351
Altitude minimale Hmin	290
Altitude moyenne Hmoy	314,92

**Le calcul de l'indice global de pente donne :**

$I_g = \frac{H_{5\%} - H_{95\%}}{L}$	$I_g = \frac{344,5 - 307}{3,60}$	$I_g = 1,44 \text{ m/Km}$
--------------------------------------	----------------------------------	---------------------------

La pente transversale ( $I_t$ ) du bassin a été obtenue par une moyenne des pentes transversales calculées en (07) points différents (Tableau ci- dessous).

**Détermination de la pente transversale moyenne**

Points	1	2	3	4	5	6	7	Moyenne
$I_t$ [m/Km]	8,5	8,2	9,5	9,8	9,6	9,9	9,7	9.3

$$\frac{(I_t - I_g)}{I_t} = \frac{(9,3 - 1,44)}{9,3} = 0,85$$

Le calcul du rapport entre  $(I_t - I_g)$  et  $I_t$  donne 0,85 soit 85 % qui est largement supérieure à 20 %. On calcule alors un indice global de pente corrigé ( $I_{g\text{corr}}$ ) qui vaut :

$I_{g\text{corr}} = \frac{(n - 1)I_g + I_t}{n}$ $I_{g\text{corr}} = \frac{(4 - 1) * 1,44 + 9,3}{4}$ $I_{g\text{corr}} = 3,4 \text{ m/Km}$	<p>Avec</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• n=2 pour <math>L &lt; 5 \text{ Km}</math></li> <li>• n=3 pour <math>5\text{Km} &lt; L &lt; 25 \text{ Km}</math></li> <li>• n=4 pour <math>25 \text{ km} &lt; L &lt; 50 \text{ Km}</math></li> <li>• n=6 pour <math>L &gt; 50 \text{ Km}</math></li> </ul> <p>Dans notre cas, <math>L = 26 \text{ Km}</math>, <math>n=4</math></p>
---	--

**Densité de drainage Dd**

La densité de drainage est le rapport entre la longueur total des cours d'eau dans le bassin versant et de la superficie de celui-ci. La longueur totale des cours d'eau est déterminée par le logiciel ArcGIS et vaut : 150 Km

$D_d = \frac{\sum L_i}{S}$	$D_d = \frac{150}{67,62}$	$D_d = 2,21 \text{ Km}/\text{Km}^2$
----------------------------	---------------------------	-------------------------------------

### Dénivelé spécifique $D_s$

C'est le produit de l'indice global des pentes  $I_g$  par la racine carrée de la superficie S du bassin versant.

$D_s = I_g \text{corr} \times \sqrt{S}$	$D_s = 3,47 \times \sqrt{67,62}$	$D_s = 28,02 \text{ m}$
---	----------------------------------	-------------------------

Cette valeur est comprise entre 50 m et 100 m et d'après la classification des reliefs en fonction de la dénivelée spécifique selon l'ORSTOM, le relief du bassin versant est faible.

### Classe d'infiltrabilité du bassin versant

Le substratum du bassin est composé de roche imperméable d'une part (granite et gneiss) et perméables d'autre part (Sable), ce contexte géologique montre que le bassin est sur une assise relativement imperméable et par conséquent, il est de la classe d'infiltrabilité RI.

En combinant la classe de relief du bassin (R2) et sa classe d'infiltrabilité (RI), on peut conclure que le bassin versant du barrage de Wilga est de type R2RI.

### Prédétermination de la crue du projet

#### Coefficient d'abattement (A)

A partir de la formule de VUILLAME on a :

$A = \left[ \frac{161 - 0,042 \times \overline{\text{Pan}}}{1000} \times \text{LogS} \right]$	$A = \left[ \frac{161 - 0,042 \times 936}{1000} \times \text{Log}67,62 \right]$	$A = 0,78$
---	---	------------

#### Détermination du coefficient de ruissellement décennal ( $K_{r10}$ ) par la méthode ORSTOM

Le bassin versant à un indice de pente  $I_g = 3,4 \text{ m}/\text{km}$ . Le calcul de  $K_{r10}$  s'est fait par interpolation linéaire entre les valeurs des indices de pentes  $I_g = 3$  et  $I_g = 7$  avec les pluies de 70 mm et celle de 100 mm. Après identification des paramètres, les coefficients  $K_{r70}$  et  $K_{r100}$ . Par la suite, ces valeurs ont été interpolées pour obtenir celle de  $I_g = 3,4$ . L'expressions utilisée sont :

$$\text{Pour } K_{r10} : K_{r70} \text{ ou } K_{r100} = \frac{a}{S+b} + c$$

Les variables a, b et c ont les valeurs présentés dans le tableau suivant :

**Tableau : Valeurs des variables a, b et c pour  $I_g=3$**

S (km <sup>2</sup> )	Kr	a	b	c
67,62	Kr <sub>70</sub>	150	20	15
67,62	Kr <sub>100</sub>	200	30	17

**Tableau : Valeurs des variables a, b et c pour  $I_g=7$**

S (km <sup>2</sup> )	Kr	a	b	c
67,62	Kr <sub>70</sub>	200	20	18,5
67,62	Kr <sub>100</sub>	240	30	22

**Source : crues et apports**

Pour le bassin versant de Wilga, nous avons les données suivantes :

- Superficie (S) = 67,62 km<sup>2</sup>
- Indice global de pente ( $I_{gcorr}$ ) = 3,4 m/km
- Perméabilité = RI (R2)

Le calcul des valeurs de  $K_{r10}$  est présenté dans le tableau suivant :

Kr	Infiltrabilité	S	$I_g$	a	b	c	$K_{r10}$ (%)
70	RI	67,68	3,00	150	20	15	19,72
			7,00	200	20	18,5	25,78
			3,4	-	-	-	<b>22,75</b>
100			3,00	200	30	17	19,05
			7,00	240	30	22	24,46
			3,4	-	-	-	<b>20,57</b>
			3,4	-	-	-	<b>22,64</b>

Nous obtenons ainsi un coefficient de ruissellement de la crue décennale de  $K_{r10}=22,64\%$

### Détermination du coefficient de ruissellement décennal ( $K_{r10}$ ) par la méthode CIEH

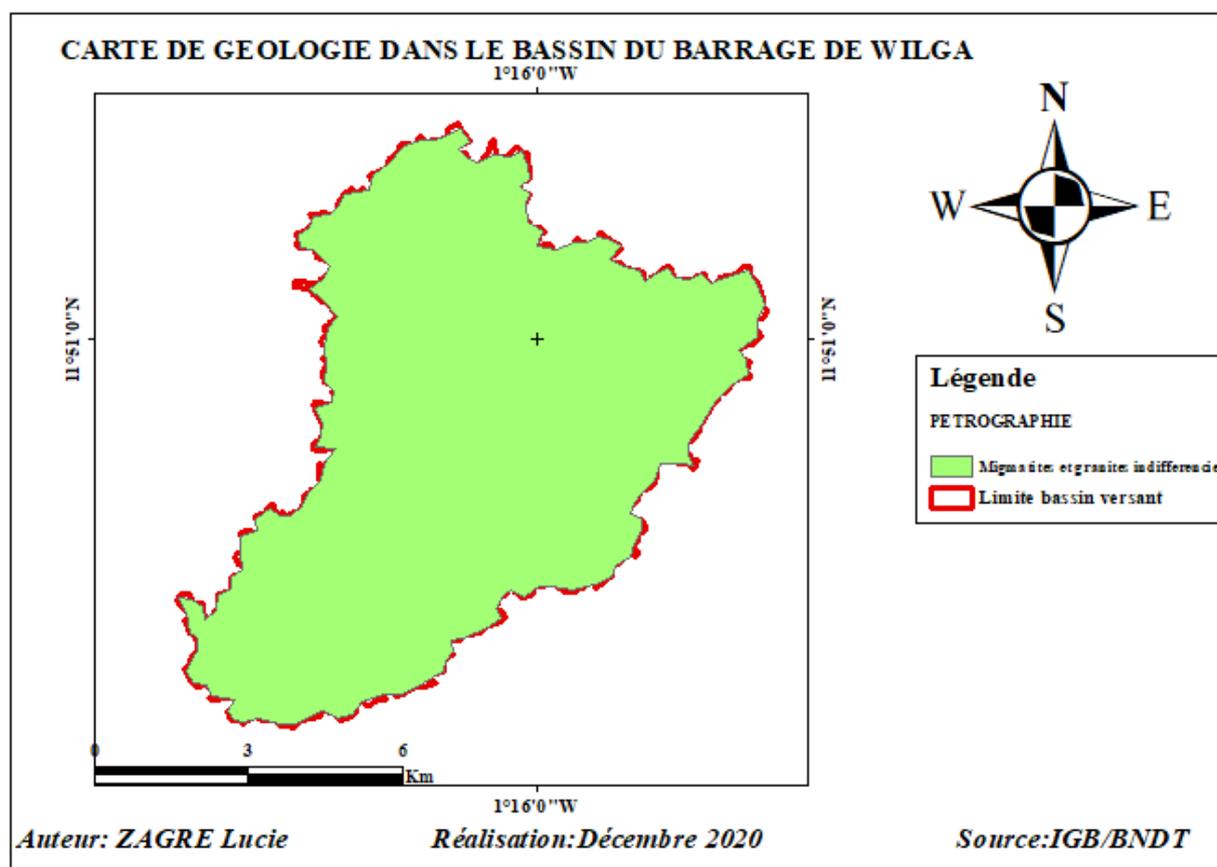
Cette méthode est fonction de la zone climatique et du substrat, et utilise des résultats des régressions obtenues sur la base du substrat géologique et de la précipitation annuelle.

L'évaluation de  $Kr_{10}$  en (%) en fonction de la géologie et de la pluie annuelle, déterminée par CIEH en 1983, est donnée dans le tableau suivant :

**Tableau : Formules de calcul du coefficient de ruissèlement**

Catégorie	Formulation
Granite + gneiss	$Kr_{10} = 2300Pan^{-0,67}$
Grès	$Kr_{10} = 300Pan^{-0,375}$
Sables	$Kr_{10} = 2 \times 10^7 Pan^{-2,2}$
Argiles	$Kr_{10} = 300Pan^{-0,30}$
Schistes	$Kr_{10} = 370Pan^{-0,375}$

*Source : Crues et Apports*



**Illustration 6: Carte géologique du bassin versant du barrage de Wilga**

L'exploitation de la carte géologique du Burkina montre que le bassin versant du barrage est à dominante composé de roche migmatite et de granite. On a donc 100% de granites +gneiss, et on peut, de ce fait, d'où la valeur de  $Kr_{10}$  que l'on obtient comme suit :

Granite + Gneiss	$Kr_{10} = 2300 \times Pan^{-0,67}$	$Kr_{10} = 2300 \times (936)^{-0,67}$	$Kr_{10} = 23,5\%$
------------------	-------------------------------------	---------------------------------------	--------------------

Le coefficient de ruissèlement décennal avec cette méthode est de 23,5%. Comptes tenus des incertitudes sur les deux méthodes, la suite des calculs on adoptera la valeur de  $Kr_{10} = 22,6\%$  obtenu par la méthode de ORSTOM qui utilise plus de paramètre et est fiable.

### Détermination du temps de base $T_b$

Pour une pente avec un  $I_g = 3,47$  m/km, l'hydrogramme décennal est considéré comme unitaire quel que soit la superficie du bassin versant. Pour déterminer la valeur de  $T_{b10}$ , nous allons procéder par interpolation linéaire sur les valeurs de l' indice de pente (3 et 7) encadrant l' indice de pente du bassin versant. En zone tropicale sèche le temps de base est donné par :

$$T_b = a \times S^{0,36} + b$$

- Pour un bassin versant de pente  $I_g = 3$ , on a  $T_b = a \times S^{0,36} + b$  avec  $a=325$  et  $b=315$
- Pour un bassin versant de pente  $I_g = 7$ , on a  $T_b = a \times S^{0,36} + b$  avec  $a=163$  et  $b=142$

Dans le cas présent, on obtient les résultats suivants :

**Tableau : calcul du temps de base**

$I_g$	S (km <sup>2</sup> )	a	b	$T_{b10}$ (mn)
3	67,62	325	315	1796
7		163	142	885
3,4		-	-	1704

**On a  $T_{b10} = 1704$  minutes soit 28,4 heures**

### Temps de montée [ $T_m$ ]

Pour un bassin versant avec un  $I_g$  de 3,4 m/km, l'hydrogramme décennal est considéré comme unitaire quel que soit sa superficie. Dans la zone tropicale sèche, en toute première approximation et en l'absence de particularités physiographiques, on peut considérer que le temps de montée représente le tiers du temps de base ( $T_{m10} = 0,33 \times T_{b10}$ ).

$T_{m10} = 0,33 \times 1704$	<b><math>T_{m10} = 562,0</math> minutes soit 9,37 heures.</b>
------------------------------	---

### Détermination de la crue décennale par la méthode ORSTOM

$$Q_{10} = m \times Q_{r10} \text{ Avec}$$

- $m$  : le coefficient de majoration qui est fonction de classe d'infiltrabilité et de la zone climatique du bassin versant
- $Q_{r10}$  : le débit de ruissellement décennal.

En zone tropical sèche, la valeur de  $m$  est de 1,03 pour un bassin de classe d'infiltrabilité I et 1,06 pour la classe d'infiltrabilité P. Notre bassin est de classe d'infiltrabilité RI et nous prenons une valeur moyenne qui est de 1,045.

