



**ETUDES TECHNIQUES POUR LA RECONSTRUCTION
DU BARRAGE DE KOURWEMA DANS LA COMMUNE
DE SAPONE, PROVINCE DU BAZEGA, REGION DU
CENTRE-SUD AU BURKINA FASO.**

**MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR 2IE AVEC
GRADE DE MASTER EN GENIE CIVIL ET HYDRAULIQUE**

Options : Infrastructures et Réseaux Hydrauliques

Présenté et soutenu publiquement le **14/01/2019** par :

Ribou KABRE (N° d'inscription : 2016 0353)

Directeur de mémoire : **Moussa LO**, Enseignant à 2IE au Département Génie Civil et Hydraulique(GCH).

Maître de stage : **Mohamed Lamine Djibrilla TOURE**, Ingénieur Aménagiste-Hydraulicien à GERTEC

Structure d'accueil : Génie d'Etudes de Réalisations et d'Assistance Technique.

Jury d'évaluation du Stage :

Président : Dr Malicki **ZOROM**

Membres et Correcteurs :

Dr. Boukary **SAWADOGO**
Mme. Marie.T **GOMIS**

Promotion [2017-2018]

DEDICACE



***A TOUTE MA
FAMILLE***

REMERCIEMENTS

J'adresse mes sincères remerciements à :

- Tout le corps professoral de l'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE) pour la qualité de la formation qui nous a été dispensée durant tout notre cursus,
- Mon directeur de mémoire, *M. Moussa LO* pour son encadrement, pour sa disponibilité et son accompagnement durant tout le stage malgré son calendrier très chargé ;
- Au Génie d'Etudes de Réalisations et d'Assistance Technique (GERTEC) pour m'avoir accueilli pour mon stage ;
- Mon maître de stage *M. Mohamed Lamine Djibrilla TOURE* pour son encadrement et son suivi régulier durant la période du stage ;
- Tout le personnel de GERTEC pour leur soutien et leur disponibilité ;
- Tous mes amis et proches pour leurs aides dans la réalisation du présent mémoire.

RESUME

Le présent mémoire traite des études techniques détaillées du barrage de Kourwéma. Il a deux vocations primaires à savoir satisfaire les besoins pastoraux et agricoles.

Le projet a été initié après la rupture de la digue du barrage en 2013 et suite à la demande pressante des populations locales. D'où la nécessité de remédier à cette situation dans le cadre du Plan National de Développement Economique et Social du Burkina Faso.

Les sorties de terrain ont permis de faire l'état des lieux du barrage et ont conduit à une étude de reconstruction. Les études géotechniques faites sur les zones d'emprunt révèlent que l'argile à utiliser pour la digue est peu plastique avec un taux de dispersion supérieur à 30 %. Ainsi la digue à réaliser sera à zone avec un rechargement latéritique. La tranchée d'ancrage varie de 0,50 m à 3,00 m de profondeur conformément aux recommandations géotechniques. La digue mesure 522,70 m de long sans le déversoir et a une hauteur maximale de 5 m (côte de la crête : 101,00). La digue présente des talus (amont et aval) identiques dont la pente est de 1V/2H permettant de garantir la stabilité des talus. La cuvette se situe à l'exutoire d'un bassin versant de 58,47 km².

Le barrage dispose d'un déversoir en béton de type-poids, long de 175 m, en position centrale et est conçu pour évacuer une crue centennale de 180 m³/s. Deux murs bajoyers de 5,00 m de hauteur servent de jonction entre le déversoir et la digue. Un ouvrage de prise (servant de vidange), calé à la côte 93,35 m permet l'irrigation d'un futur périmètre à l'aval de superficie 5 ha.

L'ouvrage proposé permet de stocker un volume de 632 287 m³ au PEN. Au-delà de la satisfaction des besoins humains et pastoraux; la simulation de la retenue permet d'envisager une superficie irrigable de 5 ha pour le maraichage (l'oignon, la tomate, le haricot vert ...) en saison sèche.

Le coût de l'ouvrage est évalué à 757 149 725 F FCA Toutes Taxes Comprises.

Mots clés :

- 1- Barrage de Kourwéma
- 2- Digue de barrage
- 3- Etudes techniques de reconstruction
- 4- Retenue d'eau
- 5- Reconstruction du barrage

ABSTRACT

This thesis presents the technical detailed studies of the dam of Kourwéma. The water that it will storage will be mostly used for animals and agricultural needs.

Following the break of the dike of the dam in 2013, the project has been initiated regarding local populations request to the government. So it was very important to solve this problem in right terms with National Economic and Social Development Plan.

Visits that we have carried out on the site lead to a new study for a rebuilding of the dam. Geotechnical studies show that gley to use for the rebuilding of the dam is a little plastic and has a rate of dispersion upper to 30%. So the dike will have a core on which a laterical reloading will be done. The depth of the trench of anchorage varies from 0.5 m to 3.0 m. The dike has 522.70 m longer without the spillway and is set at the coast of 101.00 m and has 4.00 m as crest' width. The dike has the same slope (upstream and downstream) which is 1V/2H and guarantees the stability of the astragales. The watershed of the dam is around 58.47 Km².

The spillway of the dam will be made of concrete, has 175.0 m of longer in central position and is designed to evacuate a water flow of 180 m³/s during the next century. Two retaining walls which have a height of 5.0 m allow the junction between the dike and the spillway. An intake structure set at the side of 97.35 m allows the irrigation of a future perimeter of 5 ha downstream.

The dam allows the storage of 632,287.00 cubic meter of water at the level of normal water. Over the satisfaction of human and animal's needs, the simulation of the dam allows the irrigation of 5 ha perimeter downstream (onion, tomato, green bean....).

The global cost of the dam is estimated at 757,149,725 CFA F any taxes included.

Key words

- 1- Dam of Kourwema
- 2- Dike of the dam
- 3- Reconstruction of the dam
- 4- Technical studies of reconstruction
- 5- Water retention

LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS

2iE : Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement

EIES : Eude d'Impact Environnemental et Social

ETO : Evapotranspiration de Reference

ETM : Évapotranspiration Maximale

Pe : Pluie Efficace

CIEH : Comité Interafricain d'Etudes Hydrauliques

DGIH : Direction Générale des Infrastructures Hydrauliques

DREA : Direction Régionale de l'Eau et de l'Assainissement

DREEV : Direction Régionale de l'Environnement et de l'Economie Verte

FAO : Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture

GPS: Global Positioning System

Kc : Coefficient cultural

Ke : Coefficient d'écoulement

Ha : Hectare

IGB : Institut Géographique du Burkina

INSD : Institut National de la Statistique et de la Démographie

IRD : Institut de Recherche et de Développement (Ex Orstom)

ONBAH : Office National des Barrages et des Aménagements Hydrauliques

ORSTOM : Office de la Recherche Scientifique et Technique d'Outre-Mer

UBT : Unité de Bétail Tropical

RGPH : Recensement Général de la Population et de l'Habitat

RD : Rive Droite

RG : Rive Gauche

TN : Terrain Naturel

PEN : Plan d'Eau Normal

PGES : Plan de Gestion Environnemental et Social

PNDES : Plan National de Développement Economique et Social

PHE : Plus Hautes Eaux

Table des matières

DEDICACE	i
REMERCIEMENTS	ii
RESUME	iii
ABSTRACT	iv
LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS	v
Table des matières	vi
LISTE DES TABLEAUX	viii
LISTE DES FIGURES	ix
I. Introduction	1
II. Présentation de la structure d'accueil et de la zone d'étude	2
II.1 Présentation de la structure d'accueil	2
II.2 Présentation de la zone d'étude	2
II.2.1 Localisation et accessibilité du site	2
II.2.2 Climat et relief	4
II.2.3 Sols de la zone d'étude	4
II.2.4 Végétation	5
II.2.5 Faune	5
II.2.6 Hydrographie	5
II.2.7 Ressources en eau dans le village.....	5
II.2.8 Villages concernés par le projet.....	6
II.2.9 Principales activités économiques de la zone du projet	6
III. Présentation du projet	6
III.1 Contexte et justification.....	6
III.2 Objectifs de l'étude	7
III.2.1 Objectif général	7
III.2.2 Objectifs spécifiques	8
III.3 Etat des lieux actuel du site	8
III.4 Données de base pour l'étude.....	12
III.4.1 Données climatologiques.....	12
III.4.2 Données topographiques de la cuvette de la retenue	16
III.4.3 Données géotechniques	16
IV. Méthodologie de l'étude	18
IV.1 Recherche documentaire et bibliographique, collecte de données.	18
IV.2 Etudes hydrologiques	18
IV.2.1 Caractéristiques physiques du bassin versant du barrage de Kourwéma.....	18

Etudes techniques pour la reconstruction du barrage de Kourwéma dans la commune de Saponé, Province du Bazèga, Région du Centre-Sud au Burkina Faso.

IV.2.2	Analyse fréquentielle des pluies	20
IV.2.3	Débit de projet	20
IV.2.4	Etudes des apports	23
IV.3	Etudes de la retenue.....	25
IV.3.1	Etude de la digue et de la cuvette	25
IV.3.2	Ouvrages annexes.....	29
IV.4	Estimation des besoins et pertes	33
IV.5	Bilan global et simulation.....	36
IV.6	Etude financière.....	36
IV.7	Etude d'Impact environnemental et Social.....	36
V.	Etudes techniques du barrage de Kourwéma	37
V.1	Définition de la période de retour.....	37
V.2	Etudes hydrologiques	37
V.2.1	Caractérisation du bassin versant	37
V.2.2	Analyse fréquentielle des pluies	40
V.2.3	Débit de projet	41
V.2.3	Etudes des apports	42
V.3	Etudes de la retenue.....	43
V.3.1	Etudes de la digue.....	43
V.3.2	Caractéristiques de la cuvette	46
V.4	Ouvrages annexes.....	47
V.4.1	Le déversoir et les murs bajoyers	47
V.4.2	Le bassin de dissipation et le chenal d'évacuation	49
V.4.3	Ouvrage de prise et de vidange.....	50
V.5	Estimation des besoins et des pertes.....	51
VI.	Etudes financières.....	54
VII.	Notice d'Impact Environnemental et Social	54
VII.1	Rappel du cadre législatif	54
VII.2	Identification des sources et des récepteurs d'impacts.....	56
VII.3	Contenu du Plan de Gestion Environnementale et Sociale(PGES)	59
VIII.	Conclusion.....	63
IX.	Recommandations	64
X.	Bibliographie.....	65
XI.	Annexes.....	66

LISTE DES TABLEAUX

<i>Tableau 1: Coordonnées de localisation du site en UTM</i>	3
<i>Tableau 2: Villages concernés par le projet</i>	6
<i>Tableau 3: Caractéristiques actuelles du barrage</i>	9
<i>Tableau 4: Dégradations constatées et leurs causes</i>	9
<i>Tableau 5: Pluies annuelles moyennes (mm) de la station de Kombissiri de 1968 à 2014</i>	12
<i>Tableau 6: Pluies journalières maximales de la station de Kombissiri de 1968 à 2014</i>	13
<i>Tableau 7: Evaporation de la station météorologique de Ouagadougou de 1968 à 2011</i>	14
<i>Tableau 8: Données du fond topographique de la cuvette</i>	16
<i>Tableau 9 : caractéristiques physiques du bassin versant du barrage de Kourwéma.</i>	38
<i>Tableau 10 : Quantiles pluviométriques en fonction de la période de retour</i>	41
<i>Tableau 11: Valeurs des débits</i>	41
<i>Tableau 12: Coefficients d'écoulement</i>	42
<i>Tableau 13: Caractéristiques de la digue</i>	43
<i>Tableau 14: Caractéristiques de la retenue</i>	47
<i>Tableau 15: Caractéristiques géométriques du déversoir</i>	48
<i>Tableau 16: Caractéristiques du bassin de dissipation et du chenal d'évacuation</i>	49
<i>Tableau 17: Dimensionnement de l'ouvrage de prise</i>	50
<i>Tableau 18: Hypothèses d'évaluation des besoins humains et pastoraux</i>	51
<i>Tableau 19: Besoins humains et pastoraux et agricoles</i>	51
<i>Tableau 20 : Pertes par évaporation et par infiltration</i>	51
<i>Tableau 21: Pertes par dépôts solides</i>	51
<i>Tableau 22: Simulation de la retenue</i>	53
<i>Tableau 23 : Synthèse des impacts en phase de reconstruction</i>	57
<i>Tableau 24: Synthèse des impacts en phase d'entretien et d'exploitation</i>	58
<i>Tableau 25 : Stratégie de mise en œuvre des actions environnementales</i>	60
<i>Tableau 26 : Coût des actions environnementales</i>	61
<i>Tableau 27: Fiche Technique des sondages géotechniques</i>	67
<i>Tableau 28: Ajustement des pluies maximales journalières en période de crue par la loi de Gumbel</i> 70	
<i>Tableau 29: Comparaison entre les caractéristiques de la loi de Gumbel et celles de l'échantillon ...</i> 70	
<i>Tableau 30: Ajustement des pluies annuelles par la loi de Gauss</i>	71
<i>Tableau 31: Comparaison entre les caractéristiques de la loi de Gauss et celles de l'échantillon</i>	71
<i>Tableau 32: Calculs du débit décennal par la méthode ORSTOM</i>	72
<i>Tableau 33: Calculs du débit décennal par la méthode CIEH</i>	72
<i>Tableau 34: Vérification de la règle de LANE</i>	73
<i>Tableau 35: Calcul du déversoir</i>	75
<i>Tableau 36: Détermination des actions sur le déversoir</i>	78
<i>Tableau 37 : Vérification de la stabilité du déversoir</i>	79
<i>Tableau 38 : Dimensionnement du mur bajoyer</i>	80
<i>Tableau 39 : Dimensionnement du bassin de dissipation et du chenal d'évacuation</i>	81
<i>Tableau 40: Cubature de la digue</i>	84
<i>Tableau 41: Volume de déblai pour la tranchée d'ancrage</i>	85
<i>Tableau 42: Volume de déblai pour la butée amont et le drain de pied</i>	86
<i>Tableau 43: Métré de la retenue</i>	87

LISTE DES FIGURES

<i>Figure 1 : Carte de localisation de la région du projet</i>	<i>3</i>
<i>Figure 2: Carte de localisation du site.....</i>	<i>4</i>
<i>Figure 3 : Cercles de glissement des talus</i>	<i>28</i>
<i>Figure 4: Illustration du déversoir.....</i>	<i>29</i>
<i>Figure 5: Illustration du bassin de dissipation et du chenal d'évacuation.....</i>	<i>32</i>
<i>Figure 6: Carte du bassin versant du barrage de Kourwéma.....</i>	<i>38</i>
<i>Figure 7: Courbe hypsométrique</i>	<i>39</i>
<i>Figure 8: Ajustement des pluies annuelles par la loi de Gauss</i>	<i>40</i>
<i>Figure 9: Ajustement des pluies journalières maximales par la loi de Gumbel</i>	<i>40</i>
<i>Figure 10: Hydrogramme des crues.....</i>	<i>42</i>
<i>Figure 11: Courbe hauteur-surface</i>	<i>46</i>
<i>Figure 12: Courbe hauteur-volume.....</i>	<i>46</i>
<i>Figure 13: Géométrie du déversoir.....</i>	<i>47</i>
<i>Figure 14: Géométrie du mur bajoyer</i>	<i>48</i>
<i>Figure 15: Actions mécaniques exercées sur les murs bajoyers</i>	<i>49</i>
<i>Figure 16: Courbe d'exploitation de la retenue</i>	<i>54</i>
<i>Figure 17: Schéma des actions mécaniques sur le déversoir.....</i>	<i>77</i>
<i>Figure 18: Détermination de l'enfoncement du bassin de dissipation</i>	<i>83</i>

Etudes techniques pour la reconstruction du barrage de Kourwéma dans la commune de Saponé, Province du Bazèga, Région du Centre-Sud au Burkina Faso.

FICHE TECHNIQUE DU BARRAGE DE KOURWEMA

N°	DESIGNATION	CARACTERISTIQUES	
I	LOCALISATION		
	Village	Kourwéma	
	Commune	Saponé	
	Province	Bazèga	
	Région	Centre-Sud	
	Longitude	001° 26,086' Ouest	001° 25,990' Ouest
	Latitude	12° 04,176' Nord	12° 04,189' Nord
	Référence des coordonnées GPS	Point de rupture du déversoir	En rive droite du barrage
	Distance de Kombissiri	11 km	
	Distance de Ouagadougou	56 km	
II	BASSIN VERSANT		
	Superficie	58,47 km ²	
	Périmètre	33,74 km	
	Débit de crue de projet (centennale)	180 m ³ /s	
	Pluie annuelle moyenne (Pan)	760 mm	
	Pluie journalière décennale humide (P10)	112 mm	
	Pluie journalière centennale humide (P100)	173 mm	
	Apport d'eau annuel en année moyenne	3 377 227, 2 m ³	
	Apport d'eau annuel en année quinquennale sèche	2 068 551,66 m ³	
	Apport d'eau annuel en année décennale sèche	1 366 443, 9 m ³	
III	RETENUE		
	Côte PEN	99,90	
	Côte PHE	100,50	
	Volume d'eau à la cote du Plan d'Eau Normal (PEN)	632 287 m ³	
	Surface du plan d'eau à la cote du Plan d'Eau Normal	48,35 ha	
	Surface du plan d'eau à la cote PHE	64,39 ha	
	Hauteur d'eau à la cote du Plan d'Eau Normal	4,00 m	
IV	DIGUE		
	Type	Digue à zone avec rechargement en graveleux latéritique	
	Longueur	563,83 m	
	Hauteur maximale	5,16 m	
	Largeur en crête	4,00 m	
	Pente du talus amont	2H/1V	
	Pente du talus aval	2H/1V	
V	TRANCHEE D'ANCRAGE		

Etudes techniques pour la reconstruction du barrage de Kourwéma dans la commune de Saponé, Province du Bazèga, Région du Centre-Sud au Burkina Faso.

	Largeur au plafond	3,50 m
	Profondeur maximale	3,00 m
	Pente des talus	1H/3V
VI	EVACUATEUR DE CRUES	
	Type	Déversoir-Poids en béton armé
	Débit de dimensionnement	180 m ³ /s
	Charge maximale d'eau sur le seuil déversant	0,60 m
	Revanche sur le déversoir	0,50 m
	Longueur	175 m
	Longueur du bassin de dissipation	4,00 m
VII	OUVRAGE DE PRISE	
	Nombre	1
	Position	rive gauche
	Type	prise aval
	Caractéristique de la conduite	fonte
	Diamètre de la conduite	400 mm
	Longueur de la conduite	34 m
	Nombre de vanne	1
	Position de la vanne	aval
	Hauteur d'eau sur le bac amont	2,60 m
VIII	AMENAGEMENT ANNEXE	
		diguette de protection
	Nombre	1
	Type	Remblai argileux
	Longueur	150 m
	Hauteur maximale	1,50 m
	Largeur en crête	3,50 m
	Côte de calage	97,34 m
	Pente du talus amont	2H/1V
	Pente du talus aval	2H/1V
IX	CHENAL D'EVACUATION	
	Longueur	50 m
	Largeur au début	175 m
	Largeur à la fin	20 m
	Pente longitudinale	3 %
	Pente des talus	3H/2V

I. Introduction

Le Burkina Faso est un pays **sahélien et enclavé** où la **disponibilité** et l'**accès** à l'eau constituent des préoccupations majeures tant pour le gouvernement que pour les populations. Cette situation est de plus en plus aggravée par les problèmes de réchauffement climatique laissant souvent les populations sans issue.

La question qui se pose alors est : que faut-il faire pour résoudre de façon durable ce calvaire enduré par les populations dû au manque d'eau?

Conscient de ce problème, le gouvernement et ses partenaires ont entrepris d'énormes efforts pour mobiliser les ressources en eau tant de surface que souterraine en faveur des populations. Ces efforts se traduisent par la réalisation de points d'eau pour appuyer considérablement l'accès à l'eau. C'est ainsi que le pays compte de nos jours plus d'un millier de barrages et des dizaines de milliers de forages.

Cependant, les problèmes d'eau persistent car les demandes sont de plus en plus très fortes et pressantes.

Alors pour apporter une réponse favorable aux doléances des populations, le Ministère de l'Eau et de l'Assainissement(MEA) à travers la Direction Générale des Infrastructures Hydrauliques(DGIH) a lancé un programme de réhabilitation et de réalisation de retenues d'eau sur l'ensemble du territoire national.

Face à cette situation, quelles techniques faut-il utiliser pour apporter une réponse forte et efficace à la mobilisation des ressources en eau pour les populations ?

C'est dans le but de mieux comprendre et d'apporter notre contribution que nous avons effectué notre stage de fin de cycle dans le bureau d'étude GERTEC sur la mobilisation des ressources en eau de surface. Notre thème est le suivant: « *Etudes Techniques pour la Reconstruction du Barrage de Kourwéma dans la Commune de Saponé, Province du Bazèga, Région du Centre-Sud au Burkina Faso* ».

Ce mémoire s'articule autour de trois parties :

- ❖ Dans un premier temps, nous présentons la zone d'étude et la méthodologie utilisée ;
- ❖ Dans un second temps, nous présentons les études effectuées et les résultats obtenus ;
- ❖ Enfin nous faisons ressortir les observations et les recommandations ;
- ❖ Les références bibliographiques sont fournies à la suite de la conclusion. Les notes de calculs et les tableaux sont fournis en annexes.

II. Présentation de la structure d'accueil et de la zone d'étude

II.1 Présentation de la structure d'accueil

Le Génie d'Études de Réalisations et d'assistance Technique (GERTEC) a été créé en avril 1998 en tant qu'entreprise individuelle et transformée en Octobre 2009 en Société à Responsabilité Limitée (SARL). Son but est de contribuer à sa façon au développement du secteur des études, du contrôle et de l'assistance technique dans le domaine des travaux d'ingénierie. Afin d'atteindre cet objectif, GERTEC met en œuvre des méthodes et technologies de haut niveau. La qualité de ses prestations est assurée par la grande expérience de ses experts acquise au Burkina Faso et au plan international. Son siège social est à Ouagadougou au Burkina Faso.

Le champ d'intervention de GERTEC englobe les domaines ci-après :

- Mobilisation et gestion des ressources en eau : Barrages/retenues d'eau, Aménagements hydro-agricoles et hydraulique fluviale;
- Génie Civil : pistes rurales, routes, bâtiments, construction métallique, ouvrage de franchissement ;
- Adduction d'Eau Potable : Ouvrages de stockage, Stations de pompage, Stations de traitement, Réseaux de refoulement, Réseaux de distribution, Ouvrages connexes, Système de régulation ;
- Hydraulique villageoise et pastorale : Forages, Puits à grand diamètre
- Agriculture et ressources animales : Productions végétales et animales, Aménagements pastoraux, Vulgarisation, Appuis techniques, Développement de nouvelles perspectives ;
- Environnement : Études d'impacts environnementaux des projets et des événements, Conservation des eaux et des sols, Aménagement forestier et de la faune
- Énergie : Hydraulique, Thermique, Solaire.

II.2 Présentation de la zone d'étude

II.2.1 Localisation et accessibilité du site

Le barrage de Kourwéma se situe dans la Commune de Saponé, Province du Bazèga, Région du Centre-Sud au Burkina Faso. La localisation de la région du projet est présentée sur la carte suivante :

Etudes techniques pour la reconstruction du barrage de Kourwéma dans la commune de Saponé, Province du Bazèga, Région du Centre-Sud au Burkina Faso.

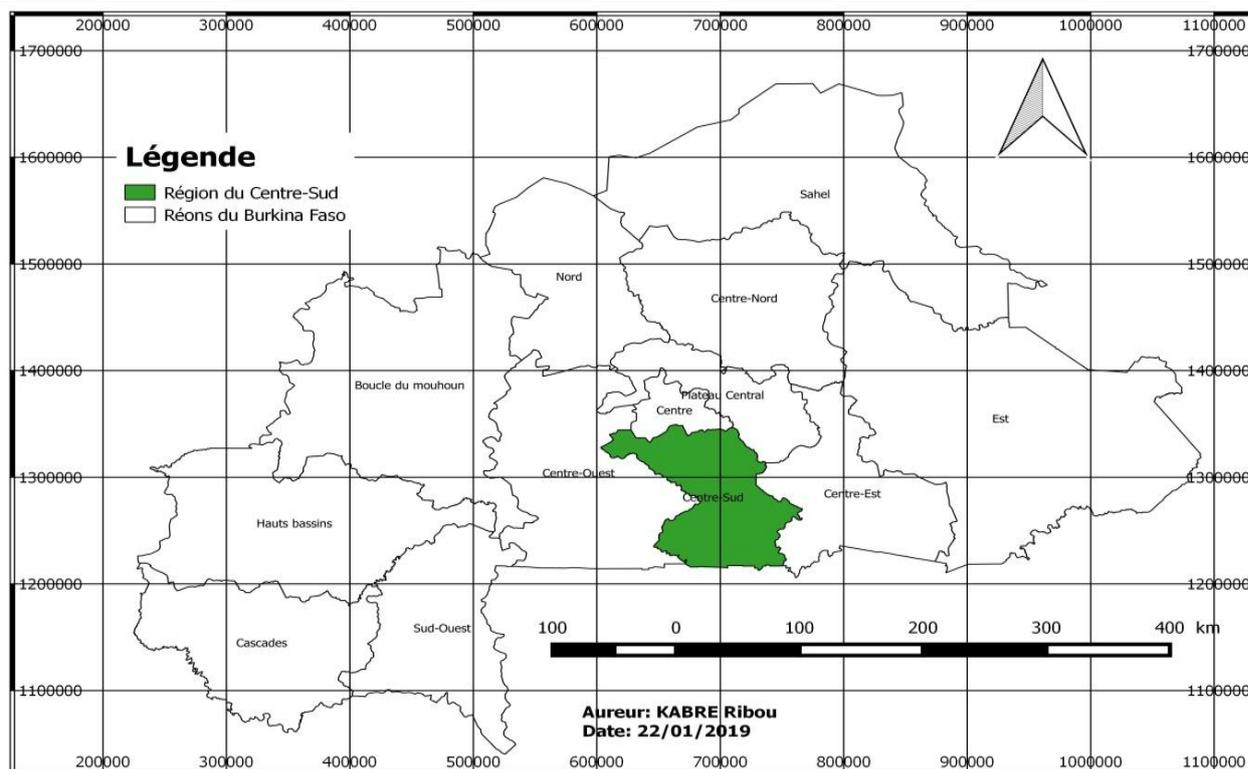


Figure 1 : Carte de localisation de la région du projet

L'accès au site(en partant de Ouagadougou) se fait en empruntant la Route Nationale RN°5 jusqu'à Kombissiri. La voie est bitumée et praticable en toute saison. De Kombissiri, on bifurque à droite pour emprunter la Route Départementale RD°39(qui est non bitumée de praticabilité difficile durant la saison des pluies) jusqu'à Kourwéma. Le barrage de Kourwéma est situé à l'entrée du village. La localisation du site en coordonnées UTM est donnée dans le tableau suivant :

Tableau 1: Coordonnées de localisation du site en UTM

Localité-site	Bornes			
		X	Y	Z
Kourwéma	B1	670 177,12	1 334 623	100,77
	B2	670 573,00	1 334 643	100,00

L'accessibilité au site du projet en partant de Ouagadougou est présentée dans la carte qui suivra avec les itinéraires à suivre jusqu'au barrage(Route Nationale RN 5 et la Route Départementale RD 39).

Etudes techniques pour la reconstruction du barrage de Kourwéma dans la commune de Saponé, Province du Bazèga, Région du Centre-Sud au Burkina Faso.