Le calcul du débit de ruissellement décennal et le débit décennal donne :

$Q_{r10} = 0,825 \times 90 \times (0,2236 \times 100) \times 2,6 \times \frac{67,62 \times 1000}{1704 \times 60}$	$Q_{r10} [m^3/s] = 27,14$
$Q_{10} = 1,045 \times 27,14$	$Q_{10} [m^3/s] = 28,50$

### Détermination de la crue décennale par la méthode CIEH

C'est une méthode statistique avec plusieurs variantes fonction de l'appartenance du bassin à découpage climatique, une position géographique, un découpage pour un pays ou un groupe de pays. Les données nécessaires à l'application de la méthode sont :

- La surface du bassin versant :  $S [km^2] = 67.62$
- La pluie annuelle moyenne :  $P_{an} [mm] = 936$
- L'indice global de pente :  $I_g [m/Km] = 3,4$
- Le coefficient de ruissellement décennal :  $K_r [\%] = 22,6$

Les résultats de calcul se présentent comme suit :

Equation			Paramètres				Résultats
N°	n	r <sup>2</sup>	a	b	c	d	$Q_{10} [m^3/s]$
12	176	0,795	0,095	0,643	0,406	1,038	59,60
39	61	0,818	0,41	0,425	0	0,923	43,62
40	60	0,824	0,254	0,462	0,101	0,976	42,16
<b>Débit décennal retenu = Valeur moyenne de <math>Q_{10} [m^3/s] = 48,46</math></b>							

Les résultats obtenus avec les deux méthodes sont de 28,50 m<sup>3</sup>/s pour la méthode ORSTOM contre 48,46 m<sup>3</sup>/s pour la méthode CIEH soit une moyenne de 48,46 m<sup>3</sup>/s. Pour la suite du processus, le débit décennal retenu est [**m<sup>3</sup>/s**] = 48,46

### Détermination de la crue du projet

La crue du projet correspond à la crue centennale et est donnée par la relation suivante :

$C = 1 + \frac{P_{100} - P_{10}}{P_{10}} \times \frac{\left(\frac{T_b}{24}\right)^{0,12}}{K_{r10}}$	$C = 1 + \frac{119 - 90}{90} \times \frac{\left(\frac{1796}{24 * 60}\right)^{0,12}}{0,2236}$	$C = 2,46$
$Q_{100} [m^3/s] = C \times Q_{r10}$	$Q_{100} [m^3/s] = 2,46 \times 48,46$	$Q_{100} [m^3/s] = 120$

Pour notre projet nous retiendrons comme débit du projet, la valeur du débit de la crue centennale soit **Q<sub>p</sub> = 120 [m<sup>3</sup>/s]**

### Hydrogramme de crue

#### Détermination du débit de rupture de pente (Q<sub>r</sub>).

$\frac{Q_r}{Q_{max}} = \frac{2}{\alpha_{10}} \times \frac{T_{b10} - \alpha_{10} \times T_{m10}}{T_{b10} - 2 \times T_{m10}}$	$\frac{Q_r}{120} = \frac{2}{2,6} \times \frac{1704 - 2,6 \times 562}{1704 - 2 \times 562}$
$\frac{Q_r}{120} = 0,322$	<b>Q<sub>r</sub> = 0,322 × 120 = 38,6 m<sup>3</sup> / s</b>

Données pour le tracé de l'hydrogramme de crue

<b>Q[m<sup>3</sup>/s]</b>	0,0	120,0	38,6	0,0
Temps (min)	0,00	562	943	1704

#### Calcul de la crue de rupture de la digue

$Q_{rup} = 2 \times l(R_t + 0,2)^{1,5} + 0,15 \times L$	Avec
$Q_{rup} = 2 \times 136(1,25 + 0,2)^{1,5} + 0,15 \times 1084$	<b>l = 136 m; L = 1084 m ; R<sub>t</sub> = 1,25 m</b>
<b>Q<sub>rup</sub> = 617,12 m<sup>3</sup>/s = 5,14 * Q<sub>100</sub></b>	

Le débit de rupture est 5 fois plus grand que le débit de projet.

## Etude de la cuvette

### Evaluation des besoins agricoles

#### Evaluations des besoins en eau par culture

Mois		Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mars	Avril
<b>Nombre de jours</b>		30	31	31	28	31	30
<b>Pluie mensuelle [mm]</b>		0,15	0,6	1,25	1,80	4,80	27,20
<b>Pluies efficaces[mm]</b>		0,15	0,6	1,25	1,80	4,80	27,20
<b>ETo journalière (mm/j)</b>		6,88	5,50	5,77	5,90	6	5,9
<b>ETo mensuelle [mm]</b>		159,9	172	176	165	185	178
<b>Oignons</b>	Kc	0,5	0,60	0,75	1	0,85	0,85
	ETM [mm]	158	86,02	132,19	164,93	151,46	128,5
	Besoin net [BN]	79	85,42	130,94	163,13	146,66	109,3
<b>Tomate</b>	Kc	0,45	0,75	1,02	1,03	0,99	0,80
	ETM [mm]	64,5	77,42	132,19	168,23	190,25	142,11
	Besoin net [BN]	32,5	76,82	130,94	166,43	185,45	114,91
<b>Haricot vert</b>	Kc	0,47	0,83	1,03	1,05	-	-
	ETM [mm]	74,6	81,58	146,29	169,64	-	-
	Besoin net [BN]	35,06	67,71	145,04	167,84	-	-
	Kc	0,5	1,12	1,17	1,20	1,12	-
<b>Riz</b>	ETM [mm]	102,4	151,09	145,82	153,97	171,59	-
	Besoin net [BN]	149,96	70,4	50,21	18,13	131,83	-
<b>Synthèse</b>	<b>BN max [mm]</b>	<b>149,96</b>	<b>85,42</b>	<b>145,04</b>	<b>167,84</b>	<b>185,45</b>	<b>114,91</b>

La synthèse des besoins en eau pour l'agriculture est consignée dans le tableau suivant :

Désignation	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Total
BN [mm]	149.96	85.42	145.04	167.84	185.45	114.91	848.62
Efficiencie	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	3.60
BB [mm]	249.9	142	241.7	280	309	192	1414.37
BB [m3/ha]	2499	1424	2417	2797	3091	1915	14143.73

### Besoins en eau pastorale

Désignation		Consommations	
<b>Cheptel</b>	Effectif	l/j	m <sup>3</sup> /j
<b>Gros bétail</b>	7 500	300 000	300
<b>Petits bétail</b>	37 500	187 500	187,5
<b>Total</b>	-	-	<b>487,5</b>

### Besoins humains

La population des villages environnants le barrage est estimé à **3337** habitants selon les résultats de l'étude socioéconomique. Le taux d'accroissement dans la commune est de 1,1%. La projection de la population concernée à l'horizon du projet (2050) donne **4636** habitants. Avec l'hypothèse de 30l/habitant comme besoins journaliers, la consommation totale est évaluée à 139 m<sup>3</sup>/jour soit 25 159 m<sup>3</sup> entre novembre et avril correspondant à la période sèche..

### Evaluation des pertes évaporation et infiltration

Désignation		Evap. bac A		Ev. lac		Infiltration		Pertes totale
Mois	Jours	mm/mois	mm/j	mm	mm/j	mm/j	mm/moi	mm
<b>Novembre</b>	30	236	7,87	172,80	5,76	2,5	75	247,8
<b>Décembre</b>	31	244,10	7,87	178,66	5,76	2,5	77,5	256,2
<b>Janvier</b>	31	259,70	8,38	185,45	5,98	2,5	77,5	263
<b>Février</b>	28	278,60	9,95	185,78	6,64	2,5	70	255,8
<b>Mars</b>	31	340,70	10,99	218,38	7,04	2,5	77,5	295,9
<b>Avril</b>	30	328,10	10,94	270,71	7,04	2,5	75	285,7

### Evaluation des pertes dues aux dépôts solides

Auteur	Formule	D (m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup> /an)	V (m <sup>3</sup> /an)
GESSILLON	$D = 700 \times \left(\frac{P}{500}\right)^{-2,2} \times S^{-0,1}$	115,6	7818,6
GOTTSCHALK	$D = 260 \times S^{-0,1}$	170,6	11535,6
KARAMBIRI	$D = 137 \times \left(\frac{P}{700}\right)^{-2,2} \times S^{-0,05} \times [0,25 + 1,13 \times (h + r)]$	72,8	4920,2
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ P = 936 mm et S = 67,62 Km<sup>2</sup></li> <li>✓ h=0,55 (Bassin versant comportant des petites villes des villages moyens ou situés à proximité de ceux-ci ;</li> <li>✓ r=0,55 (relief peu accidenté, accusé)</li> </ul>			

Pour l'évaluation de l'ensablement à l'horizon du projet, nous retenons la valeur obtenue avec les formules de KARAMBIRI qui est beaucoup plus réaliste. Le volume moyen de sédiment par années est donc de 4920 m<sup>3</sup> soit environ 147 600 m<sup>3</sup> de sédiment à l'horizon des 30 ans.

### Evaluation des apports liquides

Evaluation de la formule de COUTAGNE

Désignation	Applications numériques	Résultat
$\lambda$	$1/(0,8 + 0,14 * 28,4)$	0,21
$[1/8\lambda ; 1/2\lambda]$	$[1/(8 * 0,21) ; 1/(2 * 0,21)]$	$[0,6 ; 2,42]$
P (m)	$P (mm)/1000 = 936/1000$	0,936
Déficit d'écoulement D (m)	$0,936 - 0,21 * 0,936^2$	0,7520
Lame écoulée Le (mm)	$P - D = 936 - 752,0$	184

Avec cette méthode, on obtient une lame ruisselée de 184,0 mm pour la pluviométrie moyenne de 936 mm soit un coefficient de ruissellement moyen  $K_e=19,7\%$ . Le calcul des coefficients de ruissellement en année quinquennale sèche ( $K_{e5}$ ) et décennale sèche ( $K_{e10}$ ) donne respectivement les valeurs 13,8% et 9,8%. Ces derniers rapportés aux quantiles pluviométriques puis à la superficie du bassin donne les apports liquides.

### Application de la méthode de Rodier

Etudes techniques de réalisation du barrage de Wilga dans la Commune de Toécé, Province du Bazèga, Région du Centre-Sud, Burkina Faso

Au regard du substratum rocheux de notre bassin versant, le bassin type lui correspondant est celui de type Kazanga (sol argilo-sableux sur granite). Le graphique ci-dessous (Illustration 7) donne pour des hauteurs pluviométriques annuelles de fréquence médiane variant entre 750 et 1000 mm, les courbes de distribution statistique des lames écoulées annuelles. Les résultats du calcul de la lame écoulée ( $Le$ ) sont consignés dans le tableau ci-après.

Fréquences	$Le_{920}$ [mm]	Ke %
Médiane	165	18
Quinquennale sèche	95	10,3
Décennale sèche	70	7,6

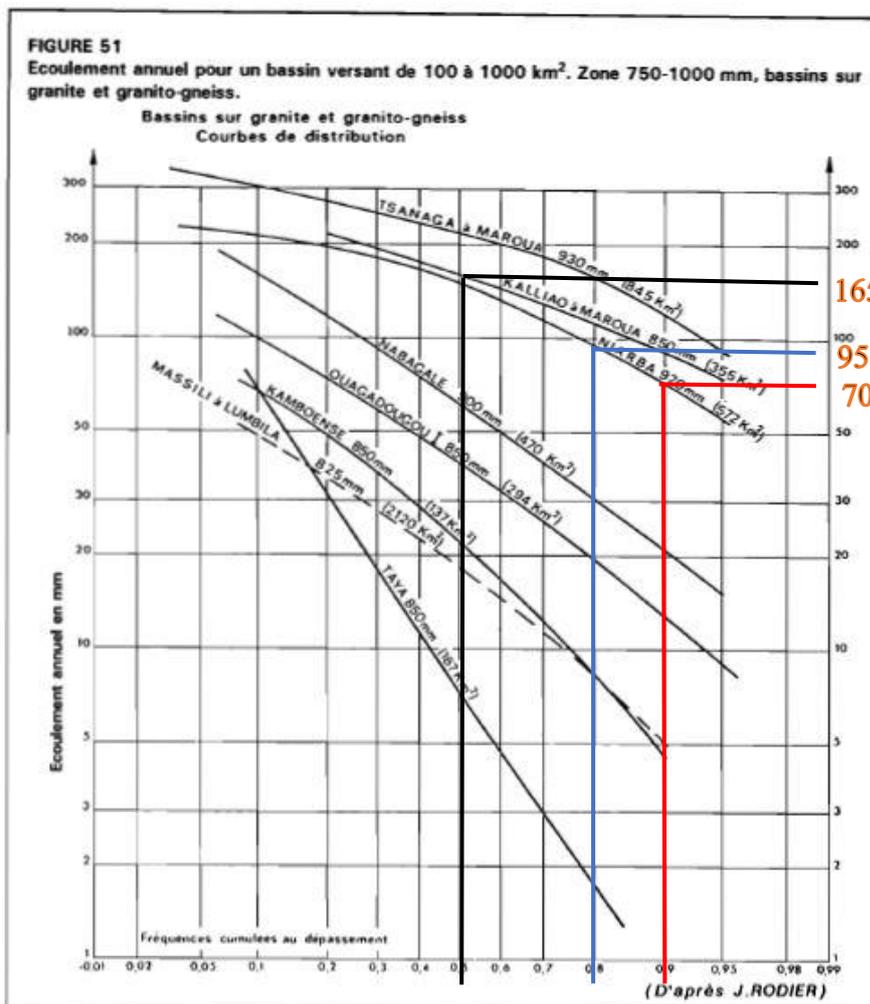


Illustration 7: Détermination des lames écoulées

Etudes techniques de réalisation du barrage de Wilga dans la Commune de Toécé, Province  
du Bazèga, Région du Centre-Sud, Burkina Faso

On obtient avec la méthode de Rodier un coefficient d'écoulement annuel ( $K_e$ ) de 18% ; les coefficients d'écoulement quinquennale et décennale sèche donne respectivement  $K_{e5} = 10,3\%$  et  $K_{e5} = 7,6\%$ .