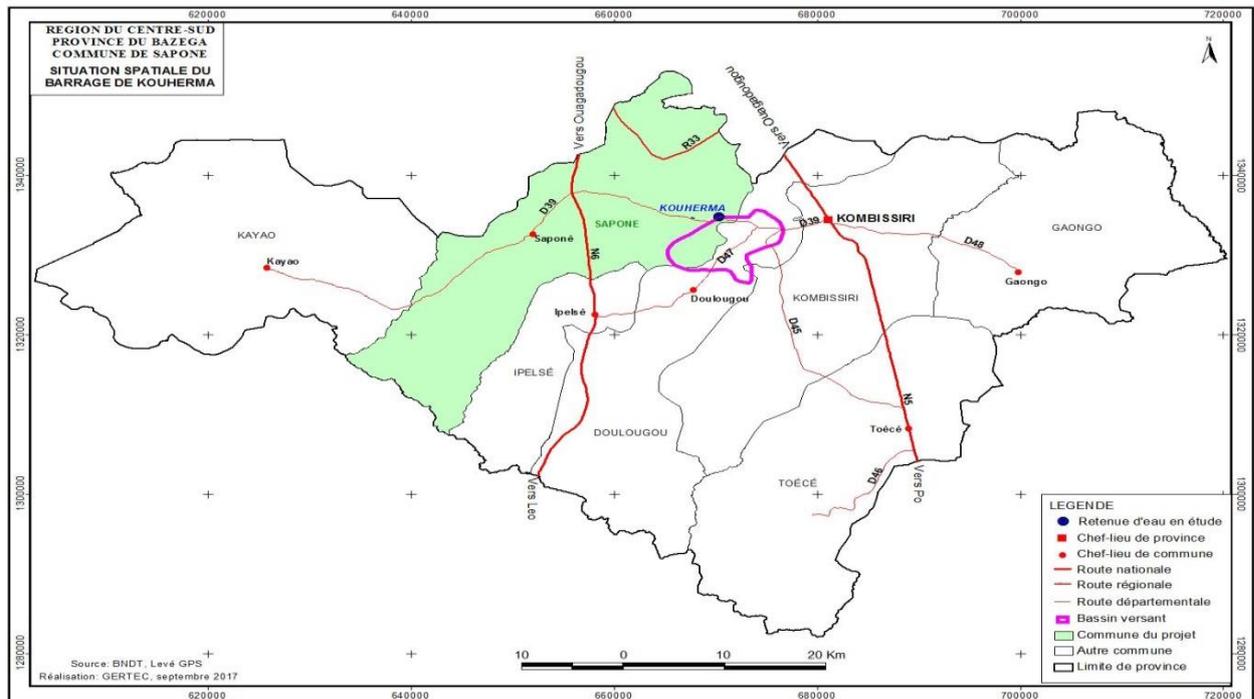


Figure 2: Carte de localisation du site

II.2.2 Climat et relief

La zone du projet se situe dans le domaine climatique soudano-sahélien marqué par deux saisons bien distinctes dans l'année. La saison sèche qui dure 8 mois (octobre à mai) et une saison pluvieuse qui dure 4 mois (juin à septembre). Ces durées sont peu variables d'une année à l'autre et on note des variations spatiales assez importantes dans les hauteurs d'eau enregistrées.

Les précipitations maximales sont enregistrées dans les mois de juillet et d'août. La moyenne annuelle sur la période 1968 à 2014 est de 760 mm. Les températures journalières les plus élevées sont situées au mois d'avril. La température moyenne annuelle sur la période de 1968 à 2014 est de 26,3 °C. Les hauteurs d'eau sont généralement supérieures à celles enregistrées dans les autres régions du Burkina Faso.

Quant au relief de la zone d'étude, il est faiblement accidenté avec une dénivelée spécifique de 23,26 m.

II.2.3 Sols de la zone d'étude

Les sols hydro-morphes appartiennent au groupe des pseudogley d'ensemble et sont les plus dominants sur l'ensemble de la région. Ils sont sur des matériaux argilo-sableux, sur matériaux alluviaux divers. Ils évoluent sous l'influence d'un accès d'eau temporaire ou permanent. Le profil du sol est profond et le drainage y est déficient. Ils sont propices aux cultures pluviales et irriguées et au maraîchage.

Etudes techniques pour la reconstruction du barrage de Kourwéma dans la commune de Saponé, Province du Bazèga, Région du Centre-Sud au Burkina Faso.

Les sols peu évolués d'origine climatique, sont associés aux vertisols, aux sols halomorphes et aux lithosols sur granite, et se trouvent à l'extrême Nord-Ouest, au Centre et à l'Est de la région. Ils sont caractérisés par une faible capacité de rétention en eau liée à leur texture grossière et aux pertes par ruissellement. La fertilité chimique est fonction de la nature géologique du substratum mais reste en général basse. Ces sols sont exploités en culture de mil et d'arachide mais sont plus favorables comme zone de parcours de bétail.

II.2.4 Végétation

La végétation est plus ou moins abondante et se compose pour l'ensemble du site d'espèces hydrophyles dont les plus importantes sont *Lanea microcarpa*, *Acacia acrostachya*, *Securinea virosa* et *Zizyphus auritiana*. Les unités d'occupation des sols représentant la végétation sont : les cultures pluviales, la mosaïque de champs et le parc agro-forestier. Ces données montrent que le site est situé dans une zone fortement occupée par les activités agro-sylvo-pastorales. Dans ces conditions, il se déduit aisément l'importance de la reconstruction du barrage qui viendra en soutien à la reconstitution du potentiel végétal en particulier et des ressources naturelles en général. Cela constitue un soutien au potentiel de production agro-sylvo-pastoral.

II.2.5 Faune

La faune de la zone du projet est principalement composée de petit gibier. Les espèces que l'on trouve sont les porcs – épics, les rats voleurs, des pintades sauvages, des lièvres, des hérissons. La grande faune a presque disparu à cause des activités agro-pastorales.

II.2.6 Hydrographie

Le réseau hydrographique du village de Kourwéma se caractérise essentiellement par la présence du bas-fond appelé BINABA qui quitte le Ghana, traverse le village de Kourwéma, et continue son trajet à l'aval vers Ouédbila.

II.2.7 Ressources en eau dans le village

Au terme de l'enquête, le village compte 5 forages tous fonctionnels pour environ 1 349 personnes. Ce qui nous donne en moyenne 270 personnes par forage. Or la norme nationale est de 250 personnes par forage. Ce nombre cache la réalité du vécu. Le village disposant d'un nombre important d'animaux, la pression animale est réelle et importante sur les forages du village. Ainsi en intégrant tous les besoins, il y a une réelle insuffisance d'eau dans le village. En plus de l'insuffisance, il y a l'accélération de la fréquence des pannes de forges existantes suite à la forte pression sur ceux-ci.

Etudes techniques pour la reconstruction du barrage de Kourwéma dans la commune de Saponé, Province du Bazèga, Région du Centre-Sud au Burkina Faso.

II.2.8 Villages concernés par le projet

La zone du projet est constituée par l'ensemble des villages susceptibles d'utiliser l'infrastructure après sa réalisation. Ainsi, la zone d'influence diffuse du projet couvre sept (07) villages y compris le village récepteur qui est Kourwéma. Aussi, pour estimer la population bénéficiaire à l'horizon du projet, il a été utilisé les données du recensement général de la population du Burkina Faso réalisé en 2006 (RGPH, 2006). Le tableau suivant donne la liste des villages concernés par le projet.

Tableau 2: Villages concernés par le projet

N°	villages	Communes	Provinces	Région	Distance au site en km
1	Kourwéma	Saponé	Bazèga	Centre-Sud	0
2	Gana	Doulougou	Bazèga	Centre-Sud	4
3	Pissy	Saponé	Bazèga	Centre-Sud	7
4	Toundou	Saponé	Bazèga	Centre-Sud	8
5	Bankoré	Saponé	Bazèga	Centre-Sud	10
6	Karé	Saponé	Bazèga	Centre-Sud	4
7	Siolghin	Doulougou	Bazèga	Centre-Sud	9
Total	7 Villages	2 communes	1 province	1 région	Rayon maximal 10 km

Source : Enquêtes village de Kourwéma, Bureaux d'Etudes AC3E / GERTEC, Août 2017.

II.2.9 Principales activités économiques de la zone du projet

Les principales activités socio-économiques du village de Kourwéma sont l'agriculture et l'élevage. En plus de ces activités de production agricole, les habitants de Kourwéma mènent parallèlement un certain nombre d'activités qui permettent d'améliorer les revenus et les conditions de vie des ménages. Les activités secondaires ainsi répertoriées sont : la maraîcher-culture, le commerce et autres (jardinage,...).

III. Présentation du projet

III.1 Contexte et justification

La mobilisation des ressources en eau constitue une préoccupation majeure aussi bien pour le gouvernement du Burkina Faso que pour les communautés de base et les partenaires au développement. Elle constitue une priorité et une contribution incontournable à l'atteinte des objectifs de la sécurité alimentaire et de la lutte contre la pauvreté. Aussi, les populations rurales burkinabés retiennent comme action prioritaire, la mise en valeur de ressources sous exploitées comme les cours d'eau naturels. Le présent aménagement du site vise essentiellement à satisfaire les besoins en eau de surface de la population du village de Kourwéma et de ses voisins. Il vise à apporter la contribution du gouvernement du Burkina

Etudes techniques pour la reconstruction du barrage de Kourwéma dans la commune de Saponé, Province du Bazèga, Région du Centre-Sud au Burkina Faso.

Faso et de ses partenaires au développement à une plus grande rentabilité du secteur agricole et réduire effectivement la pauvreté en milieu rural. Cette action s'inscrit en droite ligne dans la politique gouvernementale visant la mise en œuvre d'actions de gestion rationnelle des ressources naturelles dont la mobilisation des ressources en eau constitue aujourd'hui un des domaines clés et prioritaires. En effet, pour faire face à la pauvreté rurale, le gouvernement burkinabé a élaboré un cadre stratégique de lutte contre la pauvreté. Aussi, le présent projet se justifie-t-il sur les plans social, économique et financier, de la gestion des ressources naturelles et sociales.

Sur le plan social, les bénéficiaires de l'aménagement qui seront appelés à travailler sur ce site verront leurs relations sociales renforcées, gage d'un développement local consolidé. De plus avec les activités qui y seront menées et les différentes formations qui seront dispensées, il y aura une amélioration des compétences locales qui serviront aussi bien sur le périmètre aménagé que dans d'autres activités.

Sur le plan économique et financier, les activités à entreprendre autour du barrage (ceci surtout avec l'aménagement de l'aval du barrage) sont plus rentables que celles qui étaient conduites sans l'aménagement. Il y aura une amélioration des conditions de production agricole, sylvicole et pastorale conduisant à des augmentations de rendements dans ces différents secteurs d'activités. Il s'en suit une augmentation de l'épargne locale et du renforcement de certaines autres activités telles que l'élevage et le petit commerce.

Sur le plan politique et de la gestion des ressources naturelles, la réalisation de l'aménagement constitue une réponse à la politique nationale en matière de gestion des ressources naturelles. En effet, le Burkina Faso a élaboré des orientations en matière d'aménagement du territoire. Sur le plan de la gestion des ressources naturelles, l'eau stockée contribuera grandement à l'essor socioéconomique des villages constituant la zone du projet. Des effets indirects moins évidents tels que la création d'un microclimat et de l'alimentation en eau de la nappe phréatique à hauteur et à l'aval de la retenue sont de véritables atouts pour l'équilibre écologique du terroir récepteur.

III.2 Objectifs de l'étude

III.2.1 Objectif général

L'objectif global de l'étude est la réalisation de la retenue d'eau pour les populations du village de Kourwéma et des villages alentours. Ce qui permettra de réduire considérablement la pauvreté et améliorer les conditions de vie des populations.

Etudes techniques pour la reconstruction du barrage de Kourwéma dans la commune de Saponé, Province du Bazèga, Région du Centre-Sud au Burkina Faso.

III.2.2 Objectifs spécifiques

Les objectifs spécifiques de l'étude sont les suivants :

- Faire les études hydrologiques pour déterminer le débit de projet et les apports liquides au droit du barrage afin de nous assurer qu'il sera rempli en période défavorable (années quinquennale et décennale sèches) ;
- Proposer une conception optimale de la digue qui fera ressortir ses caractéristiques géométriques garantissant sa stabilité et permettant d'avoir un optimum économique;
- Faire une étude de conception et de dimensionnement du déversoir et de ses ouvrages annexes pour évacuer en toute sécurité les crues et limiter l'action érosive de l'eau;
- Faire une estimation du coût total des travaux pour déterminer les investissements.

III.3 Etat des lieux actuel du site

Le barrage de Kourwéma a été construit en 1997 par le frère ADRIEN qui était le principal frère du monastère de Koubri. Il fut réalisé avec l'appui technique des anciens de l'Office National des Barrages et Aménagements Hydrauliques (ONBAH) sans un ouvrage de prise.

Dû à un manque d'entretien, la retenue a subi des dégradations considérables conduisant à la rupture de la digue et une partie du déversoir en 2013.

La retenue avait une capacité de stockage estimée à environ 282 000 m³ et servait principalement les besoins humains et pastoraux des populations locales.

Le barrage de Kourwéma comprend une cuvette qui est très peu encaissée, une digue avec un déversoir (radier) situé en rive gauche du barrage.

Les principales caractéristiques de la retenue lors de nos visites sur le terrain sont présentées dans le tableau qui suit.

Etudes techniques pour la reconstruction du barrage de Kourwéma dans la commune de Saponé, Province du Bazèga, Région du Centre-Sud au Burkina Faso.

Tableau 3: Caractéristiques actuelles du barrage

Ouvrages	Caractéristiques	Observations
Barrage	Capacité	282 000 m ³ environ
Digue	Nature	Remblai argileux
	Longueur	207 m
	Largeur en crête	4 m
	Muret amont	Béton cyclopéen
	Muret aval	Béton cyclopéen
	Largeur (muret amont- aval)	0, 30 m
	Protection talus amont	Perré sec
	Protection talus aval	Perré sec
Déversoir	Position	Latérale (Rive gauche)
	Longueur	155 m
	Nature	Déversoir en radier
	Protection talus amont	Perré maçonné
	Protection talus aval	Béton ordinaire
Bassin de dissipation	-	Néant

La visite de terrain a permis de déceler les dysfonctionnements et les désordres des différents ouvrages du barrage qui sont indiqués dans le tableau suivant.