	Désignation	Annuelle	Quinquennale sèche	Décennale sèche
<b>Paramètre du BV</b>	Pluie [mm]	936	786,9	708,9
	Superficie bassin [Km2]	67,62	67,62	67,62
<b>Méthode de Coutagne</b>	Déficit d'écoulement D [mm]	752	678,6	639,2
	Lame écoulée Le [mm]	184	108,3	69,7
	Coéf. d'écoulement $K_e$ [%]	19,7	13,8	9,8
	Apport liquides [m3]	12 439 748	7 320 888	4 710 798
<b>Méthode de Rodier</b>	Déficit d'écoulement D [mm]	755,7	684,1	633,5
	Lame écoulée Le [mm]	180,3	102,8	75,4
	Coéf. d'écoulement $K_e$ [%]	18	10,3	7,6
	Apport liquides [m3]	12 191 045	5 480 579	3 643 019
<b>Moyenne</b>	Coefficient d'écoulement $K_e$ (%)	19,3	13,3	10,2
	Apport liquides [m3]	12 315 397	7 136 525	4 903 184

**Simulation de l'exploitation de la retenue**

Désignation	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Total
Début	Côtes(m)	290,75	290,48	290,18	289,84	289,48	289,10
	Volume (m <sup>3</sup> )	1 132 787	947 45	757 371	589 867	434 812	284 175
Pertes	Hauteur (m)	0,25	0,26	0,26	0,26	0,3	0,29
	Volume (m <sup>3</sup> )	166 406	149 239	118018	106 187	101522	57471
Consommation	Hauteur(m)	0,02	0,04	0,08	0,10	0,08	0,17
	Volume (m <sup>3</sup> )	18 927	40 842	4 948	48 867	49 115	37 962
Fin	Volume (m <sup>3</sup> )	947 453	757 371	589 867	434 812	284 175	188 742
	Côtes (m)	290,48	290,18	289,84	289,48	289,10	288,64

Avec un Aménagement de 10 ha, on se retrouve en fin de cycle avec un volume d'eau 188 742 m<sup>3</sup> d'eau dans le barrage correspondant à la côte 288,64 m.

#### Annexe 4: Etude de la digue du barrage

Calcul de la hauteur de la digue du barrage

La hauteur de la digue [**H<sub>b</sub>**] est déterminée en majorant la hauteur au plan d'eau normale [**PEN**] de la retenue [**H<sub>n</sub>**] avec la charge au-dessus du déversoir [**h=0,7**] et la revanche libre [**R**]. La hauteur au **PEN** est la différence entre la côte de la crête du déversoir et celle du fond de la cuvette.

$$\text{Hauteur du barrage : } H_b = H_n + h + R$$

$$\text{Hauteur au plan d'eau normale : } H_n = \text{côte déversoir} - \text{côte fond}$$

$$H_n = 290,75 - 286 = 4,75 \text{ m}$$

La revanche libre (R) est une tranche comprise entre le PHE et la crête du barrage. Le calcul de la revanche tient compte de la hauteur des vagues qui se forment sur le plan d'eau et la projection de l'eau vers le haut du barrage due à la vitesse de propagation des vagues lorsque celles-ci rencontrent le barrage. La hauteur des vagues provoquées par les vents dans la retenue dépend de la vitesse du vent de la durée du vent, du fetch (longueur du plan d'eau exposée au vent), de la profondeur de l'eau et de la largeur du plan d'eau.

#### Hauteur des vagues

La hauteur des vagues peut être calculée des formules empiriques ci -dessous.

Auteurs	Formules /Application	Résultats
Mallet et	$h_v = \frac{1}{2} + \frac{1}{3}\sqrt{f}$	$f = 1,95 \text{ Km}$ $h_v = 0,97 \text{ m}$
Pacquant	$h_v = \frac{1}{2} + \frac{1}{3}\sqrt{1,95}$	$h_v = 0,80 \text{ m}$
STEVENSON	$h_v = 0,75 + 0,34\sqrt{f} - 0,36^4\sqrt{f}, \text{ si } f < 18 \text{ Km}$ $h_v = 0,75 + 0,34\sqrt{f} - 0,36^4\sqrt{1,95}, \text{ si } f \geq 18 \text{ Km}$	
<b>Nous allons retenir la hauteur moyenne des deux résultats précédents soit <math>h_v = 0,88</math></b>		

#### Vitesse des vagues

La vitesse de propagation des vagues de hauteurs comprise entre 0,5 et 2 m est donnée par :

$V_v = \frac{3}{2} + \frac{2}{3}h_v$	$V_v = \frac{3}{2} + \frac{2}{3} \times 0,88$	$V_v = 2,1 \text{ m/s}$
--------------------------------------	---	-------------------------

### Revanche libre

Elle est calculée selon la relation dite simplifiée :

$R[m] = A \left[ h_v + \frac{v}{2 \times g} \right]$	$R[m] = 0,75 \left[ 0,88 + \frac{2,1}{2 \times 9,8} \right]$	$R[m] = 0,88$
--	--	---------------

- ✓  $h_v$ : hauteur des vagues [m]
- ✓  $V$  : vitesse de propagation des vagues [m/s]
- ✓  $g$  : accélération de la pesanteur [ $m/S^2$ ] ;
- ✓  $A$  : coefficient de sécurité [ $A= 0,78$ ] ;
- ✓  $R$ = la revanche libre. [m]

La revanche libre ainsi calculée est de 0,55 m pour la suite elle sera pris égale à 0,55 m.

### Hauteur du barrage

$H_b[m] = 4,75 + 0,70 + 0,88 + 0,55$	$H_b[m] = 6 \text{ m}$
--------------------------------------	------------------------

### La largeur en crête de la digue

Le calcul de la largeur en crête du barrage se présente comme suit :

Hauteurs	Formules	Application	Valeurs $I_c$ [m]
KNAPPEN	$1,65\sqrt{H_b}$	$1,65\sqrt{6}$	4,04
PREECE	$1,1\sqrt{H_b} + 1$	$1,1\sqrt{6} + 1$	3,69
Autres formules	$3,6\sqrt[3]{H_b} - 3$	$3,6\sqrt[3]{6} - 3$	3,54
Retenue	-	-	4

**La largeur en crête  $l_c = 4 \text{ m}$  sera retenue**

### Stabilité des pentes

La digue est constituée de matériaux argileux. Avec ces matériaux, une pente de **1V/2,5H** est retenue et la stabilité des talus ont été établi à partir du logiciel Géoslop.

### Calcul de la largeur en base de la digue

$L_b = L_c + 2 \times x$ , avec $x = 2,5H_b$	$L_b = L_c + 5 H_b$	$L_b = 4 + 5 \times 6 = 34 \text{ m}$
--	---------------------	---------------------------------------

### Calcul de l'épaisseur de la couche de protection

Elle est donnée par la relation :

$$e = 1,5 \times D_{50} \text{ avec } D_{50} = f_{(h_v)}$$

Le tableau suivant donne les valeurs de  $D_{50}$  en fonction de la hauteur des vagues  $h_v$  calculée plus haut.

Hauteurs des vagues $h_v$ [m]	$D_{50}$ [m]
[0 ; 0,3]	0,20
[0,3 ; 0,6]	0,25
[0,6 ; 1,2]	0,30
[1,2 ; 1,8]	0,40
[1,8 ; 2,4]	0,45

La hauteur des vagues  $h_v=0,88$  [m] est comprise dans l'intervalle [0,6 ; 1,2] donc  $D_{50}$  [m]=0,30. On calcul ainsi l'épaisseur des enrochements qui vaut :

$e = 1,5 \times 0,30$	$e = 0,45$ [m]	$e = 0,45$ [m]
-----------------------	----------------	----------------

### Synthèse des éléments de conception de la digue

Désignation	Valeurs	
Largeur en crête de la digue $l_c$ [m]	4	
Pente talus amont	1V/2 ,5H	
Pente talus aval	1V/2 ,5H	
Hauteur de la digue $H_b$ [m]	4,75	
Largeur en base de la fondation $L_b$ [m]	34	
Angle au pied des talus $\alpha$ [°]	21,77	
Epaisseur de protection des talus	Couche d'enrochement [m]	0,45
	Couche de pose [m]	0,10

### Vérification de la stabilité des talus avec Géoslop

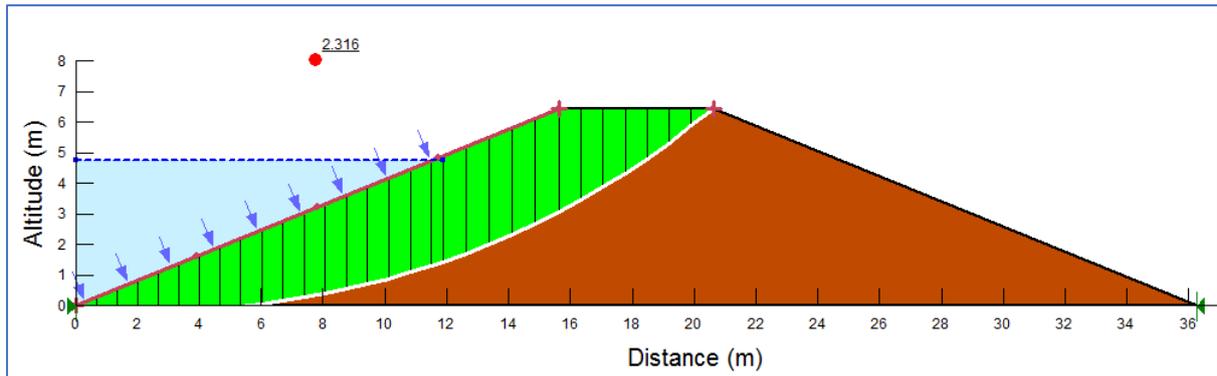


Illustration 8: Facteur de sécurité de Bishop pour le talus amont

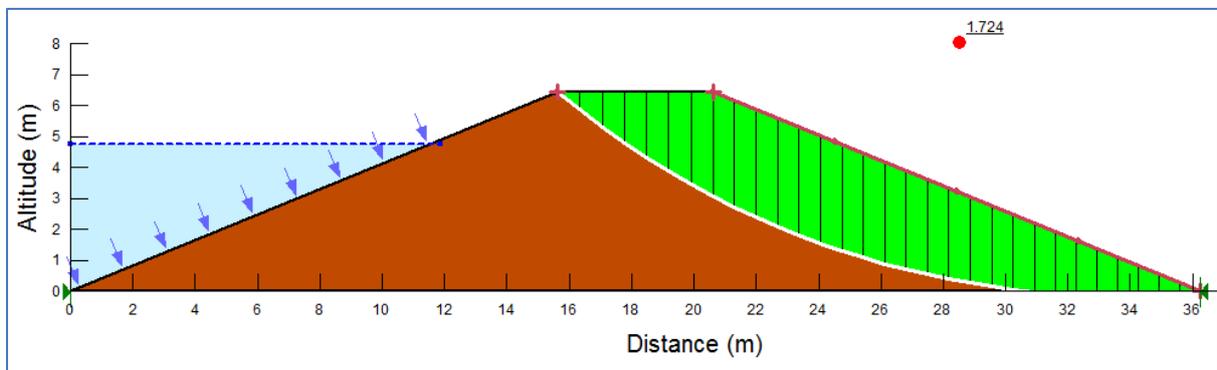


Illustration 9: Facteur de sécurité de Bishop pour le talus aval

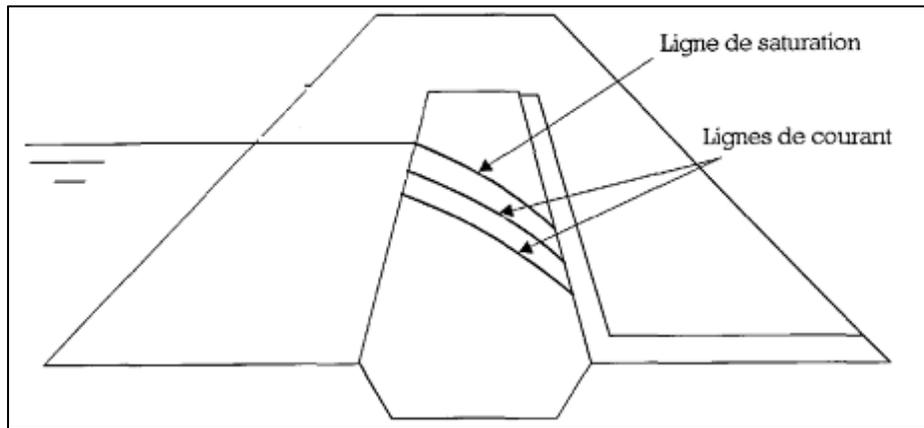
### Evaluation du poids des enrochements

Pour évaluer le poids de moellons en fonction de sa densité et de sa masse volumique on utilise la formule de Hudson :

$P = \frac{\rho h_v^3}{[K_p \cotang(\alpha)][d - 1]^3}$	$K_p = 5 ; \alpha = 21,77^\circ ; h_v = 0,88 \text{ [m]}$ $\rho = 2500 \text{ Kg/m}^3 ; d = 2,5$
$P = \frac{2500 \times 0,88^3}{[5 \cotang(21,77)][2,5 - 1]^3}$	$P = 40,7 \text{ Kg/ml}$

### Infiltration à travers la digue

Les paramètres à déterminer sont représentés par le graphique ci-dessous :



**Illustration 10: Graphique de la parabole de KOZENI**

**Calcul de la longueur du drain**

$L_d = (L_b - L):2$	$L_d = (34 - 22):2$	$L_d[m] = 6$
---------------------	---------------------	--------------

**Calcul du paramètre b**

Le paramètre b correspond à la projection orthogonale de la partie mouillée du parement amont et se calcul comme suit :

$b = H_r / \tan \alpha_1$	$H_r$ : La hauteur au plan d'eau normale (PEN) $\alpha_1$ : angle du talus du noyau
$b[m] = 9,5$	

**Calcul du paramètre d**

Il correspond à la largeur en base du barrage diminué de 0,7 b et de la longueur du drain ( $L_d$ ).