Tableau 4: Dégradations constatées et leurs causes

Désignations	Pathologies des dégradations	Cause des dégradations
Digue	Dégradation de la digue	Défaut de compacité des remblais
	Les murets de crête aval et amont sont cassés par endroits	Manque d'entretien courant des ouvrages
	La protection des talus amont et aval de la digue a été emportée par l'érosion par endroits (apparition des griffes d'érosion)	
	L'irrégularité de la largeur	Dûes aux griffes d'érosion engendrées par les eaux de ruissellement des pluies et

Etudes techniques pour la reconstruction du barrage de Kourwéma dans la commune de Saponé, Province du Bazèga, Région du Centre-Sud au Burkina Faso.

	en crête de la digue	aussi par un manque d'entretien courant de l'ouvrage
	Erosion des rives de la digue (rives gauche et droite)	Manque d'entretien courant des ouvrages
	Le talus aval est érodé sur toute la longueur de la digue	La crête n'avait pas été aménagée avec une bonne pente pour diriger les eaux vers l'amont
	La présence d'arbres, d'arbustes et de termitières sur la crête et les talus de la digue	Manque d'entretien courant des ouvrages
Déversoir	Le béton s'est beaucoup dégradé et présente des zones de fissures	La mauvaise mise en œuvre du béton du déversoir
	Apparition des granulats du béton	Le béton n'est pas armé
	Le déversoir est cassé sur une longueur de 20 m environ	La mauvaise mise en œuvre du béton du déversoir
	L'érosion de la fondation par endroit	La mauvaise mise en œuvre de la tranchée d'ancrage
Cuvette	La cuvette est très peu encaissée (ensablée)	Absence de dispositifs de protection de la cuvette
	La présence de champs de cultures	Activités agricoles à proximité du plan d'eau

Les images suivantes confirment les dégradations constatées dans la retenue et leurs causes.

Les principales dégradations constatées sont les suivantes :

Etudes techniques pour la reconstruction du barrage de Kourwéma dans la commune de Saponé, Province du Bazèga, Région du Centre-Sud au Burkina Faso.



Le muret de crête cassé par endroit



La crête de digue dégradée



Dégradation de la protection du talus amont de la digue par l'érosion par endroits



Lieu de rupture du radier



Cassures et fissures au niveau du radier



Présence d'arbres et d'arbustes sur la crête et les talus de la digue



Présence de champs de cultures dans la cuvette

Etudes techniques pour la reconstruction du barrage de Kourwéma dans la commune de Saponé, Province du Bazèga, Région du Centre-Sud au Burkina Faso.

III.4 Données de base pour l'étude

Les données de base qui nous ont permis de mener à bien l'étude sont les données climatologiques (pluviométrie, température, évaporation), le fond topographique de la cuvette, l'étude géotechnique et la notice d'impact environnemental.

III.4.1 Données climatologiques

Les données pluviométriques que nous utiliserons sont celles de la station synoptique de **Kombissiri** car étant la plus proche du site. Ces données couvrent la période de 1964 à 2014. L'échantillon est de taille car elle présente une série de données sur plus de 30 ans permettant ainsi de faire une analyse statistique satisfaisante.

Par contre pour les données sur l'évaporation, nous utiliserons les données de la station météorologique de Ouagadougou couvrant la période de 1968 à 2014.

Ces données pluviométriques seront utilisées pour déterminer à travers l'analyse fréquentielle la pluie annuelle moyenne qui interviendra dans le calcul des apports liquides au droit de la retenue. Elles permettront également de déterminer la pluie maximale journalière de fréquence décennale (humide) et la pluie maximale journalière de fréquence centennale (humide) contre lesquelles nous protégerons le barrage.

Tableau 5: Pluies annuelles moyennes (mm) de la station de Kombissiri de 1968 à 2014

Année	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Déc	Pan
1968	0,0	4,8	10,1	14,3	100,2	97,2	207,3	169,0	151,0	56,7	0,0	0,0	810,6
1969	0,0	0,0	11,0	27,7	67,8	117,3	228,7	320,5	169,3	41,7	0,5	0,0	984,5
1970	0,0	0,0	0,0	4,6	111,7	54,0	248,9	179,2	130,1	19,3	0,0	0,0	747,8
1971	0,0	0,0	6,0	56,5	37,4	61,7	264,5	215,9	151,1	0,0	0,0	3,7	796,8
1972	0,0	0,0	0,0	33,5	108,5	300,2	158,0	204,8	150,8	53,3	0,0	0,0	1009,1
1973	0,0	14,1	0,0	83,5	37,6	87,6	278,4	167,1	80,4	31,7	0,0	0,0	780,4
1974	0,0	0,0	0,5	7,0	91,1	60,8	143,2	342,0	207,7	37,1	0,0	0,0	889,4
1975	0,0	0,0	0,0	6,6	20,0	123,9	247,2	220,7	98,7	16,3	0,0	0,0	733,4
1976	1,5	0,0	13,6	8,1	103,0	187,8	163,1	267,0	178,0	102,0	0,0	0,0	1024,1
1977	0,0	0,0	7,2	0,6	72,4	81,5	54,3	315,4	73,2	14,8	0,0	0,0	619,4
1978	0,0	0,0	0,0	135,2	94,8	86,9	147,8	177,0	128,2	19,7	0,0	0,0	789,6
1979	0,0	0,0	4,7	23,8	48,5	100,5	177,5	181,2	163,4	14,9	14,8	0,0	729,3
1980	0,0	0,0	0,0	7,1	42,5	111,0	130,7	322,7	63,1	19,6	0,0	0,0	696,7
1981	0,0	0,0	0,0	20,5	79,7	82,0	262,1	193,4	139,5	0,0	0,0	0,0	777,2
1982	0,0	0,1	29,1	69,5	104,1	127,9	99,6	155,9	63,9	45,0	0,0	0,0	695,1
1983	0,0	0,0	0,2	1,9	63,8	124,6	230,5	208,8	101,1	4,7	0,0	0,0	735,6
1984	0,0	0,0	28,8	20,0	57,7	69,7	135,0	137,6	96,7	14,3	0,9	0,0	560,7
1985	0,0	0,0	0,0	2,8	68,1	86,2	144,6	164,3	151,5	2,4	0,0	0,0	619,9
1986	0,0	0,0	9,0	11,7	12,8	155,8	120,9	193,1	165,6	41,1	0,8	0,0	710,8

Etudes techniques pour la reconstruction du barrage de Kourwéma dans la commune de Saponé, Province du Bazèga, Région du Centre-Sud au Burkina Faso.

1987	0,0	0,0	13,3	0,0	67,0	163,8	148,3	221,9	131,2	39,0	0,0	0,0	784,5
1988	0,0	0,0	0,0	79,9	68,8	65,6	161,9	263,8	88,7	6,2	0,0	0,0	734,9
1989	0,0	0,0	5,5	0,0	35,7	55,3	233,5	305,3	112,4	48,4	0,0	1,7	797,8
1990	0,0	0,0	0,0	15,3	112,3	81,9	162,2	196,6	103,8	3,8	0,0	0,0	675,9
1991	0,0	0,0	0,4	65,8	235,3	95,1	158,1	248,7	47,9	49,4	0,0	0,0	900,7
1992	0,0	0,0	0,0	51,9	12,9	79,4	246,7	244,7	51,0	4,9	7,2	0,0	698,7
1993	0,0	0,0	9,4	25,7	8,4	128,8	226,2	195,8	97,8	58,5	0,0	0,0	750,6
1994	0,0	0,0	1,7	1,0	14,2	108,4	130,5	296,3	110,8	64,9	0,0	0,0	727,8
1995	0,0	0,0	0,0	9,6	50,3	114,3	118,3	258,2	136,0	13,1	0,4	0,0	700,2
1996	0,0	0,0	0,0	22,6	45,8	40,1	129,1	193,0	223,9	22,9	0,0	0,0	677,4
1997	0,0	0,0	49,2	58,0	51,6	66,4	111,3	154,9	48,0	48,1	0,0	0,0	587,5
1998	0,0	0,0	0,0	15,0	65,9	26,7	105,2	208,0	195,3	52,2	0,0	0,0	668,3
1999	0,0	0,0	0,7	17	53,9	74,7	240,7	235,7	168,6	8,9	0,0	0,0	800,2
2000	0,0	0,0	0,0	16,4	78,7	138,6	152,6	117,7	24,3	65,8	0,0	0,0	594,1
2001	0,0	0,0	0,0	0,0	70,9	26,3	183,9	208,4	114,5	14,7	0,0	0,0	618,7
2002	0,0	0,0	0,0	7,0	39,8	38,2	169,7	179,3	182,8	39,4	0,0	0,0	656,2
2003	0,0	2,4	21,9	23,9	69,1	163,8	181,8	170,3	161,3	53,2	0,0	0,0	847,7
2004	0,0	0,0	0,0	54,4	42,5	27,9	245,6	194,4	181,1	16,3	9,8	0,0	772,0
2005	0,0	0,0	0,5	29,1	50,2	88,0	250,6	282,0	123,2	21,9	0,0	0,0	845,5
2006	0,0	0,0	0,0	5,7	13,3	66,4	168,0	202,3	108,8	32,3	0,0	0,0	596,8
2007	0,0	0,0	0,0	85,7	42,7	33,2	114,3	299,2	137,7	0,3	0,1	0,0	713,2
2008	0,0	0,0	4,4	0,0	60,9	90,0	247,0	250,8	131,3	28,0	0,0	0,0	812,4
2009	0,0	0,0	0,3	13,0	41,7	140,7	168,4	197,6	329,6	32,3	0,0	0,0	923,6
2010	0,0	0,0	0,0	50,9	67,6	114,1	235,1	249,4	85,3	47,2	0,0	0,0	849,6
2011													688,7
2012													991,2
2013													795,3
2014													843,9

Tableau 6: Pluies journalières maximales de la station de Kombissiri de 1968 à 2014

Année	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	AN
1968		5,9	11,1	16,1	40,2	21,8	33,6	36,2	32,7	37,9			40,2
1969			14,1	6,3	42,2	31,6	52,4	102,7	43,7	18,1	TR		102,7
1970			TR	1,5	89,6	15,4	39,7	28,5	28,4	13,0			89,6
1971		1,1	4,6	34,0	17,9	38,0	41,5	89,8	39,2	2,4		3,1	89,8
1972	TR			23,8	34,4	52,7	46,6	39,5	59,9	48,5		TR	59,9
1973		12,8		57,5	12,7	37,9	59,0	33,4	49,2	8,0			59,0
1974	TR		0,5	0,1	30,6	29,8	31,8	60,5	46,0	12,8	TR		60,5
1975			TR	2,4	6,5	44,8	54,8	65,6	25,7	9,6			65,6
1976	3,2	TR	19,8	3,4	48,6	55,3	29,8	75,8	46,9	76,7	TR		76,7
1977				0,3	51,5	18,9	32,1	89,3	34,1	17,7			89,3
1978			2,4	67,5	32,9	29,0	47,3	40,5	35,0	10,8			67,5
1979			3,5	7,0	16,7	12,7	46,5	25,7	29,5	20,6	25,5		46,5

Etudes techniques pour la reconstruction du barrage de Kourwéma dans la commune de Saponé, Province du Bazèga, Région du Centre-Sud au Burkina Faso.

1980		TR		13,0	17,9	27,9	37,9	45,7	19,0	10,7		TR	45,7
1981			TR	22,9	20,8	28,6	61,5	51,9	31,5	1,1			61,5
1982	0,1	14,2	37,1	34,1	34,7	18,2	28,6	36,0	18,9	25,2		TR	37,1
1983			TR	0,5	18,6	39,7	63,3	28,5	34,4	8,1			63,3
1984			16,9	13,1	17,2	15,1	42,8	32,0	32,5	9,7	1,0		42,8
1985	TR			3,1	36,4	20,7	36,9	22,9	50,4				50,4
1986	0,0		4,1	5,2	30,6	32,2	36,5	47,2	33,0	36,3			47,2
1987			12,4		24,2	75,6	40,3	53,0	44,9	10,0			75,6
1988				37,3	31,5	18,2	64,2	56,8	26,8	5,9	TR		64,2
1989			4,2		1,6	13,5	74,9	37,3	27,6	20,9		1,7	74,9
1990				8,2	55,0	25,7	36,3	47,9		2,1	TR		55,0
1991			0,4	29,5	105,2	33,4	45,8	35,8	19,4	16,2			105,2
1992	TR		TR	32,8	6,1	23,0	53,9	51,9	18,4	3,1	4,8		53,9
1993		TR	9,4	21,4	4,5	41,4	54,0	47,7	27,4	44,6			54,0
1994			1,5	0,7	3,5	38,4	31,6	58,2	32,3	15,5			58,2
1995		TR	TR	6,4	13,5	28,3	27,3	73,1	33,6	5,5	0,4		73,1
1996				11,2	21,4	15,4	35,6	37,1	70,3	15,3			70,3
1997			45,2	25,6	12,6	19,7	31,9	35,3	19,2	19,3			45,2
1998				7,8	14,7	7,1	28,5	72,4	40,7	24,9			72,4
1999				9,3	18,8	28,3	66,0	33,1	25,7	5,6			66,0
2000				15,9	18,7	58,6	36,5	37,1	8,2	27,9			58,6
2001					19,9	8,2	44,6	49,8	27,7	9,2			49,8
2002				5,2	19,1	21,6	32,9	58,1	38,2	28,3	TR		58,1
2003		2,4	2,0	16,2	39,6	62,1	38,4	26,6	58,9	38,3			62,1
2004			TR	34,6	25,9	10,3	55,1	35,2	42,2	8,7	9,8		55,1
2005			0,5	13,5	23,3	37,3	75,7	42,8	28,4	18,9			75,7
2006				5,7	9,1	36,3	30,9	33,3	20,9	27,9			36,3
2007				30,2	36,0	27,5	30,8	116,7	60,5	0,3	0,1		116,7
2008			4,3		34,9	25,6	57,0	40,5	58,4	18,1			58,4
2009			0,3	8,4	16,2	56,2	20,0	35,1	261,3	19,5			261,3
2010				40,3	40,3	44,8	70,4	48,5	35,2	18,7			70,4
2011			0,8	24,6	8,8	42,3	43,8	36,3	24,5	11,8			43,8
2012				4,8	26,4	18,3	67,8	59,9	61,6	4,8			67,8
2013													67,3
2014													57,2

Tableau 7: Evaporation de la station météorologique de Ouagadougou de 1968 à 2011

Année	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Total
1968	261,7	287,4	329,6	296,4	293,3	224,0	186,2	202,3	167,7	231,5	231,2	240,6	2 951,9
1969	274,7	278,4	349,0	334,0	384,8	257,3	210,2	**	183,8	194,6	217,0	226,8	2 910,6
1970	257,8	271,2	336,1	348,8	333,1	276,0	221,9	138,5	151,9	217,8	235,9	241,3	3 030,3
1971	255,1	259,5	314,0	340,8	326,5	**	230,4	**	168,6	232,1	226,8	219,3	2 573,1
1972	252,3	299,7	338,6	292,8	275,9	245,9	208,4	170,6	**	231,9	231,1	231,4	2 778,6

Etudes techniques pour la reconstruction du barrage de Kourwéma dans la commune de Saponé, Province du Bazèga, Région du Centre-Sud au Burkina Faso.

1973	274,5	**	341,9	325,1	330,7	264,6	226,2	176,9	188,2	247,0	274,2	232,6	2 881,9
1974	246,6	281,2	338,6	354,1	347,4	307,2	206,5	184,7	173,8	217,1	246,3	252,1	3 155,6
1975	257,6	253,4	336,9	347,4	325,2	305,6	197,2	175,9	166,7	235,8	240,9	263,5	3 106,1
1976	238,8	276,7	333,6	327,7	301,0	222,0	217,2	162,5	153,1	169,8	222,8	238,7	2 863,9
1977	256,6	270,8	327,5	330,7	314,0	244,9	**	184,0	170,8	226,6	239,3	**	2 565,2
1978	284,1	281,5	356,3	280,1	268,5	231,4	194,3	176,6	166,6	213,7	238,2	226,6	2 917,9
1979	257,6	262,6	329,3	339,6	**	219,6	202,0	168,0	143,2	202,0	**	**	2 123,9
1980	**	302,7	377,6	**	**	234,3	218,7	**	202,7	**	**	244,4	1 580,4
1981	261,8	305,8	335,8	318,7	284,7	276,7	185,8	173,2	178,5	231,6	252,8	237,9	3 043,3
1982	253,2	249,1	296,4	300,9	273,1	223,2	206,4	156,0	191,4	209,3	235,5	233,2	2 827,7
1983	280,3	281,1	347,1	339,0	315,0	231,1	**	**	**	246,5	245,0	228,3	2 513,4
1984	237,6	271,3	308,1	323,9	302,5	246,1	232,8	210,8	176,7	204,4	226,3	229,7	2 970,2
1985	262,4	284,4	324,3	334,3	331,5	296,9	210,8	197,4	177,6	227,9	241,1	259,6	3 148,2
1986	249,2	263,9	318,8	353,2	310,1	273,0	181,2	168,1	163,2	226,6	208,6	240,5	2 956,4
1987	235,6	261,5	311,5	357,0	365,6	**	226,1	176,0	**	201,8	230,8	236,7	2 602,6
1988	231,1	274,9	349,5	286,5	309,0	222,7	168,3	161,3	162,3	227,4	215,6	232,2	2 840,8
1989	262,6	267,6	293,6	332,2	355,2	274,5	199,2	160,0	179,5	189,0	240,8	227,4	2 981,6
1990	234,4	272,6	371,5	314,8	319,1	232,0	192,0	**	185,7	243,7	241,6	235,6	2 843,0
1991	270,6	255,1	323,1	306,9	224,9	212,2	187,6	161,9	195,9	220,2	226,3	238,5	2 823,2
1992	246,8	302,1	333,4	347,8	299,1	254,0	224,6	173,7	184,4	228,0	226,4	250,0	3 070,3
1993	268,1	281,6	365,0	350,7	376,9	265,2	210,5	183,4	168,4	224,6	206,8	240,9	3 142,1
1994	252,4	245,2	296,2	316,4	286,1	**	191,2	143,8	157,7	163,3	207,0	243,4	2 502,7
1995	250,6	283,1	355,5	315,5	317,0	268,3	205,0	186,0	178,5	218,3	245,0	251,3	3 074,1
1996	271,6	280,0	355,1	306,6	328,1	249,0	231,7	180,0	177,4	229,4	241,1	247,7	3 097,7
1997	263,6	277,8	338,1	282,1	299,2	241,1	232,8	177,3	181,7	241,9	248,0	252,7	3 036,3
1998	255,6	296,7	370,5	352,7	300,2	261,8	212,8	164,5	175,2	227,1	254,9	243,1	3 115,1
1999	259,5	253,2	367,0	361,9	332,6	315,8	210,0	152,5	147,3	217,2	242,9	**	2 859,9
2000	276,9	324,6	386,2	358,8	320,5	265,0	188,7	173,9	198,4	228,2	255,0	261,3	3 237,5
2001	277,5	315,8	367,2	369,1	328,0	249,9	221,2	174,6	176,9	241,3	258,3	284,0	3 263,8
2002	315,0	295,7	356,7	337,6	333,3	273,3	231,5	184,5	197,6	211,8	256,4	285,9	3 279,3
2003	279,0	278,1	356,5	331,4	324,2	202,2	197,9	155,5	153,9	197,3	224,4	248,6	2 949,0
2004	256,9	295,7	346,6	309,3	301,9	262,6	197,9	171,1	173,1	225,0	253,3	259,4	3 052,8
2005	286,5	316,5	348,0	313,6	312,2	241,9	202,1	169,8	158,6	215,1	234,3	264,6	3 063,2
2006	259,5	276,6	361,1	337,9	309,7	269,0	224,2	150,0	168,1	198,3	265,7	251,3	3 071,4
2007	279,3	267,2	347,4	294,0	295,4	268,9	190,5	133,7	134,9	234,5	226,2	246,3	2 918,3
2008	247,5	286,0	337,7	342,1	290,6	233,8	182,9	161,0	141,6	213,7	223,8	252,7	2 913,4
2009	246,9	265,9	339,2	322,3	310,2	262,7	210,1	166,3	165,4	221,1	222,7	240,2	2 973,0
2010	246,5	274,1	332,3	0,0	279,3	199,9	188,2	165,1	147,7	179,3	204,9	219,8	2 437,1
2011	229,2	251,7	343,3	346,3	294,8	0,0	181,8	161,3	178,4	221,6	247,2	249,5	2 705,1

Etudes techniques pour la reconstruction du barrage de Kourwéma dans la commune de Saponé, Province du Bazèga, Région du Centre-Sud au Burkina Faso.

III.4.2 Données topographiques de la cuvette de la retenue

Une campagne topographique a été menée dans la cuvette pour faire ressortir les courbes de niveau de la cuvette ainsi que certains points cotés. Nous avons utilisé le fond topographique pour extraire les données topographiques nécessaires à la construction des courbes hauteur - volume et hauteur-surface.

L'importance des données topographiques est de nous permettre d'estimer la capacité de la retenue du barrage de Kourwéma.

Les données topographiques de la cuvette de la retenue se présentent dans le tableau qui suit.

Tableau 8: Données du fond topographique de la cuvette

Cotes	Hauteur (m)	Surface moyenne (m²)	Volume élémentaire (m³)	Volume cumulé (m³)
96,00	0,25	1,48	0,28	0,28
96,25	0,25	15,96	3,99	4,27
96,50	0,25	33,47	8,37	12,63
96,75	0,25	1 553,24	388,31	400,94
97,00	0,25	6 353,39	1 588,35	1 989,29
97,25	0,25	17 350,58	4 337,65	6 326,94
97,50	0,25	35 128,15	8 782,04	15 108,97
97,75	0,25	59 630,07	14 907,52	30 016,49
98,00	0,25	93 983,88	23 495,97	53 512,46
98,25	0,25	136 053,15	34 013,29	87 525,75
98,50	0,25	182 827,76	45 706,94	133 232,69
98,75	0,25	234 247,23	58 561,81	191 794,49
99,00	0,25	286 233,72	71 558,43	263 352,92
99,25	0,25	337 350,09	84 337,52	347 690,44
99,50	0,25	391 626,57	97 906,64	445 597,09
99,75	0,25	446 592,45	111 648,11	557 245,20
99,90	0,15	483589,6278	72 538,44	632 287,00
100,00	0,1	502 088,22	50 208,82	682 495,82
100,25	0,25	567 087,40	141 771,85	824 267,67
100,50	0,25	643 899,81	160 974,95	985 242,62

III.4.3 Données géotechniques

Une campagne géotechnique a été menée sur le site à travers la réalisation de sondages sur l'axe de la digue et au niveau des zones d'emprunt des matériaux.

Les sondages réalisés sur l'axe de la digue ont pour rôle de caractériser le sol de fondation. En effet, les profondeurs d'ancrage et la nature des matériaux du sol d'assise seront déterminées à partir des résultats obtenus des différents essais.

Etudes techniques pour la reconstruction du barrage de Kourwéma dans la commune de Saponé, Province du Bazèga, Région du Centre-Sud au Burkina Faso.

Quant aux sondages réalisés au niveau des zones d'emprunt, ils permettront de définir le type de barrage en terre (digue en terre homogène ou digue à zones).

Les paramètres essentiels que nous utiliserons sont :

- Poids volumique du remblai argileux : $18,30 \text{ KN/m}^3$;
- La cohésion du sol d'assise : $C = 28 \text{ KPa}$;
- Angle de frottement interne : 30°
- Poids volumique du rechargement latéritique : $19,7 \text{ KN/m}^3$

IV. Méthodologie de l'étude

Dans cette partie, nous exposons la démarche scientifique que nous avons adoptée pour mener l'étude.

IV.1 Recherche documentaire et bibliographique, collecte de données.

Il s'est notamment agi pour nous de rechercher toute la documentation et informations relatives au barrage de Kourwéma auprès du monastère de **KOUBRI** et des populations locales.

Nous avons également consulté des documents tels que les anciens rapports d'études de réalisation et de réhabilitation des barrages, des éditions, des cours à la bibliothèque et sur internet, des cartes... pour mener les études techniques pour la reconstruction du barrage.

En sus, nous avons collecté les données indispensables à l'étude notamment les données climatiques (pluviométries, évaporations) des stations météorologiques de Kombissiri et de Ouagadougou.

Cette étape nous a permis de faire un état des lieux réel, de faire une analyse globale sur la retenue dans son ensemble et de nous orienter vers des pistes de solutions idoines pour les études.

Les documents que nous avons consultés dans le cadre de ce projet seront cités dans la bibliographie.

IV.2 Etudes hydrologiques

Dans cette partie, il sera question dans un premier temps de définir une période de retour pour le barrage ; ensuite nous déterminerons les caractéristiques physiques du bassin versant du barrage de Kourwéma et enfin nous estimerons le débit de projet ainsi que les différents apports en périodes défavorables (année moyenne, quinquennale sèche et décennale sèche).

IV.2.1 Caractéristiques physiques du bassin versant du barrage de Kourwéma

Les principales caractéristiques du bassin versant que nous déterminerons dans le cadre de ce projet sont les suivantes :

- ✓ Périmètre (P) et surface (S) du bassin versant : ces deux paramètres du bassin ont été obtenus à l'aide du logiciel Global Mapper.
- ✓ Indice de forme ou coefficient de compacité de GRAVELIUS (KG) du bassin versant : Il correspond au rapport du périmètre du bassin à celui d'un cercle de même superficie et permet de comparer entre eux les bassins de superficie

Etudes techniques pour la reconstruction du barrage de Kourwéma dans la commune de Saponé, Province du Bazèga, Région du Centre-Sud au Burkina Faso.

identique. Le coefficient de compacité de GRAVELIUS est exprimé à partir de la relation suivante :

$KG = 0,282 * P * S^{(-0.5)}$	S : superficie du bassin versant (km ²) ; P : périmètre (km) ; KG: Indice de compacité
-------------------------------	--

- ✓ Rectangle équivalent : C'est le rectangle ayant la même surface et le même périmètre que le bassin versant, sa longueur, ainsi que sa largeur sont données par ces équations :

$Leq = P + \sqrt{(P^2 - 16S)/4}$ $leq = P/2 - Leq$	S : superficie du bassin versant (km ²) ; P : périmètre (km) Leq : Longueur du rectangle équivalent (km) ; leq : largeur du rectangle équivalent (Km).
--	---

- ✓ •Densité de drainage : La densité de drainage est le rapport entre la longueur totale du réseau hydrographique et la surface du bassin versant. Son expression est :

$Dd = (\sum Li) / S$	S : superficie du bassin versant (km ²) ; Li : Longueur totale des cours d'eau (km) ; Dd: Densité de drainage (km-1).
----------------------	---

- ✓ Pente transversale moyenne : Elle est déterminée en faisant la moyenne de quatre à six pentes transversales sur le bassin versant.
- ✓ Répartition hypsométrique : La courbe hypsométrique du bassin versant donne le pourcentage de la superficie S du bassin versant située au-dessus d'une altitude donnée H. Elle permettra de déterminer l'indice global de pente (Ig).
- ✓ Indice global de pente (Ig) Il est l'indice qui caractérise le relief du bassin :

$Ig = (\Delta H) / (Leq)$	ΔH: est la dénivelée entre 5% et 95% de la superficie du Bassin versant (m) ; Leq : Longueur du rectangle équivalent (km) ; Ig : Indice global de pente (m/Km).
---------------------------	---

- ✓ Indice global de pente corrigé (Igccorr) : Si la pente transversale est trop différente de la pente longitudinale, on calcule alors un indice global de pente corrigé (Igccorr).

Etudes techniques pour la reconstruction du barrage de Kourwéma dans la commune de Saponé, Province du Bazèga, Région du Centre-Sud au Burkina Faso.

$I_{gcorr} = ((n-1)I_g + I_t)/n$	<p>n : Coefficient fonction de la longueur du rectangle équivalent ;</p> <p>I_g : indice global de pente (m/Km) ;</p> <p>I_t : pente transversale (m/Km) ;</p> <p>I_{gcorr} : Indice global de pente corrigée (m/km).</p>
----------------------------------	--

IV.2.2 Analyse fréquentielle des pluies

L'analyse fréquentielle est une méthode statistique de prédiction consistant à étudier les événements passés caractéristiques d'un processus donné, afin d'en définir les probabilités d'apparition future.

Elle a été menée sur les données pluviométriques recueillies à la station météorologique de Kombissiri sur la période de 1968 à 2014.