$d = L_{bn} - 0,7b$	$d = 22 - 0,7 \times 9,5$	$d[m] = 15,35$
---------------------	---------------------------	----------------

**Hauteur du drain**

Kozeny a montré, que dans un barrage en terre homogène non drainé, la ligne phréatique peut assimilée dans sa partie médiane à une parabole d'axe horizontal dont le foyer O est situé au pied du parement aval u barrage et son équation est de la forme  $y^2 - y_0^2 - 2xy_0 = 0$ . Avec quelques considérations, on aboutit à :

$y_0 = \sqrt{H_r^2 + d^2} - d$	$y_0 = \sqrt{4,75^2 + 15,35^2} - 15,35$	$y_0[m] = 0,72$
--------------------------------	---	-----------------

**Calcul du débit de fuite**

L'application de la loi Darcy :

$$q = k \times i \times s \text{ avec } i = d_y/d_x \text{ et } s = 1m^2,$$

Conduit à une équation de la forme  $y^2 - y_0^2 - 2qx/k = 0$ . Cette dernière ramenée à l'équation de la parabole de KOZENI, on déduit que :

$y_0 = \frac{q}{k}$ soit $q = k \times y_0$	$q = 0,71 \times 10^{-9}$	$q = 7,2. 10^{-10} m^2/s/ml$
---	---------------------------	------------------------------

- ✓  $q$ : le débit de fuite ( $m^2/s/ml$ )
- ✓  $k$ :  $10^{-8}$  m/s, la perméabilité du remblai
- ✓  $y_0$  : la hauteur du drain filtrant

### Calcul de l'épaisseur du drain

L'épaisseur du drain se calcul par la formule suivante :

$e = 2 \sqrt{\frac{q \times L_d}{K_d}} = 2 \sqrt{\frac{7,2. 10^{-9} \times 6}{10^{-4}}}$	$e[m] = 0,041 \approx 0,5$
--	----------------------------

- ✓  $K_d$ :  $10^{-4}$  (m/s) la perméabilité du drain [sable grossier]
- ✓  $L_d$  (m): La longueur du drain
- ✓  $q$  : le débit de fuit
- ✓  $e$  (m): l'épaisseur du drain

Tableau récapitulatif des paramètres de l'infiltration à travers la digue

Paramètre	Symbole/ Formules	Valeurs
Largeur de base [m]	$L_b = L_c + (m_1 + m_2) \times H_B$	34
Hauteur au PEN $H_n$ [m]	$H_n = \text{côte PEN} - \text{côte de fond}$	4,75
Longueur du drain [m]	$L_d = (L_b - L_N)/2$	6
Paramètre b [m]	$b = H_n/m_1$	9,5
Paramètre d [m]	$d = L_d - 0,7b$	15,35
Hauteur du drain $y_0$ [m]	$y_0 = \sqrt{H_n^2 + d^2} - d$	0,71
Débit de fuite $q$ [ $m^2/s/ml$ ]	$q = k \times y_0$ avec $k: 10^{-8}$ [m/s]	$7,110^{-10}$
Epaisseur du drain [m]	$e = 2 \times [q \times l/K_d]^{1/2}$ $K_d: 10^{-4}$ [m/s]	0,5

### Protection crête de la digue

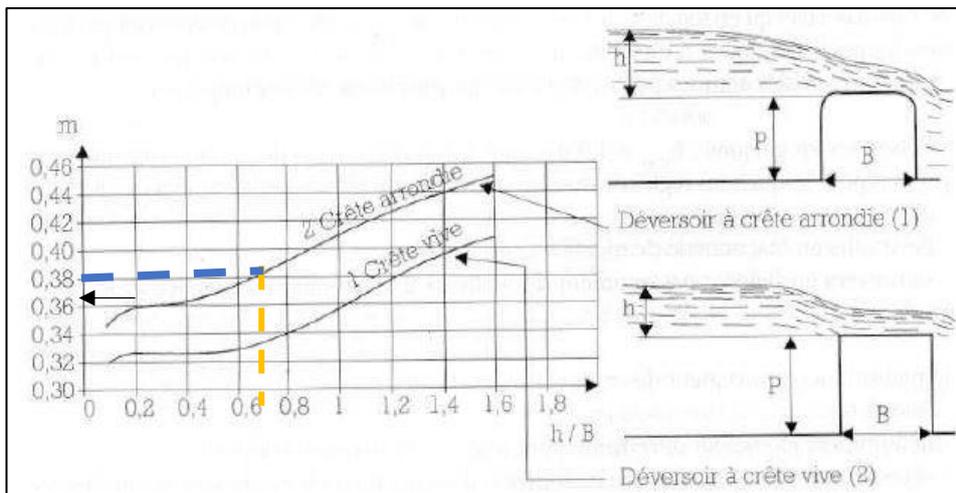
La crête de la digue sera protégée par un revêtement latéritique d'épaisseur 20 cm et des murets parapets de 0,5 m × 0,5 m.

**Annexe 5: Calcul du déversoir**

**Calcul de l'effet de laminage par la méthode  $x_0$**

**Données de calcul :**

- ✓ La charge sur le seuil déversant  $h[m]=0,7$
- ✓ La largeur en crête du seuil  $b_1[m]= 0,38$
- ✓ Le coefficient de débit  $m= f(h/b_1) = 0,4$  (Illustration 11)
- ✓ L'accélération de la pesanteur  $g [m/s^2]$



**Illustration 11: Détermination du coefficient de débit sur seuil.**

**Calcul de la longueur du seuil sans l'effet de laminage**

$L = \frac{Qc_{max}}{m\sqrt{2g} h^{1,5}}$	$\frac{120}{0,38\sqrt{2} * 9,81 * 0,7^{1,5}}$	$L = 122 \text{ m}$
---	---	---------------------

**Calcul du coefficient «  $x_0$  »**

$$x_{01} = \frac{m^2 \times g \times L^2 \times Qc_{max} \times t m^3}{s^3} \quad \text{avec } S = 678058,8 \text{ m}^2 \text{ et } L = 122 \text{ m}$$

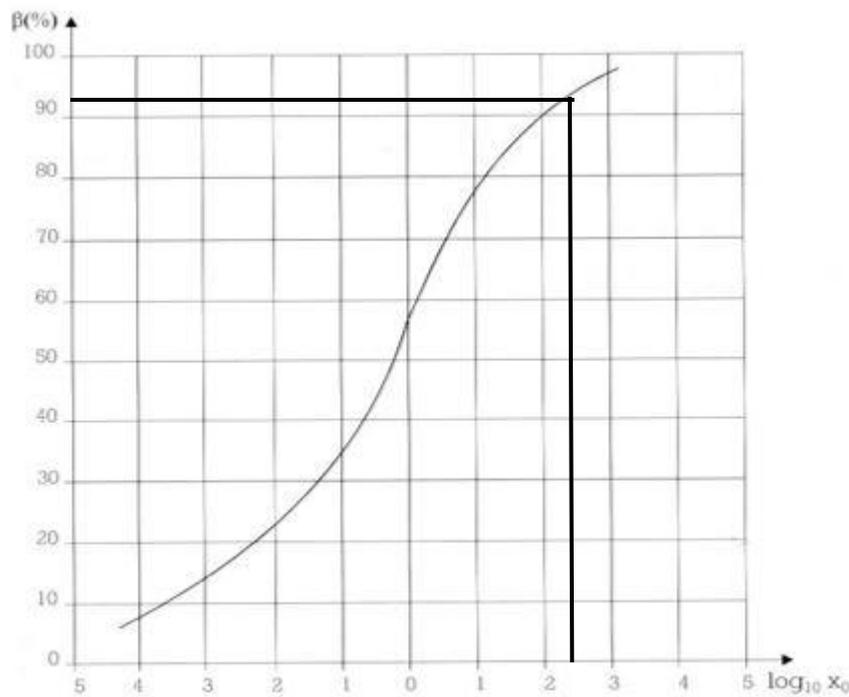
$$x_{01} = \frac{0,38^2 \times 9,81 \times 122^2 \times 120 \times 33720^3}{678058,8^3} = 311,17$$

$$\text{Log}_{10}(x_{01}) = \log_{10}(311,17) = 2,493$$

Avec la valeur du  $\log_{10}(X_{01})$ , on lit celle de  $\beta_1 = 93\%$  sur l'abaque (Illustration 12) et on déduit le débit maximal laminé  $Qe_{max1} = \beta_1 * Qc_{max}$

$$Qe_{max1} = 0,93 * 120 = 111,61 \text{ m}^3/s$$

Détermination du coefficient de Laminage



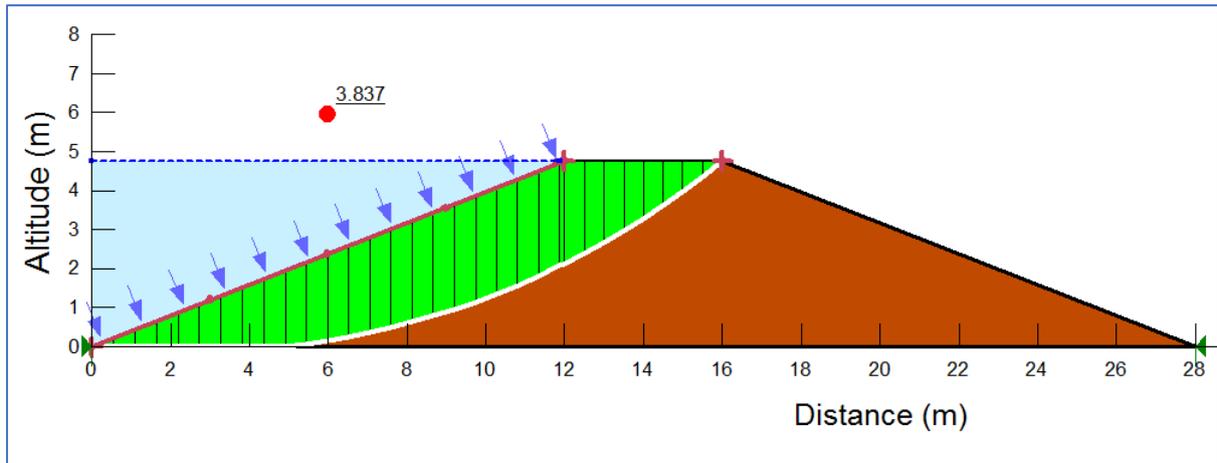
**Illustration 12: Abaque de  $\beta=f(\log(x_0))$**

Par itération successive, on aboutit aux résultats consignés dans le tableau ci-dessous.

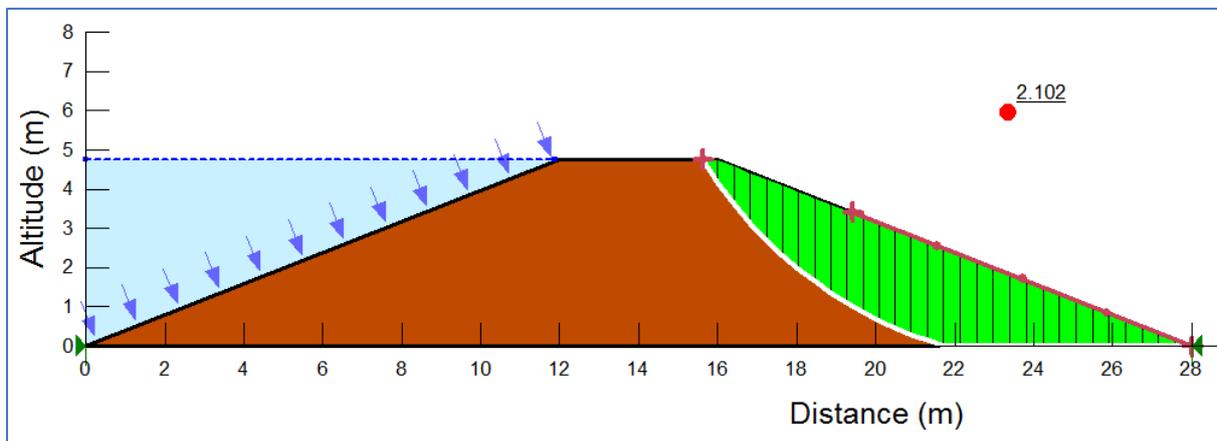
L(m)	$X_0$	Log 10 ( $X_0$ )	$\beta$	$Qe(m^3/s)$
-	-	-	1	120
122,00	311,170	2,493	0,930	111,611
113,00	266,953	2,426	0,926	111,142
113,00	266,953	2,426	0,926	111,142
113,00	266,953	2,426	0,926	111,142
<b>100,00</b>	<b>209,063</b>	<b>2,320</b>	<b>0,920</b>	<b>110,393</b>

On obtient ainsi une longueur de seuil d'environ 113 m avec un débit laminé de 111 m<sup>3</sup>/s. Pour tenir compte du fait que le déversoir est de type radier, une longueur en base de 100 m est retenue. Sur la base d'ers 100 m, le débit laminé vaut 110,4 m<sup>3</sup>/s soit 92,0 % de la crue du projet.