- Séries des pluies moyennes annuelles de 1968-2014 : elles subiront un ajustement à la loi normale de GAUSS.
- Séries des pluies maximales journalières de 1968-2014 : les pluies maximales journalières subiront un ajustement à la loi de GUMBEL.

Nous effectuerons l'analyse à l'aide du logiciel HyfranPlus qui est un outil adapté pour l'analyse des données pluviométriques avec un intervalle de confiance à 95%.

L'objectif de cette analyse fréquentielle est la détermination des différents quantiles pluviométriques.

IV.2.3 Débit de projet

La détermination de la crue de projet consiste à déterminer ou estimer le débit de crue pour lequel on souhaite protéger l'ouvrage (bulletin FAO 54, 1998). Le bassin versant n'ayant pas été jaugé, les méthodes empiriques mises en œuvre pour les petits bassins versants de l'Afrique occidentale et centrale sont celles utilisées pour la prédétermination des débits de crue. Les méthodes retenues sont celles de l'ORSTOM, du CIEH et du GRADEX.

Méthode ORSTOM

La première méthode de détermination de la crue décennale appelée "Méthode ORSTOM" a été publiée en 1965 par Rodier et Auvray. Face à certaines insuffisances et à l'accroissement du volume des données et des observations, il a fallu procéder à sa révision pour être plus réaliste.

Etudes techniques pour la reconstruction du barrage de Kourwéma dans la commune de Saponé, Province du Bazèga, Région du Centre-Sud au Burkina Faso.

C'est ainsi que les auteurs, et notamment Rodier, ont procédé à cette révision pour la zone sahélienne et la zone tropicale sèche pour des bassins pouvant aller de quelques hectares à 1 500 km².

La zone d'étude étant située en zone soudano-sahélienne, avec un bassin assez boisé d'une couverture assez abondante et une pente du terrain relativement faible, on admet que le bassin versant appartient à la classe RI (P3) des catégories de perméabilité, le débit de crue décennal est déterminé par l'équation suivante :

$Q_{r10} = A * P_{10} * \alpha_{10} * S / T_{b10}$ $Q_{10} = m * Q_{r10}$	<p>Q_{r10} : Débit de pointe du ruissellement superficiel décennal (m³/s) ;</p> <p>Q₁₀ : Débit de crue décennal par la méthode ORSTOM (m³/s) ;</p> <p>S : la superficie du bassin versant (km²) ;</p> <p>P₁₀ : pluie journalière maximale décennale (mm) ;</p> <p>K_{r10} : coefficient de ruissellement décennal obtenu par interpolation entre K_{r70} et K_{r100} ou estimer par une formule ;</p> <p>T_b : temps de base de la crue décennale (mn) ;</p> <p>A : coefficient d'abattement de VILLAUME ;</p> <p>α₁₀ : Coefficient de pointe pris égal à 2,6 ;</p> <p>m : Coefficient majorateur égal à 1,03 ;</p>
---	---

Méthode CIEH

Cette méthode a été proposée par Puech et Chabi-Gonni en 1983. Elle s'est basée sur 162 bassins versants dont l'origine vient essentiellement du recueil de Dubreuil (1972) sur les bassins expérimentaux. Cette méthode repose principalement sur des équations de régression linéaire multiple entre paramètres corrélables. Elle est donnée par l'équation suivante :

$Q_{10} = a * S^s * (P_{an})^p * (I_g)^i * (K_r)^k * (D_d)^d$	<p>Q₁₀ : Débit de crue décennal par la méthode CIEH (m³/s) ;</p> <p>a : Constante de la régression ;</p> <p>S : la superficie du bassin versant (km²) ;</p> <p>P_{an} : Pluviométrie annuelle moyenne</p>
---	--

Etudes techniques pour la reconstruction du barrage de Kourwéma dans la commune de Saponé, Province du Bazèga, Région du Centre-Sud au Burkina Faso.

	(mm) ; Ig : Indice global de pente corrigé (m/km) ; Kr10 : Coefficient de ruissellement décennal. Dd : Densité de drainage (km-1) ; a, s, p, i, k, et d sont les exposants des paramètres.
--	--

Nous utiliserons les formules de régression linéaire suivantes **N°11, 12, 39 et 40** qui sont bien indiquées pour le Burkina Faso et pour la zone du projet. Ces équations sont établies par le CIEH pour permettre la détermination du débit décennal et sont fonction des paramètres physiques du bassin versant et de la zone climatique du projet. Toutes ces équations donnent des valeurs assez différentes de débit. **La valeur de débit retenue pour la méthode CIEH est la moyenne des valeurs de toutes les équations.**

 Méthode du GRADEX

Cette méthode permet de passer du débit décennal au débit de crue centennale en multipliant le débit de crue décennale par un coefficient majorateur supérieur à 1, qui est fonction des précipitations de même temps de retour pour le temps de base caractéristique du bassin versant.

$Q_{100} = C \cdot Q_{10} ;$ $C_{100} = 1 + ((P_{100} - P_{10}) / P_{10}) * ((T_b / 24)^{(0,12)}) / (K_{r10})$	C : Coefficient majorateur ; P10: Précipitation journalière maximale décennale (mm) ; P100 : Précipitation journalière maximale centennale (mm) ; T _b : Temps de base de crue décennale (Heures) ; Kr10 : Coefficient de ruissellement décennal (en fraction) ; Ig : Indice global de pente corrigé (m/km) ; Q100 : Débit centennal (m ³ /s).
--	---

Etudes techniques pour la reconstruction du barrage de Kourwéma dans la commune de Saponé, Province du Bazèga, Région du Centre-Sud au Burkina Faso.

Hydrogramme des crues

Il donne l'évolution de la crue au cours du temps. L'hydrogramme de la crue du projet est schématisé en trois tronçons linéaires proposés par GRESILLON, HERTER, et LAHYAYE construit à l'aide des temps de base et de montée.

Le changement de pente de la décrue s'effectue à un débit dit débit de discontinuité et dont la valeur est fixée par la relation :

$Q_d = \frac{2 * Q_P * (T_{b10} - \alpha * T_{m10})}{\alpha_{10}(T_{b10} - 2 * T_{m10})}$	<p>Qd : Débit de discontinuité (m³/s) ;</p> <p>Tb : Temps de base (min) ;</p> <p>Tm : temps de montée en heure (min) ;</p> <p>α₁₀ : Coefficient de pointe pris égal à 2,6.</p>
---	--

La crue de rupture du barrage

Selon le Comité International des Grands Barrages (CIGB), la crue de rupture d'un barrage peut être approchée par :

$Q_{rupt} = 2 * l * (a + 0,20)^{1,5} + 0,15 * L$	<p>Qrupt : crue de rupture du barrage en m³/s ;</p> <p>L : longueur de la digue sans déversoir (m) ;</p> <p>l : longueur du déversoir (m) ;</p> <p>a : revanche totale (m).</p>
--	--

IV.2.4 Etudes des apports

La détermination des différents apports liquides a pour but principal de vérifier que même en période défavorable (quinquennale sèche et décennale sèche), le barrage sera rempli. Pour ce faire, une très bonne connaissance des écoulements sur le bassin versant est nécessaire.

Cependant, la détermination des écoulements sur les petits bassins versants en Afrique de l'Ouest est difficile compte tenu de l'absence d'observations et de données hydrométriques suffisantes.

Dans le cadre de ce projet, nous utilisons la méthode de Dubreuil-Vuillaume (1975) pour la quantification des apports liquides.

La lame d'eau écoulee annuelle moyenne est déterminée à l'aide de relations issues de régressions multiples établies graphiquement. Le facteur explicatif principal Pr (pluie réduite) est un facteur climatique qui représente la part disponible pour l'écoulement de l'apport pluvial considéré à l'échelle mensuelle, la partie non disponible étant sensée être représentée par l'évapotranspiration. Cette pluie réduite, exprimée en mm est calculée par l'équation :

Etudes techniques pour la reconstruction du barrage de Kourwéma dans la commune de Saponé, Province du Bazèga, Région du Centre-Sud au Burkina Faso.

$P_r = \sum_{n=1}^{12} \delta^n \left(P_{me}^n - \frac{ETB}{36} \right)$	$\delta^n = 1$ quand $P_{me}^n > \frac{ETB}{36}$; $\delta^n = 0$ quand $P_{me}^n < \frac{ETB}{36}$; n varie de 1 à 12 (numéro du mois) ; P_{me}^n est la hauteur mensuelle moyenne de précipitations pour le mois n ; ETB est l'évaporation annuelle moyenne sur bac d'eau libre.
---	--

Notre bassin étant en région de savane arbustive, nous nous intéressons à la détermination des écoulements en région de savane arbustive par la méthode de Dubreuil-Vuillaume.

La lame d'eau écoulee moyenne annuelle E_c , exprimée en mm est donnée par la relation suivante :

$E_c = 0,47 * P_r - 33 * \log(S) + 0,54 * D_s + A$	S est la superficie du bassin versant en Km^2 ; D_s est la dénivelée spécifique en m ; A est le terme d'aptitude à l'écoulement. Il est négatif et égal à 35 mm pour notre zone (bassins à lit mineur net sur terrains granitiques imperméables).
--	---

Connaissant l'écoulement moyen, nous déterminons le coefficient d'écoulement annuel par la relation :

$K_e = (E_c / \text{Quantile}) * 100$	E_c , écoulement en mm ; Quantile, pluviométrie en mm ; K_e est le coefficient d'écoulement en %.
---------------------------------------	---

Pour obtenir les coefficients d'écoulement quinquennal sec et décennal sec, on applique respectivement les coefficients 0,7 et 0,5 (**coefficients recommandés par l'ONBAH**) au coefficient d'écoulement annuel moyen.

On déduit alors le volume des apports liquides à travers la formule suivante :

$V_i = K_{ei} * P_i * S * 1000$	V_i : Volume des apports (m^3) ; S : Surface du bassin versant (km^2) ; P_i : Quantile pluviométrique considéré (mm) K_{ei} : Coefficient d'écoulement
---------------------------------	---

Etudes techniques pour la reconstruction du barrage de Kourwéma dans la commune de Saponé, Province du Bazèga, Région du Centre-Sud au Burkina Faso.

IV.3 Etudes de la retenue

IV.3.1 Etude de la digue et de la cuvette

- Calage de la cote de la digue et de la lame d'eau déversante

De façon théorique, la hauteur de la digue est la cote normale de la retenue des eaux majorée de la lame d'eau au-dessus du déversoir et de la revanche.

$HD = H_r + h + R$	H_r : hauteur de la retenue au PEN (m) h : lame d'eau au-dessus du seuil (m) R : revanche (m) HD : Hauteur maximum de la digue (m)
--------------------	---

Mais de façon pratique, nous allons caler la cote de la digue en examinant rigoureusement le fond topographique de la cuvette. La cote qui permet d'avoir une grande surface de cuvette sera choisie.

La lame d'eau déversante sera choisie en fonction de la taille des barrages en terre et du type de déversoir. Dans notre cas, il s'agit d'un petit barrage en terre de hauteur inférieure à 15 m.

- Calcul de la revanche libre R

La revanche est une tranche d'eau comprise entre le PHE et la crête du barrage. Cette hauteur permet de protéger la digue des risques d'invasion. Son calcul tient compte de la hauteur des vagues qui se forment sur le plan d'eau et la vitesse du vent (.Cours de M.COMPAORE, 1996). Elle est donnée par la formule de GAILLARD.

$R = A \cdot (h + V^2/2 \cdot g)$ avec $V = 3/2 + 2/3 \cdot hv$; et $hv = 1/2 + (1/3) \cdot \sqrt{f}$	V : vitesse des vagues en m/s ; hv : hauteur des vagues (m) ; f : fetch en km ; R : Revanche (m).
--	--

- Calcul du PEN et des PHE

Le calage du Plan d'Eau Normal (PEN) permet de définir la capacité de stockage de la retenue. Ainsi, il doit être calé de façon à stocker le maximum d'eau possible.

Le PHE correspond au PEN augmenté de la charge au-dessus du seuil.

$PEN = C_{\text{otedigue}} - R - h$ $PHE = PEN + h$	PEH : Plan des Hautes Eaux (m) ; PEN : Plan d'Eau Normal (m) ; h : hauteur d'eau au-dessus du seuil (m).
--	--

Etudes techniques pour la reconstruction du barrage de Kourwéma dans la commune de Saponé, Province du Bazèga, Région du Centre-Sud au Burkina Faso.

➤ Courbes Hauteur-Volume et Hauteur -Surface

Les données topographiques nous permettent de construire les courbes hauteur-volume et hauteur-surface de la retenue du barrage. Le volume partiel est obtenu par la relation suivante du cours de barrage Licence 2&3. (GUEYE, 2012).

$V (i+1) = ((S_i + S_{i+1})/2) * h$	<p>V_{i+1} : volume du bassin versant en m³ ;</p> <p>S_i : surface du plan d'eau correspondant à la courbe n (ha) ;</p> <p>S_{i+1} : surface du plan d'eau correspondant à la courbe i+1 (ha) ;</p> <p>h : dénivelée entre deux courbes de niveau i et i+1 (m).</p>
-------------------------------------	---

➤ Pente des Talus de la digue

Les pentes sont fixées en tenant compte des caractéristiques géotechniques et de la nature des matériaux de construction de la digue.

➤ Largeur en crête de la digue

La largeur de la crête est dimensionnée pour la circulation des engins et pour l'entretien de l'ouvrage (GUEYE, 2014B). Elle est calculée par la formule de KNAPPEN et celle de PREECE.

<p>Formule de PREECE</p> $l_c = 1,1 * \sqrt{HD} + 1$	<p>HD : Hauteur maximum de la digue en (m)</p> <p>l_c : largeur en crête de la digue en (m)</p>
<p>Formule de PREECE</p> $l_c = 1,65 * \sqrt{HD} + 1$	<p>HD : Hauteur maximum de la digue en (m)</p> <p>l_c : largeur en crête de la digue en (m)</p>

➤ Largeur de la fondation

La digue étant de forme trapézoïdale, la largeur en fondation se calcule comme suit :

$L_b = L_c + (m_{\text{mont}} + m_{\text{aval}}) * HD$	<p>L_c : largeur en crête de la digue (m)</p> <p>m_{mont} : (Fruit de berge amont)</p> <p>m_{aval} : (Fruit de berge aval)</p> <p>largeur à la base de la digue ;</p> <p>HD : Hauteur maximum de la digue (m).</p>
--	---

Etudes techniques pour la reconstruction du barrage de Kourwéma dans la commune de Saponé, Province du Bazèga, Région du Centre-Sud au Burkina Faso.

➤ Infiltration et Hydraulique interne

Cette étude consiste à analyser les conditions d'étanchéité du corps de remblai (Puech et Chabi-Gonni, 1983).

Le débit s'infiltrant à travers la digue peut être évalué à travers la parabole de KOZENY.

$q = k_r * Y_0 ;$ $Y^2 - 2xY_0 - Y_0^2 = 0 ;$ $Y_0 = \sqrt{((Hr^2 + d^2))} - d$	<p>Y_0 : Point d'intersection de l'axe des ordonnées et de la parabole de Kozeny ;</p> <p>h : tirant d'eau à l'amont (m) ;</p> <p>d : largeur en base du barrage diminuée de $0,7 b$ et de la longueur du drain (m) ;</p> <p>q : débit de fuite par mètre linéaire (m³/s/ml).</p>
---	---

➤ Drains et Filtres

Disposés horizontalement, les drains doivent permettre la collecte des infiltrations dans la digue et une partie des débits d'infiltration dans la fondation et de les acheminer hors de la digue dans le fossé de pied aval.

Les filtres constituent la transition entre le remblai de la digue et les drains afin d'éviter l'entraînement des particules fines du remblai par l'eau.

$e = 2 * \sqrt{\left(\frac{q * l_d}{k_d}\right)} ;$ $l_d = \frac{L_f}{3}$	<p>e : épaisseur (m)</p> <p>l_d : largeur (m)</p> <p>L_f : largeur en base de la digue (m)</p> <p>k_d : (perméabilité du drain en m/s)</p>
---	--

➤ Protection des talus

Pour la protection des talus des barrages, les principaux types sont les enrochements, les perrés secs et maçonnés. Les épaisseurs des protections sont calculées à l'aide de la formule suivante :

$e = 1,5 * D_{50}$	<p>D_{50} : fonction de la hauteur des vagues (m)</p> <p>e : épaisseur de protection (m)</p>
--------------------	--

✚ Stabilité des talus de la digue :

L'étude de stabilité sera conduite sur la méthode des cercles de glissement de BISHOP. Elle sera vérifiée à l'aide du logiciel Géoslope Version 2012 afin de conforter les valeurs des pentes (valeurs de pré-dimensionnement) choisies. Il existe trois types de vérifications que l'on peut effectuer:

- la vérification à la retenue vide ;
- la vérification à la retenue pleine ;
- la vérification en cas de vidange rapide.

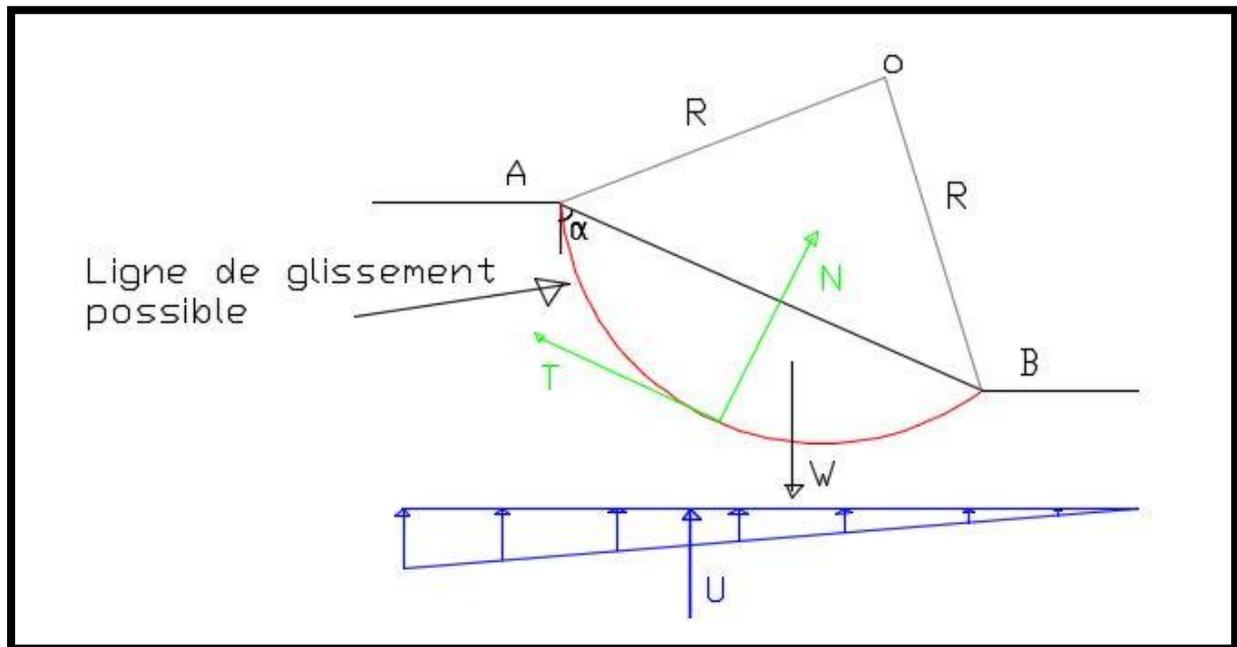


Figure 3 : Cercles de glissement des talus

La vérification en cas de vidange rapide n'est pas nécessaire. En effet, il s'agit d'une situation pendant laquelle la charge d'eau sur le talus amont descend plus vite que le niveau piézométrique de l'eau infiltrée dans la digue. Il se produit alors un phénomène particulier : l'eau infiltrée revient alors dans la cuvette sous l'effet de la pression hydrostatique interne. Il y a ici risque d'entraînement des fines.

➤ Tranchée d'ancrage

La tranchée d'ancrage a pour objectif de prévenir la formation de renards en allongeant les lignes de fuite. Le renardage est un phénomène d'érosion interne régressive qui s'accélère au fur et à mesure de l'augmentation du gradient hydraulique H/L . La hauteur d'eau H à l'amont du barrage étant imposée, on déterminera la longueur L des lignes de fuite dans la fondation. Pour ce faire, nous utilisons la règle de LANE qui s'écrit :

Etudes techniques pour la reconstruction du barrage de Kourwéma dans la commune de Saponé, Province du Bazèga, Région du Centre-Sud au Burkina Faso.

$L_v + \frac{1}{3} * L_h \geq CH$ <p><i>Source : Cours de barrage M.L COMPAORE, page 259 du PDF, page 248 du document.</i></p>	<p>L_v : Longueur des cheminements verticaux en (m) ;</p> <p>L_h : Longueur des cheminements horizontaux en (m) ;</p> <p>H : Hauteur d'eau en amont du barrage en (m) ;</p> <p>C : Coefficient de Lane qui dépend de la nature du terrain.</p>
--	--

IV.3.2 Ouvrages annexes

- Le déversoir
- Longueur du déversoir

La longueur du seuil déversant a été déterminée avec la crue de projet.

$L = \frac{Q}{m \times (2 \times g)^{1/2} \times h^{3/2}}$	<p>Q : débit du projet (m^3/s)</p> <p>L : longueur du seuil déversant (m)</p> <p>m : coefficient de débit du seuil déversant (profil trapézoïdal)</p> <p>g : Constante de gravitation (m/s^2)</p> <p>h : lame d'eau déversant (m)</p>
--	--

Il sera de type-poids comme l'illustre l'image suivante. La crue sera laminée pour tenir compte non seulement du volume temporairement déstocké dans la retenue mais et surtout pour diminuer la longueur du déversoir et donc faire des économies sur les investissements à réaliser. Notons que le laminage n'hypothèque pas la stabilité du déversoir. Nous utiliserons la méthode du **X0** pour le laminage de la crue.



Figure 4: Illustration du déversoir

Etudes techniques pour la reconstruction du barrage de Kourwéma dans la commune de Saponé, Province du Bazèga, Région du Centre-Sud au Burkina Faso.

- Stabilité du déversoir

L'étude de stabilité du déversoir poids concerne l'équilibre de l'ensemble de l'ouvrage vis-à-vis du glissement sur la fondation, du renversement et du poinçonnement. Les actions mises en jeu sur une tranche de 1 m du déversoir font intervenir, le poids propre du déversoir, la poussée hydrostatique amont, les sous-pressions, éventuellement la poussée des sédiments accumulés à l'amont et la poussée hydrostatique aval.

Pour l'étude de la stabilité du déversoir, nous supposons le cas où il y a un déversement comme le cas le plus défavorable ; d'où $h = 0,60$ m.

Les différentes stabilités sont vérifiées à travers les relations suivantes :

Stabilité au glissement	
$F_G = \frac{\sum(W-U) \tan\phi}{\sum(Rh)} \geq 1,2$	FG : coefficient de sécurité au glissement ; W : poids propre de l'ouvrage (kN/ml) ; U : sous pression (kN/ml) ; Rh : résultante des forces horizontales.
Stabilité au renversement	
$F_R = \frac{\sum M_{résistants}}{\sum M_{moteurs}} \geq 1,5$	FR = coefficient de sécurité au renversement
Stabilité au poinçonnement	
$\sigma_{max} \leq \sigma_{adm.sol}$ $\sigma_{max} = \left(\frac{\sum(W-U)}{B} \right) * \left(1 + 6 * \frac{ e }{B} \right)$ $\sigma_{adm.sol} = \frac{1}{2} * B * \gamma * Ny + C * Nc + \gamma * D * Nq$	γ : Poids Volumique du sol sous la base de la fondation (KN/m ³) ; Φ : Angle de frottement interne du sol sous la base de la fondation (rad) ; Ny : Facteur de portance obtenu par interpolation ; C : Cohésion du sol sous la base de la fondation ; Nc : Facteur de portance obtenu par interpolation ; D:profondeur d'encastrement de la fondation (profondeur à laquelle se trouve la base de la fondation (m) ; Nq: Facteur de portance obtenu par interpolation ; σ_{max} : Contrainte maximale imposée au sol de fondation (MPa).

Etudes techniques pour la reconstruction du barrage de Kourwéma dans la commune de Saponé, Province du Bazèga, Région du Centre-Sud au Burkina Faso.

- **Murs Bajoyers**
 - **Caractéristiques géométriques**

Nous allons faire un pré-dimensionnement afin de trouver les caractéristiques géométriques des murs bajoyers à travers les relations suivantes :

$e_{sup} \geq \frac{H}{24}$ $e_{inf} \geq \frac{H}{12}$ $B = (0,2 + 0,45 \cdot H) \cdot 1,15$	<ul style="list-style-type: none"> • H est la hauteur totale (avec ancrage) de la digue en m • e_{sup} l'épaisseur supérieure du mur en cm ; • e_{inf} l'épaisseur de la partie inférieure du mur en cm ; • B est la base de la semelle en m.
---	---

- **Stabilité externe**

Vérifier la stabilité du mur bajoyer revient à nous assurer qu'il ne glisse pas (glissement de la base par rapport au sol de fondation), qu'il ne se renverse et qu'il ne s'enfonce pas verticalement dans le sol.

Stabilité au glissement	
$F_G = \frac{C \cdot S + \sum (F_c + W - P_i) \tan \phi}{\sum (P)} \geq 1,2$	<p>F_G : coefficient de sécurité au glissement</p> <p>W : poids propre de l'ouvrage (kN/ml)</p> <p>F_c : Poids du remblai sur la semelle (kN/ml)</p> <p>P : Poussée sur le mur et le talon (kN/ml)</p> <p>P_i : sous pression (kN/ml)</p> <p>C : la cohésion du sol de fondation</p>
Stabilité au renversement	
$F_R = \frac{\sum M_{résistants}}{\sum M_{moteurs}} \geq 1,5$	<p>F_R : coefficient de sécurité au renversement</p>
Stabilité au poinçonnement	
$\sigma_{max} \leq \sigma_{adm.sol}$	

Etudes techniques pour la reconstruction du barrage de Kourwéma dans la commune de Saponé, Province du Bazèga, Région du Centre-Sud au Burkina Faso.

- Bassin de dissipation et chenal d'évacuation

Le bassin de dissipation est la partie de l'évacuateur qui sert à dissiper l'énergie de chute de l'eau et à limiter son action érosive comme l'illustre la figure suivante.



Figure 5: Illustration du bassin de dissipation et du chenal d'évacuation

Il doit pouvoir contenir le ressaut hydraulique à l'aval. Le choix du type de bassin de dissipation est fait en fonction de la vitesse de l'eau à l'entrée du bassin et du nombre de Froude.

Les dimensions géométriques du bassin ont été estimées soit à partir des abaques proposés par GRESILLON et LAHAYE, soit à partir de formules de calcul.

A la suite du bassin de dissipation, délimité par des diguettes de protection. Il sera fait un traitement de manière à éloigner le plus possible les éventuelles érosions régressives. Ainsi, à la sortie du bassin de dissipation, il sera disposé des perrés suivis d'un blocage en gabions.

Les caractéristiques du chenal ont été définies par les lois d'écoulement en surface libre (MAR, 2004).

$\frac{Q_{Projet}}{K_s * \sqrt{I}} = \frac{y_n * (b + m y_n)^{\frac{5}{3}}}{(b + 2 y_n * \sqrt{1 + m^2})^{\frac{2}{3}}}$	<p>Qprojet : débit du projet (m³/s) ;</p> <p>KS: coefficient de rugosité de Manning Strickler ;</p> <p>I : Pente longitudinale (m/km) ;</p>
--	--

Etudes techniques pour la reconstruction du barrage de Kourwéma dans la commune de Saponé, Province du Bazèga, Région du Centre-Sud au Burkina Faso.

$Fr = \frac{V1}{g * y1}$ $V1 = \frac{Qs}{y1}$	yn : Tirant d'eau normal (m) ; b : largeur en plafond (m) ; V1 : vitesse à l'entrée du Bassin de dissipation (m/s) ; Y1 : Tirant d'eau à l'entrée du Bassin de dissipation(m) ; QS : Débit spécifique (m ³ /s/ml).
--	---

❖ Ouvrage de prise et de vidange

L'ouvrage de prise servira également de vidange. Il se situe du côté amont du futur périmètre irrigué

Pour le calcul du diamètre on devra tenir compte des pertes de charge linéaires et singulières le long de la conduite. Comme dans le cas des vidanges, on se servira de l'abaque de la figure 2.37 (*Abaque de MOODY ou Abaque pour le choix d'une conduite de vidange à écoulement en charge*), pour des longueurs de 20 à 110 m. page 142 (**Technique des petits barrages**).