**Vérification de la stabilité des talus du déversoir avec Géoslop (Non déversant)**

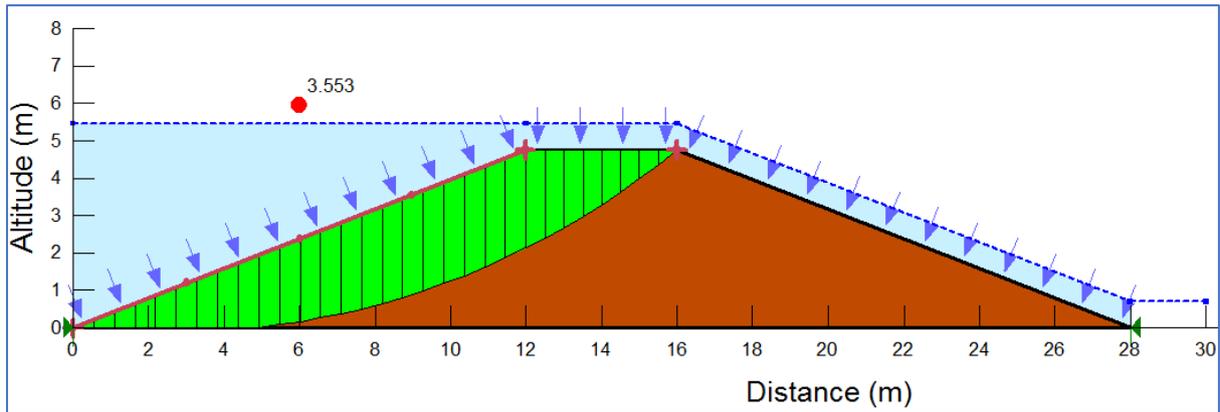


**Illustration 13: Facteur de sécurité de Bishop (talus amont)**

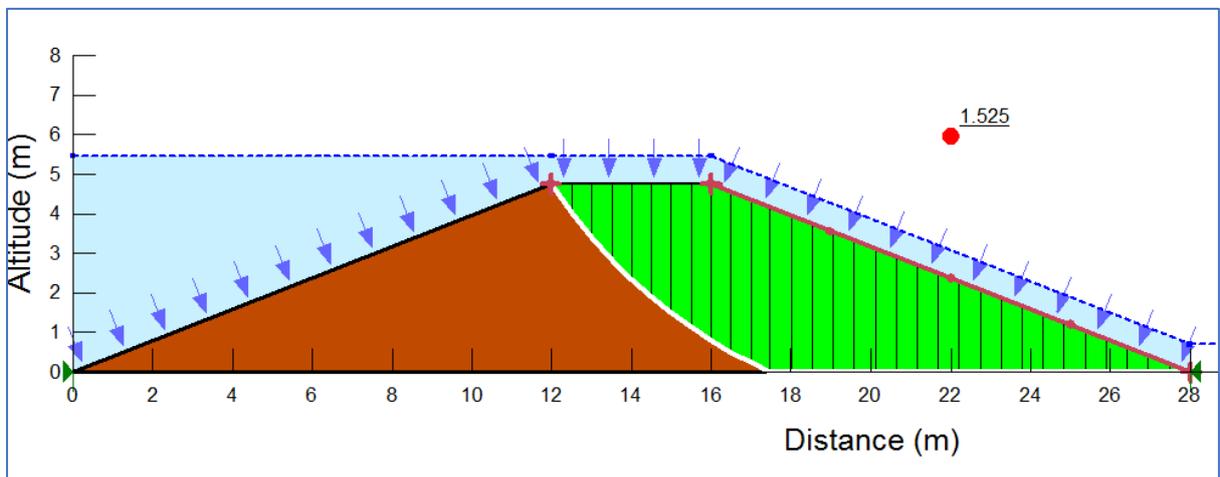


**Illustration 14: Facteur de sécurité de Bishop (talus aval)**

**Vérification de la stabilité des talus du déversoir avec Géoslop (Déversant)**



**Illustration 15: Facteur de sécurité de Bishop (talus amont)**



**Illustration 16: Facteur de sécurité de Bishop (talus aval)**

### Annexe 6: Calcul du bassin de dissipation

#### Bassin à ressaut

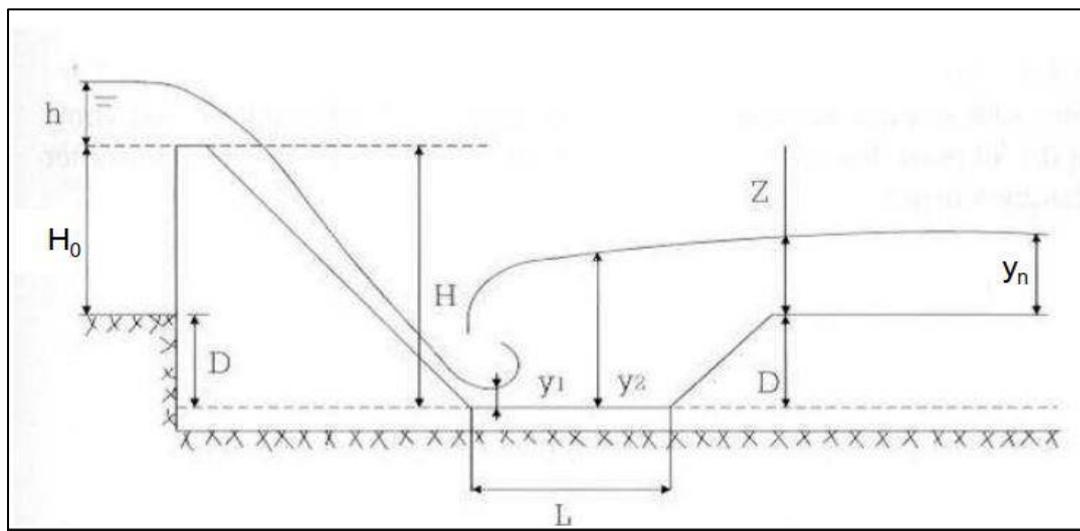


Illustration 17: Image d'un bassin à ressaut

#### Données de calcul :

- La hauteur du déversoir :  $H_0 = 4,75 [m]$
- Le débit maximal laminé  $Q_e = 103,8 [m^3/s]$
- Le coefficient de rugosité  $K_s = 75$
- La pesanteur  $g = 9,81 [m/S^2]$
- La largeur du chenal (longueur du déversoir) :  $L = 100 [m]$

#### Hypothèses

Le bassin de dissipation sera de forme rectangulaire

La pente longitudinale du bassin de dissipation vaut  $i = 0,2\%$

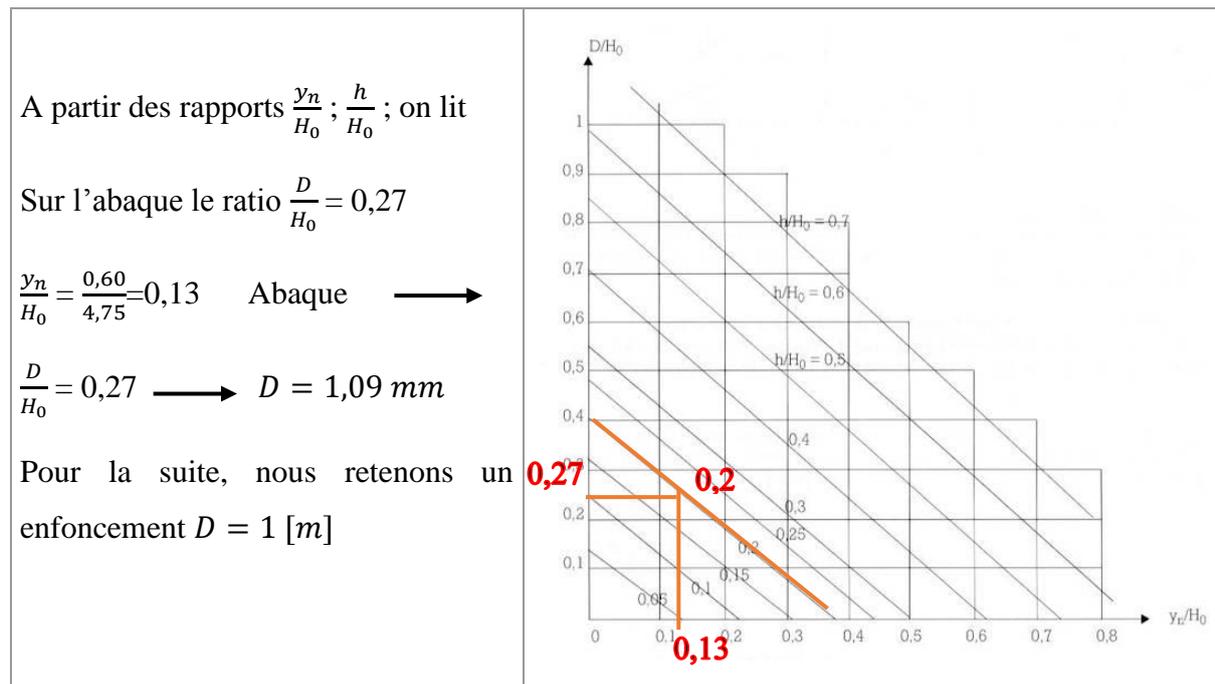
Calcul du tirant d'eau normal  $y_n$

Le calcul de  $y_n$  sera fait en utilisant la méthode de la débitance résolu avec le solveur de Excel.

$\frac{Q_e}{i} = K_s^3 \sqrt{\frac{S^5}{P^2}}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ S: la section mouillée du chenal</li> <li>✓ P: le périmètre mouillé du chenal</li> </ul>
$S = L \times y_n \text{ et } P = L + 2y_n$	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ L : Largeur du chenal [50 m]</li> </ul>

La résolution avec le solveur de Excel, on obtient  $y_n = 0,56$  et nous retenons  $y_n = 60 \text{ cm}$

### Calcul de l'enfoncement D du bassin de dissipation



Type de bassin de dissipation et longueur.

### Calcul de la vitesse $V_0$ du fluide

$V_0 = \frac{Q}{L \times h} = \frac{103,77}{100 \times 0,70}$	$V_0 = 1,48 \text{ m/s}$
---	--------------------------

### Calcul de la hauteur de la ligne d'eau [ $H_e$ ]

$H_e = h + \frac{V_0^2}{2 \times g} = 0,7 + \frac{1,48^2}{2 \times 9,81}$	$H_e \text{ [m]} = 0,80$
---	--------------------------

### Calcul de la hauteur de chute [m]

$H = H_e + H_0 + D = 0,7 + 4,75 + 1$	$H \text{ [m]} = 6,55$
--------------------------------------	------------------------

### Détermination de la vitesse $V_1$ et du tirant $y_1$ à l'entrée du bassin

La vitesse  $V_1$  est fonction du tirant d'eau  $y_1$ . Les deux seront déterminés par itérations sur le solveur Excel des deux égalités ci-dessous.

$V_1 = \sqrt{2 \times g \left[ 0,9 \times \left( H + h + \frac{V_0^2}{2 \times g} \right) - y_1 \right]} = \frac{q}{y_1} \quad q^2 = 2 \times g \times y_1^2 \left[ 0,9 \left( H + h + \frac{V_0^2}{2 \times g} \right) - y_1 \right]$
<p><b>On aboutit à <math>y_1 = 0,12</math> et <math>V_1 = 8,65 \text{ [m/s]}</math></b></p>

### Détermination du nombre de froude (Fr)

$$F_r = \frac{V_1}{\sqrt{g \times y_1}} \quad F_r = \frac{8,65}{\sqrt{9,81 \times 0,12}} \quad F_r = 7,97[m] > 4,5$$

Le ressaut se produit nettement. La mise en place des blocs et des déflecteurs permet de raccourcir le bassin et évite le déplacement du ressaut à l'aval. Comme la vitesse  $V_1$  est inférieure à 15 m/s, le bassin du type II peut être utilisé.

### Détermination du tirant d'eau $y_2$ à la sortie du ressaut

Il sera déterminé à partir du calcul du ratio :  $y_2/y_1$

$\frac{y_2}{y_1} = 0,5 \left( \sqrt{1 + 8F_r^2} - 1 \right)$ $y_2 = 0,5 \times y_1 \left( \sqrt{1 + 8F_r^2} - 1 \right)$	$y_2 = 0,5 \times y_1 \left( \sqrt{1 + 8 \times 7,97^2} - 1 \right)$ $y_2 = 1,28 [m]$
Le tirant d'eau retenu est $y_2 = 1,3 \text{ m}$	

### Caractéristique du bassin de dissipation

Détermination de la longueur  $L_b$  du bassin de dissipation

En fonction du nombre de Froude ( $7,97 \approx 8$ ), la lecture sur l'abaque ci-dessous donne :

La longueur du bassin de dissipation : $L_b/y_2 = 2,6$	$L_b = 2,64 \times y_2 = 2,64 \times 1,3 = 3,5 \text{ m}$ $L_b = 3,5 [m]$
---	--

Les dimensions des blocs de chutes, des blocs chicane ainsi que du seuil terminal ont été déterminées suivant les indications de l'abaque annoncé précédemment

Les blocs de chutes

Hauteur $h_1$ [m] : 0,14	Largeur à la base $y_1$ [m] : 0,14	Espacement $e_1$ [m] : 0,14
--------------------------	------------------------------------	-----------------------------

Les blocs chicanes

$y_1$	$h_2/y_1$	Pente	Hauteur $h_2$ [m]	Largeur [m]	Espacement [m]	Epaisseur crête [m]
0,1	2,0	1/1	0,25	0,18	0,18	0,05

Seuil terminal du bassin

$y_1$ [m] : 0,12	$h_4/y_1$ : 1,5	Pente : 2H/1V	Hauteur $h_4$ [m] : 0,18
------------------	-----------------	---------------	--------------------------

La distance entre les blocs de chute et les blocs de chicanes est :  $D = 0,8 \times L = 0,8 \times 3,5 = 1,2 \text{ m}$

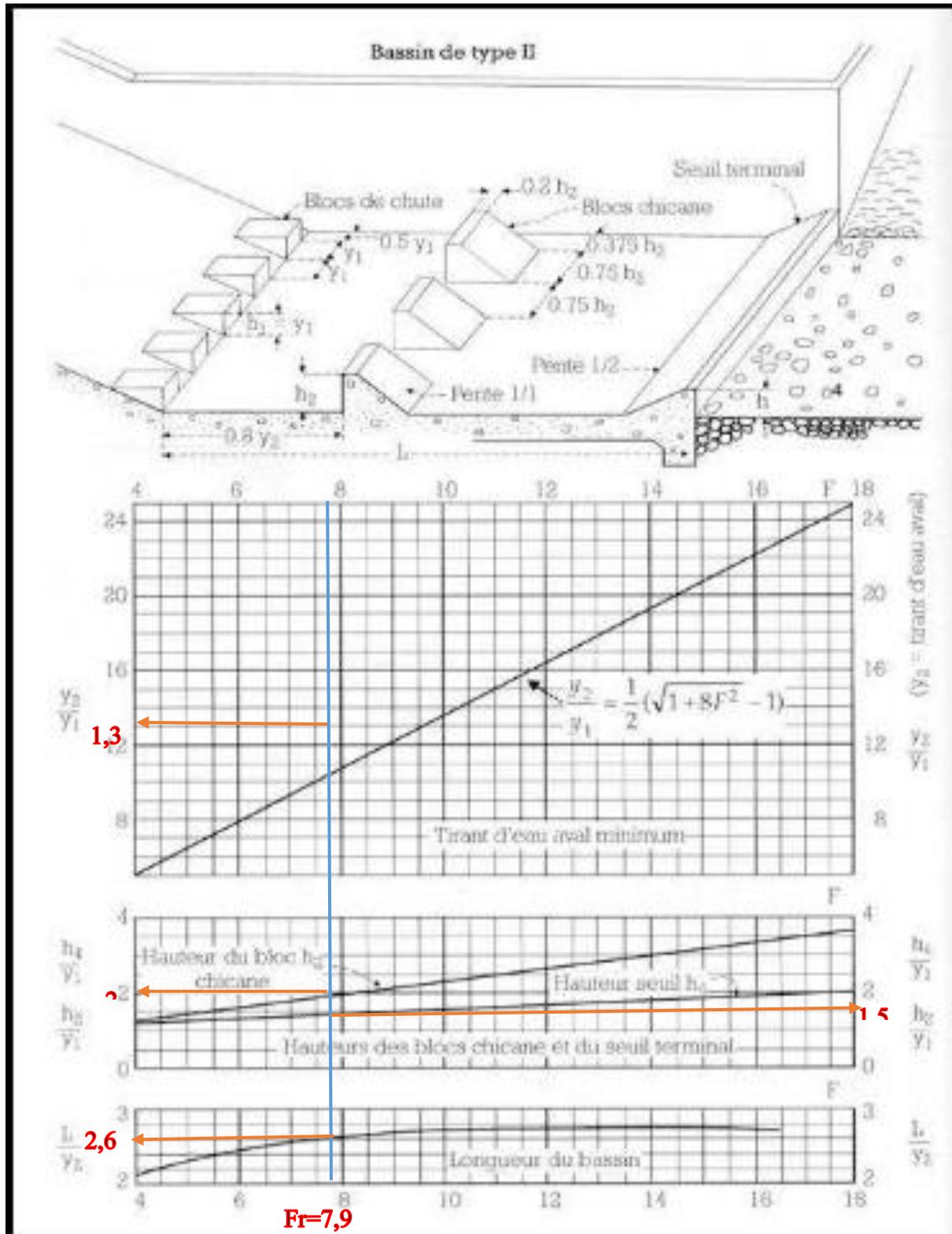


Illustration 18: Abaque de calcul du bassin type II

**Tableau récapitulatif du calcul du bassin de dissipation**

Désignations	Symbole/Unité	Valeur retenue
<b>Bassin de dissipation</b>		
Lame d'eau au-dessus du déversoir	$h[m]$	0,7
Hauteur du PEN au droit du déversoir	$H[m]$	4,75
Enfoncement du bassin	$D[m]$	1
Débit de crue Laminé	$Q[m^3/s]$	103,8
Débit unitaire	$q[m^3/s/ml]$	1,24
Hauteur de chute	$Z[m]$	6,55
Tirant d'eau normal	$y_n[m]$	0,6
Tirant d'eau à l'entrée du bassin	$y_1[m]$	0,12
Vitesse de l'eau à l'entrée du bassin	$V_1[m/s]$	8,65
Nombre de froude	$F_r$	7,97
Type de bassin	Type	II
Longueur du bassin	$L[m]$	3,5
Epaisseur du bassin	$E[m]$	0,3
Revanche	$R_b[m]$	1,25
<b>Blocs de chute</b>		
Hauteur	$h_1[m]$	0,14
Largeur	$l_1[m]$	0,14
Espacement	$E_1[m]$	0,14
<b>Blocs chicanes</b>		
Hauteur	$h_2[m]$	0,25
Largeur	$y_n[m]$	0,18
Espacement	$E_2[m]$	0,18
Distance blocs chicanes-blocs de chutes	$e_1[m]$	1,04
<b>Seuil terminal</b>		
Hauteur du seuil terminal	$h_4[m]$	0,18
Longueur de la protection avale	$L_p[m]$	7
Epaisseur de l'enrochement	$E_p[m]$	0,5
<b>Chenal d'évacuation</b>		
Pente	$I[\%]$	0,2
Profondeur	$y_n[m]$	0,6
Largeur en plafond	$l [m]$	100
Débit maximal	$Q(m^3/s)$	103,8

**Annexe 7: Calcul de l'ouvrage de prise**

$Q = \frac{BB}{N \times N_w \times T_w \times 3600}$ $Q = 1000 \times CS \sqrt{2 \times g \times H}$ $S = \frac{Q}{C \sqrt{2 \times g \times H}}$ $D = 1000 \sqrt{\frac{4 \times S}{\pi}}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ BB : Besoins Brutes mensuels [m<sup>3</sup>]</li> <li>✓ N : le nombre de jour du mois</li> <li>✓ N<sub>w</sub> : 6/7 ; T<sub>w</sub>=5 heures</li> <li>✓ C=0,8     g = 9.81 m/s<sup>2</sup></li> <li>✓ S : la section de la conduite [m<sup>2</sup>]</li> <li>✓ Q : le débit fictif [m<sup>3</sup>]</li> <li>✓ H=290,75-288,5 =2,70</li> </ul>
--	---

Le tableau ci-dessous fait la synthèse du calcul du débit d'équipement ainsi que du diamètre de la conduite pour l'alimentation en eau du périmètre.

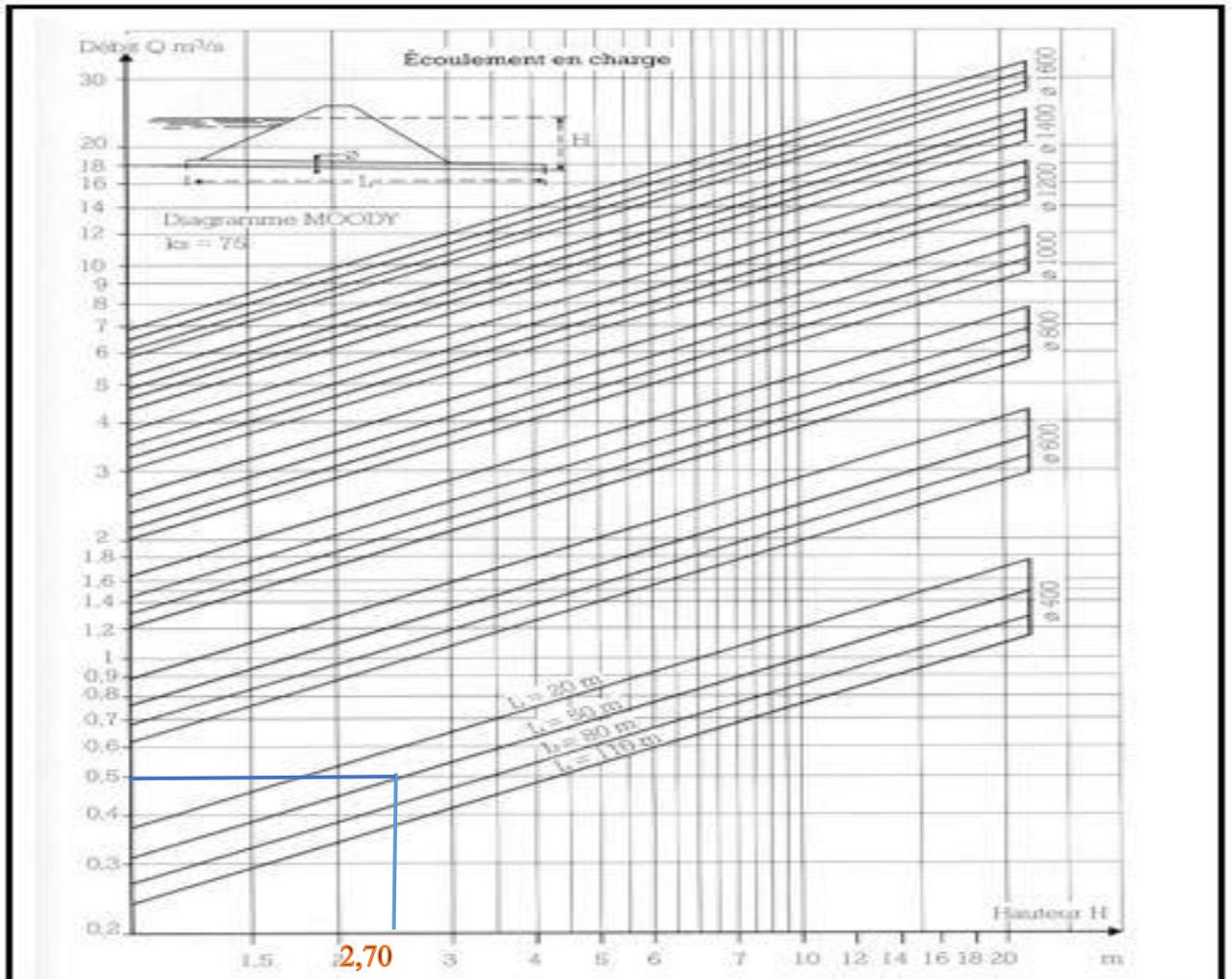
Désignation	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.
N(jours)	30	31	31	28	31	30
Agricole (m <sup>3</sup> )	250	14237	24173	27973	30909	19152
Débits fictifs [m <sup>3</sup> /s]	0,001	0,030	0,051	0,065	0,071	0,041
Diamètre théorique [mm]	11	84,4	110	124,5	139	94,7

On constate que pour satisfaire la demande en eau du périmètre, une conduite de diamètre nominal 250 [mm] est nécessaire. Cependant, étant donné que la même conduite devra jouer le rôle de vidange en cas de besoin, il est nécessaire de tenir compte du temps de vidange en fonction du débit évacué dans le choix final.

Paramètre	Formule	Expression	Unité	Résultat
Côte de la prise d'eau (C <sub>p</sub> )	Courbe hauteur -Volume		m	288,5
Variation minimale de charge (h)	C <sub>FE</sub> - C <sub>p</sub>	289-288,5	m	0,5
Côte de fin exploitation (C <sub>FE</sub> )	Courbe hauteur-volume		m	289

**Simulation de la vidange de la retenue**

La hauteur d'eau représente la différence entre la côte au plan d'eau normal et la côte de la prise [290,75-288,5=2,70]. Le calcul du diamètre tient compte des pertes de charges linéaires et singulières le long de la conduite donnée par l'abaque de MOODY (Illustration).



**Illustration 19: Diagramme de MOODY pour le choix d'une conduite de vidange**

Nous ferons plusieurs simulations à l'aide d'un tableur Excel et adopterons le temps, le débit vidange et le diamètre jugés plus favorables. Les résultats se présentent comme suit

Volume évacué V (m <sup>3</sup> )	Nombre de jours	Débit Q (m <sup>3</sup> /s)	Hauteur (m)	Coefficient m	m	Diamètre nominale D (mm) retenue	Diamètre D(m)
Volume PEN	Fixé	$\frac{V}{j \times 24 \times 3600}$	h	Principe de MOODY			$1000 \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times \sqrt{2 \times g \times h}}}$
1 113 786	60,00	0,22	2,75	235,32	0,5	300	3,16
	55,00	0,24	2,75	245,79	0,5	300	3,45
	50,00	0,27	2,75	257,78	0,5	300	3,80
	45,00	0,30	2,75	271,73	0,5	300	4,22
	40,00	0,34	2,75	288,21	0,5	300	4,75
	35,00	0,38	2,75	308,11	0,5	400	3,05
	<b>30,00</b>	<b>0,45</b>	<b>2,75</b>	<b>332,80</b>	<b>0,5</b>	<b>400</b>	<b>3,56</b>
	25,00	0,54	2,75	364,56	0,5	400	4,27
	15,00	0,89	2,75	470,64	0,5	500	4,56
	10,00	1,34	2,75	576,42	0,5	600	4,75

Afin de vidanger la retenue en un temps relativement court, nous adopterons un débit de vidange de 0,45 m<sup>3</sup>/s et un temps de vidange de 30 jours avec une conduite de diamètre de 400 mm.

**Annexe 8: Notice d'impact environnemental et social**

**Tableau : Evaluation des impacts du projet de réalisation du barrage de Wilga**

Milieu affecté	Impacts identifiés	Evaluation de l'importance des impacts				
		Catégorie	Intensité	Etendue	Durée	Importance
<b>PHASE D'INSTALLATION ET DES TRAVAUX</b>						
<b>Milieu biophysique</b>						
Sols	Accélération de l'érosion et risque de contaminations par les produits chimiques	Négatif	Faible	Ponctuelle	Courte	Mineure
Air et climat sonore	Pollutions atmosphérique et nuisances sonores	Négatif	Moyenne	Locale	Moyenne	Mineure
Eaux	Contaminations des eaux par les polluants	Négatif	Faible	Locale	Moyenne	Mineure
Végétation	Destruction de la végétation de jachère	Négatif	Faible	Ponctuelle	Courte	Mineure
Faune	Destructions des habitats de la faune	Négatif	Faible	Locale	Moyenne	Mineure
<b>Milieu humain</b>						
Cadre de vie	Production de déchets constitués de gravats et de débris végétaux	Négatif	Forte	Ponctuelle	Courte	Majeure
Bruits	Nuissances sonores liées aux engins produisant grands bruits	Négatif	Moyenne	Ponctuelle	Moyenne	Moyenne
Santé, Sécurité	Nuissances diverses et risque de maladies respiratoires (dues aux gaz d'échappement et à la poussière) et des IST pour les populations riveraines mais aussi le personnel de l'entreprise.	Négatif	Faible	Locale	Courte	Mineure
Agropastorales	Pertes de terres agricoles et des zones de Pâturages	Négatif	Moyenne	Locale	Courte	Majeure
Emplois et commerce	Création d'emploi et développement d'activités commerciales avec le personnel d'entreprise	Positif	Moyenne	Locale	Courte	Moyenne

Milieu affecté	Impacts identifiés	Evaluation de l'importance des impacts				
		Catégorie	Intensité	Etendue	Durée	Importance
<b>PHASE D'EXPLOITATION</b>						
<b>Milieu biophysique</b>						
Sols	Modification de la dynamique physico-chimique des sols	Négatif	Faible	Locale	Longue	Moyenne
Eaux de surface et eaux souterraines	Disponibilité d'une eau pour les besoins et recharge de la nappe et amélioration de la productivité des forages environnants	Positif	Forte	Locale	Longue	Majeure
Végétation	Mort de la végétation naturelles et des plantations ne supportant pas l'immersion prolongée.	Négatif	Faible	Locale	Courte	Moyenne
Faune	Recolonisation du site par la faune aquatique (batraciens, insectes, crocodiles etc.) et les animaux sauvages	Positif	Moyenne	Locale	Longue	Moyenne
<b>Milieu humain</b>						
Santé, Sécurité	Possible développement des maladies hydriques (paludisme, bilharziose etc) et risques de noyades	Négatif	Faible	Locale	Longue	Moyenne
Agropastoralisme	Développement et intensification des activités agropastorales	Positif	Moyenne	Locale	Longue	Moyenne
Emploi et commerce	Relance des activités de maraichages et développement des transactions commerciales sur les produits de la pêche et du maraichage	Positif	Moyenne	Locale	Longue	Moyenne
Pêche	Développement de la pêche avec la présence de l'eau	Positif	Moyenne	Locale	Longue	Moyenne
Groupes vulnérables	Amélioration des conditions de vie des femmes à travers des activités génératrice des activités de revenus (Transformation locale des produits agricoles et piscicoles).	Positif	Moyenne	Locale	Longue	Moyenne
Domaine foncier	Risque d'inondation et perte de foncier	Négatif	Faible	Locale	Longue	Moyenne

Etudes techniques de réalisation du barrage de Wilga dans la Commune de Toécé, Province  
du Bazèga, Région du Centre-Sud, Burkina Faso

Devis estimatif des mesures environnementales et sociales

<b>Impacts/Actions environnementales</b>	<b>unité</b>	<b>Quantité</b>	<b>Coût Unitaire (f.(cfa))</b>	<b>Total</b>
Dégradation de la qualité de l'air.(arrosage des voies d'accès)	FF	1	12 000 000	12 000 000
Remis en état des emprunts	FF	1	12 000 000	12 000 000
Renforcement technique des exploitants du barrage sur la protection des berges	FF	1	3 000 000	3 000 000
Renforcement des mécanismes de commercialisation	FF	1	3 000 000	3 000 000
Sensibilisation des populations sur les infections sexuellement transmissibles et maladies hydriques	FF	10	700 000	7 000 000
Sensibiliser le personnel sur les risques de pollution et aux mesures de sécurité	FF	2	500 000	1 000 000
Mise en place du comité d'exploitants	FF	1	1 000 000	1 000 000
Subvention au comité d'exploitant	FF	3	1 500 000	4 500 000
Réalisation d'une piste d'accès pour bétails	Km	5	400 000	2 000 000
Faire de reboisement de compensation	U	5 000	2 500	12 500 000
Appuyer l'entretien des plants	FF	3	250 000	750 000
Surveillance et suivi environnemental	FF	1	5 000 000	5 000 000
<b>TOTAL GENERAL</b>				<b>52 750 000</b>

**Le coût de mise en œuvre du PGES est de Cinquante-deux millions sept cent cinquante milles (52 750 000) FCFA.**

**Annexe 9: Métré et Devis de réalisation du barrage de Wilga.**

Synthèse du métré sur l'évacuateur de crue.

<b>Volume de béton pour bassin de dissipation</b>		
<b>Désignation</b>	<b>Valeurs</b>	<b>Unités</b>
Longueur	100	m
Largeur	3,5	m
Section du bassin	350	m <sup>2</sup>
Epaisseur du bassin	0,3	m
Volume de déblai	105	m <sup>3</sup>
Volume du béton (Vb) pour le bassin	105	m <sup>3</sup>
Volume de béton pour un bloc de chicane	0,0875	m <sup>3</sup>
Nombre de blocs de chicane	250	Chicanes
Volume de béton pour l'ensemble des blocs de chute	21,88	m <sup>3</sup>
Filtre à sable	35	m <sup>3</sup>
Joint bitumineux	165	m <sup>3</sup>
Joint watershop	330	m
Barbacanes D40	100	m
<b>Seuil terminal</b>		
Section fondation	0,12	m <sup>2</sup>
Longueur	0,3	
Volume béton de fondation	12	m <sup>3</sup>
Volume béton de propreté	3	m <sup>3</sup>
Section partie extérieur	0,06	m <sup>2</sup>
Epaisseur partie extérieur	0,3	m
Volume de déblai	12	m <sup>3</sup>
Volume béton partie extérieur	6	m <sup>3</sup>
Volume total béton	18	m <sup>3</sup>
<b>Parement avec gabions ou moellon pour fin du bassin de dissipation</b>		
Longueur du parement	100	m
Largeur du parement Epaisseur moellons	7	m
Volume de déblai (Vd)	0,5	m <sup>3</sup>
Volume de moellons de remplissage (Vr)	350	m <sup>3</sup>

Etudes techniques de réalisation du barrage de Wilga dans la Commune de Toécé, Province du Bazèga, Région du Centre-Sud, Burkina Faso

Volume du béton de blocage	350	m <sup>3</sup>
Volume béton de propreté	2	m <sup>3</sup>
<b>Tapis d'enrochement pour la fin du chenal</b>		
Longueur totale	100	m
Largeur	2	m
Profondeur de fouilles	0,5	m
Volume de déblai (Vd)	100	m <sup>3</sup>
Volume de moellons	100	m <sup>3</sup>
<b>Seuil en béton et blocs de chute</b>		
Longueur	100	m
Section fondation du déversoir	6	m <sup>2</sup>
Section exterieur du déversoir	15,94	m <sup>2</sup>
Section du déversoir	21,94	m <sup>2</sup>
Volume de déblai (Vd)	600	m <sup>3</sup>
Volume de béton (Vb)	2194	m <sup>3</sup>
Volume de béton pour un bloc de chute	56	m <sup>3</sup>
Nombre de blocs de chute	13	Blocs
Volume de béton pour l'ensemble des blocs de chute	0,28	m <sup>3</sup>
<b>Déversoir à radier submersible</b>		
Volume du béton du poutre 1	16	m <sup>3</sup>
Volume du béton du poutre 2	16	m <sup>3</sup>
Volume du béton du poutre 3	70	m <sup>3</sup>
Volume du béton du talus aval	88	m <sup>3</sup>

**Métre de la digue**

Profil	Distances partielles[m]	TN [m]	Côte digue [m]	Hauteur de la digue [m]	Distances cumulées de la digue [m]	Lc. Tranché [m]	Lc. Crête digue [m]	Lb. Tranché [m]	Lb. Digue [m]	Vol. Tranchée [m <sup>3</sup> ]	Vol. Digue [m <sup>3</sup> ]	Volume du filtre [m <sup>3</sup> ]
1	0	292,23	292,65	0,42	0	3,5	4	6,10	1,05	4,00	68,64	
2	25	292,04	292,65	0,61	25	3,5	4	7,05	1,52	8,57	11,17	
3	3,18	292	292,65	0,65	28,18	3,5	4	7,25	1,62	67,41	107,72	
4	25	291,83	292,65	0,82	53,18	3,5	4	8,10	2,05	67,41	137,72	
5	25	291,7	292,65	0,95	78,18	3,5	4	8,75	2,37	67,41	169,71	
6	25	291,54	292,65	1,11	103,18	3,5	4	9,55	2,77	67,41	211,82	
7	25	291,35	292,65	1,3	128,18	3,5	4	10,50	3,25	67,41	263,12	
8	25	291,15	292,65	1,5	153,18	3,5	4	11,50	3,75	67,41	334,94	
9	25	290,86	292,65	1,79	178,18	3,5	4	12,95	4,48	106,55	414,63	
10	25	290,65	292,65	2	203,18	3,5	4	14,00	5	145,69	462,40	
11	25	290,58	292,65	2,07	228,18	3,5	4	14,35	5,17	145,69	500,53	
12	25	290,44	292,65	2,21	253,18	3,5	4	15,05	5,52	145,69	569,16	
13	25	290,22	292,65	2,43	278,18	3,5	4	16,15	6,07	11,13	47,07	
14	1,91	290,2	292,65	2,45	280,09	3,5	4	16,25	6,12	306,22	758,11	
15	25	289,58	292,65	3,07	305,09	3,5	4	19,35	7,67	466,76	1112,48	
16	25	288,77	292,65	3,88	330,09	3,5	4	23,40	9,7	466,76	1528,90	

Etudes techniques de réalisation du barrage de Wilga dans la Commune de Toécé, Province du Bazèga, Région du Centre-Sud, Burkina Faso

17	25	288,13	292,65	4,52	355,09	3,5	4	26,60	11,3	466,76	1849,10	
18	25	288,78	292,65	4,87	380,09	3,5	4	28,35	12,18	772,05	2052,47	
19	25	287,55	292,65	5,1	405,09	3,5	4	29,50	12,75	1042,66	2256,82	
20	25	287,23	292,65	5,42	430,09	3,5	4	31,10	13,55	512,59	1286,89	
21	13,03	287	292,65	5,65	443,12	3,5	4	32,25	14,13	487,77	1021,88	
22	13	286,8	290,75	3,95	456,12	3,5	4	23,75	9,87	833,06	1196,79	
22b	5	286,6	290,75	4,15	461,12	3,5	4	24,75	10,37	713,17	1377,74	54,52
23	18,97	286,33	290,75	4,42	480,09	3,5	4	26,10	11,05	0,00	230,90	218,87
24	21,33	286,48	290,75	4,27	501,42	3,5	4	25,35	10,68	0,00	1459,94	249,55
27	3,67	286,46	290,75	4,29	505,09	3,5	4	25,45	10,73	62,17	419,95	42,29
28	25	286,85	290,75	3,9	530,09	3,5	4	23,50	9,75	887,24	1179,92	275,65
29	8,04	286,97	290,75	3,78	538,13	3,5	4	22,90	9,45	302,33	104,68	83,13
29b	23	286,93	290,75	3,82	561,13	3,5	4	23,10	9,55	943,21	637,87	235,33
30	2	286,88	290,75	3,87	563,13	3,5	4	23,45	9,68	447,20	321,38	20,60
31	12	286,86	290,75	3,89	575,13	3,5	4	23,45	9,72	372,21	965,70	
31b	4	286,85	292,65	5,8	579,13	3,5	4	33,00	14,50	502,01	2585,30	
32	9	287,09	292,65	5,8	588,13	3,5	4	33,00	14,5	502,01	2349,05	
33	25	287,45	292,65	5,56	613,13	3,5	4	31,80	13,9	662,65	2657,43	
34	25	288	292,65	5,2	638,13	3,5	4	30,00	13	256,21	1183,01	
35	33	288,23	292,65	4,65	671,13	3,5	4	27,25	11,62	251,56	1549,62	
36	17	288,59	292,65	4,42	688,13	3,5	4	26,10	11,05	251,56	1314,16	
37	25	289,01	292,65	4,06	713,13	3,5	4	24,30	10,15	251,56	1098,80	

Etudes techniques de réalisation du barrage de Wilga dans la Commune de Toécé, Province du Bazèga, Région du Centre-Sud, Burkina Faso

38	25	289,36	292,65	3,64	738,13	3,5	4	22,20	9,1	159,49	934,00	
39	25	289,65	292,65	3,29	763,13	3,5	4	20,45	8,22	67,41	768,26	
40	25	290,07	292,65	3	788,13	3,5	4	19,00	7,5	67,41	574,42	
41	25	290,58	292,65	2,58	813,13	3,5	4	16,90	6,45	67,41	427,03	
42	25	290,86	292,65	2,07	838,13	3,5	4	14,35	5,17	67,41	325,03	
43	25	291,22	292,65	1,79	863,13	3,5	4	12,95	4,47	39,45	259,86	
44	25	291,3	292,65	1,43	888,13	3,5	4	11,15	3,6	67,41	129,95	
45	25	291,51	292,65	1,35	913,13	3,5	4	10,75	3,4	67,41	194,02	
46	14,63	2911,52	292,65	1,14	927,76	3,5	4	9,70	2,85	67,41	129,95	
47	25	291,54	292,65	1,13	952,76	3,5	4	9,65	2,82	67,41	194,02	
48	25	291,57	292,65	1,11	977,76	3,5	4	9,55	2,77	67,41	190,41	
49	25	291,6	292,65	1,08	1002,76	3,5	4	9,40	2,7	67,41	184,45	
50	25	291,74	292,65	1,05	1027,76	3,5	4	9,25	2,62	93,59	177,40	
51	25	291,74	292,65	0,91	1052,76	3,5	4	8,55	2,27	67,41	158,33	
52	25	291,8	292,65	0,85	1077,76	3,5	4	8,25	2,12	67,41	136,46	
53	34,71	292	292,65	0,65	1112,47	3,5	4	7,25	1,62	24,16	153,81	
Volume total de la tranchée d'ancrage											13 857,12	
Volume total de la digue											40 697,12	
Volume total du filtre											1 179,9	

**Synthèse du métré de la digue du barrage**

Désignation		Volume (m <sup>3</sup> )
Volume décapé (Déblai)		13 857,12
Volume apporté (Remblai)		40 697,12
Couronnement latéritique	0,2	
Muret de crête	Aval	251,50
	Total	251,50
	Total	503,00
Perré sur talus	Amont	2839,58
	Aval	-
	Total	2839,58
Couche de pose	10060,00	1429,85
Enrochement pour drain de pieds	Enrochement	377,25
	Déblai	1006,00
Butée	Déblai	1006,00
	Enrochement	754,50
	Béton	754,50
Drains de filtre	0,50	194

**Devis quantitatif des travaux de réalisation du barrage de Wilga**

N°	Désignation	Unité	Quantité
<b>I</b>	<b>Installation et service</b>		
<b>I-1</b>	Amenée et repli du matériel	FF	1,00
<b>I-2</b>	Installation du chantier y compris dossier d'exécution, sondages géotechnique	FF	1,00
<b>II</b>	<b>Tranchée d'ancrage et fondation</b>		
<b>II-1</b>	Déblai aux engins pour tranchée d'ancrage	m3	13 857
<b>II-2</b>	Remblai argileux compacté aux engins pour tranchée d'ancrage	m3	13 857
<b>III .1</b>	Abattage et dessouchage d'arbres	U	1,00
<b>III .2</b>	Débroussaillage décapage de l'emprise de la digue sur une épaisseur de 30	m3	10731,6
<b>III .3</b>	Déblai à la main à la main butée de pied amont et drain de pie aval	m3	948
<b>III .4</b>	Remblai argileux compacté aux engins pour digue à l'OPN	m3	6450,6
<b>III .5</b>	Filtre horizontal et vertical	m3	194
<b>III .6</b>	Couche de couronnement latéritique	m3	787,20
<b>III .7</b>	Couche de pose talus amont et aval	m3	1430,01
<b>III .8</b>	Perré sec sur les talus amont et aval	m <sup>2</sup>	2839,58
<b>III .9</b>	Enrochement rangé à la main pour butée et drain	m <sup>2</sup>	369
<b>III .10</b>	Maçonnerie de moellons pour muret de crête	m3	492
<b>III .11</b>	Déblai manuel pour muret de crête	m3	492
<b>III .12</b>	Béton cyclopéenne pour Butée	m3	984
<b>III .13</b>	Perée maçonnée sur talus aval et crêtes au droit du déversoir (5 m de part et d'autre)		230
<b>IV</b>	<b>Evacuateur de crue</b>		
<b>IV.1</b>	Déblai grande masse aux engins en terrain meuble	m3	1417
<b>IV.2</b>	Béton de propreté (ép : 5 cm) pour radier de crête, bêche de pied du talus aval, bêche aval et des éléments du bassin dosé à 150 Kg/ m3	m3	64
<b>IV.3</b>	Béton ordinaire dosé à 300 Kg/ m3 pour bassin de dissipation blocs de chute et chicanes et béton de blocage des gabions.	m3	149,87

Etudes techniques de réalisation du barrage de Wilga dans la Commune de Toécé, Province  
du Bazèga, Région du Centre-Sud, Burkina Faso

<b>IV.4</b>	Béton armée coulé en élévation, en inclinaison, à plat pour bèches de la crête, ancrage intermédiaire coursier, ancrage du talus aval et élément du bassin de disposition à 350 Kg/ m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	190
<b>IV.5</b>	Fourniture et pose de joint bitumineux	m <sup>3</sup>	116
<b>IV.6</b>	Fourniture et pose de joint watershop	m <sup>2</sup>	231
<b>IV.7</b>	Barbacanes	m <sup>3</sup>	100
<b>IV.8</b>	Parement avec gabions pour fin de dissipation	m <sup>3</sup>	30
<b>IV.9</b>	Sable pour filtre	m <sup>3</sup>	40
<b>IV.10</b>	Remblai sans apport protection du chenal	m <sup>3</sup>	1 800
<b>IV.11</b>	Péree maçonnés pour protection du talus amont et du chenal (ep.25 cm)	m <sup>3</sup>	50
<b>VII</b>	<b>Ouvrage de prise et de vidange</b>		
<b>VII.1</b>	Déblai à la main	m <sup>3</sup>	44
<b>VII.2</b>	Béton de propreté dosé à 150 Kg/ m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	2
<b>VII.3</b>	Béton de propreté dosé à 350 Kg/ m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	10
<b>VII.4</b>	Fourniture et pose de conduite en fonte DN250	m <sup>3</sup>	30
<b>VII.5</b>	Fourniture et pose d'une vanne DN250	m <sup>3</sup>	1
<b>VII.6</b>	Fourniture métallique pour grille de protection pour bacs amont et regard	m <sup>3</sup>	2
<b>VII.7</b>	Fourniture et pose d'une crépine Φ250	m <sup>3</sup>	1
<b>VII.8</b>	Echelle descente dans les bacs	m <sup>3</sup>	2
<b>VII.9</b>	Maçonnerie de moellons pour marches	m <sup>3</sup>	11
<b>VIII</b>	<b>Dispositif de suivi et d'auscultation du barrage</b>		
<b>VIII.1</b>	Fourniture et pose d'échelle limnimètre y compris IPN	u	5
<b>VIII.2</b>	Implantation des bornes d'auscultations	u	2
<b>VIII.3</b>	Matérialisation et implantation des bornes du PHE	ff	1
<b>VIII.4</b>	Matérialisation et implantation des bornes de la bande de servitude	ff	1

**Devis estimatif de réalisation du barrage de Wilga**

N°	Désignation	Unité	Quantité	PU	Prix total
<b>I</b>	<b>Amenée et repli du matériel, installations du chantier</b>				
I -1	Amenée et repli du matériel	FF	1,00	15 000 000	15 000 000
I -2	Installation du chantier y compris dossier d'exécution, sondages géotechnique	FF	1,00	10 000 000	10 000 000
	Sous total				<b>25 000 000</b>
<b>II</b>	<b>Tranchée d'ancrage et fondation</b>				
II-1	Déblai aux engins pour tranchée d'ancrage	m3	13 857	4500	62 356 500
II-2	Remblai argileux compacté aux engins pour tranchée d'ancrage	m3	13 857	6000	83 142 000
	<b>Sous total</b>				<b>145 498 500</b>
<b>III</b>	<b>Digue</b>				
III .1	Abattage et dessouchage d'arbres	U	1,00	2 750 000	2 750 000
III .2	Débroussaillage décapage de l'emprise de la digue sur une épaisseur de 30	m3	10731,6	200	2 146 320
III .3	Déblai à la main à la main butée de pied amont et drain de pie aval	m3	948	4 500	4 428 000
III .4	Remblai argileux compacté aux engins pour digue à l'OPN	m3	6450,6	6250	40 316 250
III .5	Filtre horizontal et vertical	m3	194	18 000	3 492 000
III .6	Couche de couronnement latéritique	m3	787,20	5 500	4 329 600
III .7	Couche de pose talus amont et aval	m3	1430,01	5 500	7 862 965
III .8	Perré sec sur les talus amont et aval	m <sup>2</sup>	2839,58	7 750	22 006 745
III .9	Enrochement rangé à la main pour butée et drain	m <sup>2</sup>	369	11 000	4 059 000

Etudes techniques de réalisation du barrage de Wilga dans la Commune de Toécé, Province  
du Bazèga, Région du Centre-Sud, Burkina Faso

N°	Désignation	Unité	Quantité	PU	Prix total
III .10	Maçonnerie de moellons pour muret de crête	m3	492	30 000	14 760 000
III .11	Déblai manuel pour muret de crête	m3	492	4 000	1 968 000
III .12	Béton cyclopéenne pour Butée	m3	984	100 000	98 400 000
III .13	Perée maçonnée sur talus aval et crêtes au droit du déversoir (5 m de part et d'autre)		230	12 500	2 875 000
	<b>Sous total</b>				<b>209 393 880</b>
<b>IV</b>	<b>Evacuateur de crue</b>				
IV.1	Déblai grande masse aux engins en terrain meuble	m3	1417	5 000	7 085 000
IV.2	Béton dosé à 150 Kg/ m3 de propreté (ép :5cm) pour radier de crête, bèche de pied du talus aval, bèche aval et des éléments du bassin .	m3	64	30 000	1 920 000
IV.3	Béton ordinaire dosé à 300 Kg/ m3 pour bassin de dissipation, blocs de chute et chicanes et béton de blocage des gabions.	m3	149,87	120 000	17 985 000
IV.4	Béton armée coulé en élévation, en inclinaison, à plat dosé à 350 Kg/ m3 pour bèche de la crête, ancrage intermédiaire coursier, ancrage du talus aval et éléments du bassin de disposition .	m3	190	180 000	34 200 000
IV.5	Fourniture et pose de joint bitumineux	m3	116	4 500	522 000
IV.6	Fourniture et pose de joint watershop	m <sup>2</sup>	231	45 833	10 587 423
IV.7	Barbacanes	m3	100	4 000	400 000
IV.8	Parement avec gabions pour fin de dissipation	m3	30	30 000	900 000

Etudes techniques de réalisation du barrage de Wilga dans la Commune de Toécé, Province  
du Bazèga, Région du Centre-Sud, Burkina Faso

N°	Désignation	Unité	Quantité	PU	Prix total
IV.9	Sable pour filtre	m3	40	18 000	720 000
IV.10	Remblai sans apport protection du chenal	m3	1 800	5 000	9 000 000
IV.11	Perée maçonnés pour protection du talus amont et du chenal (ep.25 cm)	m3	50	12 500	625 000
	<b>Sous total</b>				<b>83 944 423</b>
<b>V</b>	<b>Ouvrage de prise et de vidange</b>				
V.1	Déblai à la main	m3	44	4 500	198 000
V.2	Béton de propreté dosé à 150 Kg/ m3	m3	2	70 000	162 540
V.3	Béton de propreté dosé à 350 Kg/ m3	m3	10	188 000	1 880 000
V.4	Fourniture et pose de conduite en fonte DN250	m3	30	300 000	9 000 000
V.5	Fourniture et pose d'une vanne DN250	m3	1	400 000	400 000
V.6	Fourniture métallique pour grille de protection pour bacs amont et regard	m3	2	105 000	210 000
V.7	Fourniture et pose d'une crépine Φ250	m3	1	100 000	100 000
V.8	Echelle descente dans les bacs	m3	2	120 000	240 000
V.9	Maçonnerie de moellons pour marches	m3	11	30 000	330 000
	<b>Sous total</b>				<b>12 542 540</b>
<b>VI</b>	<b>Dispositif de suivi et d'auscultation du barrage</b>				
VI.1	Fourniture et pose d'échelle limnimètre y compris IPN	u	5	300 000	1 500 000
VI.2	Implantation des bornes d'auscultations	u	2	100 000	100 000
VI.3	Matérialisation et implantation des bornes du PHE	ff	1	5 000 000	5 000 000

Etudes techniques de réalisation du barrage de Wilga dans la Commune de Toécé, Province du Bazèga, Région du Centre-Sud, Burkina Faso

N°	Désignation	Unité	Quantité	PU	Prix total
VI.4	Matérialisation et implantation des bornes de la bande de servitude	ff	1	5 000 000	5 000 000
	<b>Sous total</b>				<b>11 700 000</b>
	<b>Total hors taxes (Fcfa)</b>				<b>540 829 343</b>
	<b>Taxes à valeurs ajoutée (TVA) 18%</b>				<b>97 349 282</b>
	<b>Total tout taxes confondus (Fcfa)</b>				<b>638 178 625</b>

**Annexe 10: Plans et Coupes**

1. Plan de masse
2. Profil en Long du barrage de Wilga
3. Profil en travers type de la digue du barrage de Wilga
4. Vue en plan et coupe de l'ouvrage de prise
5. Coupe transversale de l'évacuateur de crue