Le diamètre de la conduite et le temps de vidange sont déterminés à partir des formules suivantes :

$Q = (V/J*24*3600)$ $Q = m*(\pi*D^2/4)*(2*g*h)^{0,5}$	Q : Débit qui transite dans la conduite (m ³ /s) ; D : diamètre de la conduite (mm) ; h : charge de l'eau (m) ; m : coefficient de débit dépendant de la longueur de la conduite et des pertes de charge (m sera choisi par le principe de MOODY) ; g : accélération de la pesanteur (m/s ²)
--	---

IV.4 Estimation des besoins et pertes

Nous considérons les hypothèses suivantes pour l'estimation des besoins :

- Pour les besoins en eau de la population, on estime que ¼ de cette population utilisera directement l'eau du barrage. La tendance aujourd'hui étant l'utilisation de l'eau de forage pour la boisson et les besoins domestiques (Source, rapport d'études socio-économiques).
- Les pertes sont constituées de l'infiltration dans la retenue, de l'évaporation et des dépôts solides.

Etudes techniques pour la reconstruction du barrage de Kourwéma dans la commune de Saponé, Province du Bazèga, Région du Centre-Sud au Burkina Faso.

✚ Besoins humains et pastoraux

Pour les besoins domestiques (confection de briques, réfections des maisons,...) ; d'après les enquêtes faites sur le terrain, nous décidons d'allouer 10 litres/jour/habitant en considérant le taux d'accroissement régional qui est de 1,9% (source RGPH 2006) à l'horizon du projet.

Les besoins en eau pastoraux ont été estimés à partir du nombre de bétail à desservir et de la consommation qui est de 40 litres/jour/UBT pour le gros bétail et 5 litres/jour/ pour le petit bétail. La population d'UBT a été actualisée à l'aide de l'équation suivante avec des taux d'accroissement qui sont respectivement de 1,5% et 2% (Source : Statistiques du Secteur de l'élevage au Burkina Faso Animales, 2008).

$P_n = P_0 (1 + T_x)^n$	<p>P_n : population à l'échéance du projet ; P_0 : population initiale ; n : nombre d'années ; T_x : taux d'accroissement.</p>
-------------------------	--

✚ Besoins agricoles

Il s'agit des besoins en eau pour le maraîchage en saison sèche. Nous utiliserons les besoins en eau de la plante la plus contraignante à savoir la tomate pour l'estimation et la simulation des besoins agricoles.

✚ Pertes par infiltration

Il faut s'assurer de la bonne imperméabilité de la cuvette pour avoir une bonne rétention d'eau. L'infiltration diminue normalement avec le temps au fur et à mesure du dépôt des argiles colloïdales. Les infiltrations recommandées au Burkina Faso (**1mm/jour à 3 mm/jour**) seront consultées pour retenir une valeur d'infiltration.

✚ Pertes par dépôts solides

L'eau de ruissellement sur le bassin versant entraîne avec elle des matériaux solides qu'elle arrache tout le long de son parcours. Le calcul des dépôts solides permettra de quantifier l'arrivée de ces matériaux dans la retenue. Les méthodes que nous utiliserons pour la détermination des dépôts solides sont (**Cours de barrage de M.GUEYE, page 51 du document ; année académique 2006-2007**):

Etudes techniques pour la reconstruction du barrage de Kourwéma dans la commune de Saponé, Province du Bazèga, Région du Centre-Sud au Burkina Faso.

Formule de GOTTSCHALK	
$D = 260 * S^{(-0,1)}$ et $V = D * S$	D est la dégradation spécifique en $m^3/Km^2/an$; S est la superficie du bassin versant en Km^2 ; V est le volume des dépôts solides en m^3 .
Formule de CIEH ou de GRESILLON	
$D = 700 * \left(\frac{P}{500}\right)^{-2,2} * S^{-0,1}$ et $V = D * S$	D est la dégradation spécifique en $m^3/Km^2/an$; S est la superficie du bassin versant en Km^2 ; P la pluviométrie annuelle moyenne sur le bassin versant en mm ; V est le volume des dépôts solides en m^3 .
Formule de KARAMBIRI ou de GRESILLON modifiée	
$D = 137 * \left(\frac{P}{500}\right)^{-2,02} * S^{-0,05} * [0,25 + 1,13 * (h + r)^{-1,15}]$ et $V = D * S$	D est la dégradation spécifique en $m^3 / Km^2/an$; S est la superficie du bassin versant en Km^2 ; P la pluviométrie annuelle moyenne sur le bassin versant en mm ; h est un paramètre anthropique ; r est un paramètre morphologique ; V est le volume des dépôts solides en m^3 .

✚ Pertes par évaporation

La lame d'eau évaporée au niveau de la retenue sera évaluée par la méthode de POUYAUD (Cours de barrage de M.GUEYE, page 51 du document ; année académique 2006-2007).

$E_{lac} = 1,664 * E_{bac} A^{0,602}$	E_{lac} : évaporation du plan d'eau (mm/j) $E_{bac} A$: évaporation au bac A (mm/j)
---------------------------------------	---

Etudes techniques pour la reconstruction du barrage de Kourwéma dans la commune de Saponé, Province du Bazèga, Région du Centre-Sud au Burkina Faso.

IV.5 Bilan global et simulation

Après avoir quantifié tous les besoins et toutes les pertes qui se dégagent dans la retenue, nous procéderons à une simulation de la retenue et nous établirons la courbe d'exploitation de la retenue.

La courbe d'exploitation de la retenue nous permettra de nous assurer de l'adéquation entre la quantité d'eau disponible et les utilisations possibles de l'eau.

IV.6 Etude financière

Après avoir dimensionné tous les éléments constitutifs du barrage, nous procéderons à l'estimation globale du coût des travaux à la suite d'un avant-métré soigneusement établi.

Il s'agira pour nous d'évaluer précisément les quantités de chaque ouvrage (longueur, volume, surface,...) et appliquer un prix unitaire à chaque type d'élément.

Des coefficients majorateur (1,15 ; 1,10 ; 1,20...) seront appliqués pour tenir compte d'éventuelles pertes ou pour tenir compte du tassement.

IV.7 Etude d'Impact environnemental et Social

Dans un contexte de changement climatique qui paraît irréversible, nous établirons les impacts susceptibles d'être générés par le projet de reconstruction du barrage de Kourwéma. Des mesures fortes seront proposées pour d'une part non seulement limiter les impacts négatifs tant en phase de reconstruction qu'en phase d'entretien et d'exploitation ; mais aussi et surtout bonifier les impacts positifs dans le milieu récepteur du projet.

V. Etudes techniques du barrage de Kourwéma

V.1 Définition de la période de retour

Le dimensionnement des grands ouvrages hydrauliques nécessite la définition claire d'une période de retour qui tient compte surtout de la taille de l'ouvrage.

Pour le cas précis des barrages, G.DEGOUTTE a proposé en 1993 des recommandations pour le choix de la période de retour. Pour lui, la période de retour doit être choisie en fonction du produit entre la hauteur du barrage(en m) au carré, et de la racine carrée de son volume(en hm^3) ;(**conf cours de barrage de M.GUEYE, page 61, année scolaire 2006-2007**).

Nous avons utilisé la relation de G.DEGOUTTE pour fixer la période de retour du barrage de Kourwéma.

$H^2\sqrt{V}(\text{hm}^3)$	< 5	5 à 30	30 à 100	100 à 700	> 700
Période de retour (ans)	100	500	1000	5 000	10 000

Le barrage de Kourwéma a une hauteur de 5 m et un volume $632\,287\text{ m}^3$. Le produit $H^2*\sqrt{V}(\text{hm}^3) = 19,88$.

Une période de retour de 500 ans est alors recommandée par G.DEGOUTTE pour le barrage de Kourwéma.

Toutefois, au regard de l'ensemble des barrages réalisés au Burkina Faso et de la taille modeste de la retenue, nous optons pour une période de retour de **100 ans**. Ceci permet de diminuer considérablement le coût de l'ouvrage sans pour autant compromettre sa durabilité.

V.2 Etudes hydrologiques

V.2.1 Caractérisation du bassin versant

Le bassin versant en une section droite d'un cours d'eau se définit comme la totalité de la surface topographique drainée par ce cours d'eau et ses affluents à l'amont de la section. Tous les écoulements prenant naissance à l'intérieur de ladite surface doivent traverser la section considérée appelée **exutoire** pour poursuivre leur trajet vers l'aval.

Il est séparé par ceux qui l'environnent par des lignes de crêtes appelées *lignes de partage des eaux*.

Sur le plan national, le bassin versant du barrage de Kourwéma est un **sous bassin versant du Bassin Versant national « Nakambé »**.

La représentation spatiale du bassin versant et son réseau hydrographique est présentée dans la figure suivante.

Etudes techniques pour la reconstruction du barrage de Kourwéma dans la commune de Saponé, Province du Bazèga, Région du Centre-Sud au Burkina Faso.

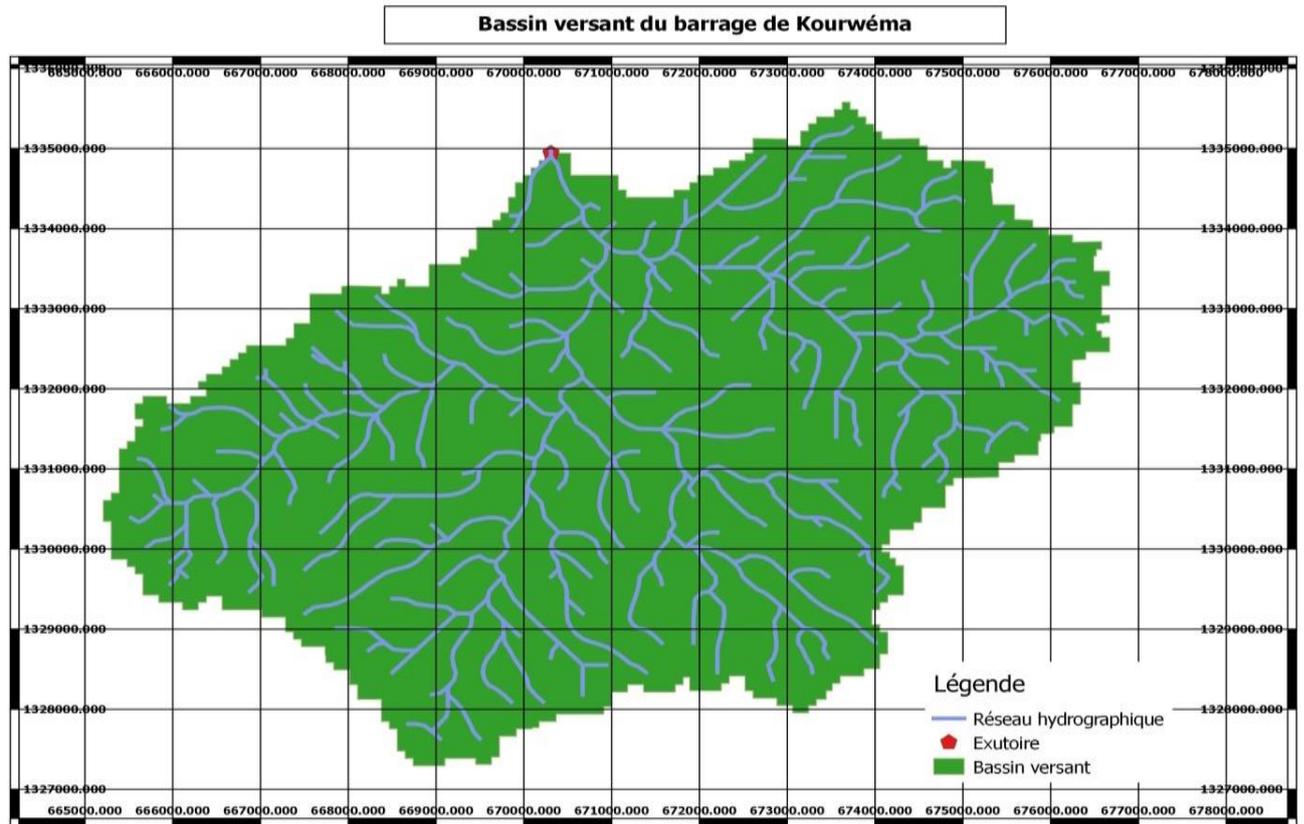


Figure 6: Carte du bassin versant du barrage de Kourwéma

Les principales caractéristiques du bassin versant calculées à l'aide des formules empiriques ou mesurées directement sur le logiciel Global Mapper sont consignées dans le tableau suivant.

Tableau 9 : caractéristiques physiques du bassin versant du barrage de Kourwéma.

Désignations	Valeurs	unités	Commentaire
Superficie	58,47	Km ²	Petit bassin versant
Périmètre	33,74	Km	----
Indice de Compacité K_G	1,24	----	Bassin versant de forme allongée car $K_G > 1$
Longueur du rectangle équivalent Leq	12,00	Km	----
Largeur du rectangle équivalent leq	4,87	Km	----
Longueur du réseau			

Etudes techniques pour la reconstruction du barrage de Kourwéma dans la commune de Saponé, Province du Bazèga, Région du Centre-Sud au Burkina Faso.

hydrographique L	7,20	Km	-----
Densité de drainage D_d	23,26		----
Indice global de pente I_G	1,83	m/Km	----
Pente transversale I_t	4,25	m/Km	-----
Indice global de pente corrigé I_{Gcorr}	3,04	m/Km	----
Relief	Relief faible		
Perméabilité			
Typologie du réseau hydrographique			

Le détail des calculs figure en **Annexe 1**

➤ **Courbe hypsométrique**

C'est une courbe qui montre la répartition de la superficie du bassin versant en fonction de l'altitude. Elle donne une vue synthétique de la pente du bassin versant, donc du relief. Ceci permet de se faire une idée de comment les écoulements se feront jusqu'à l'exutoire.

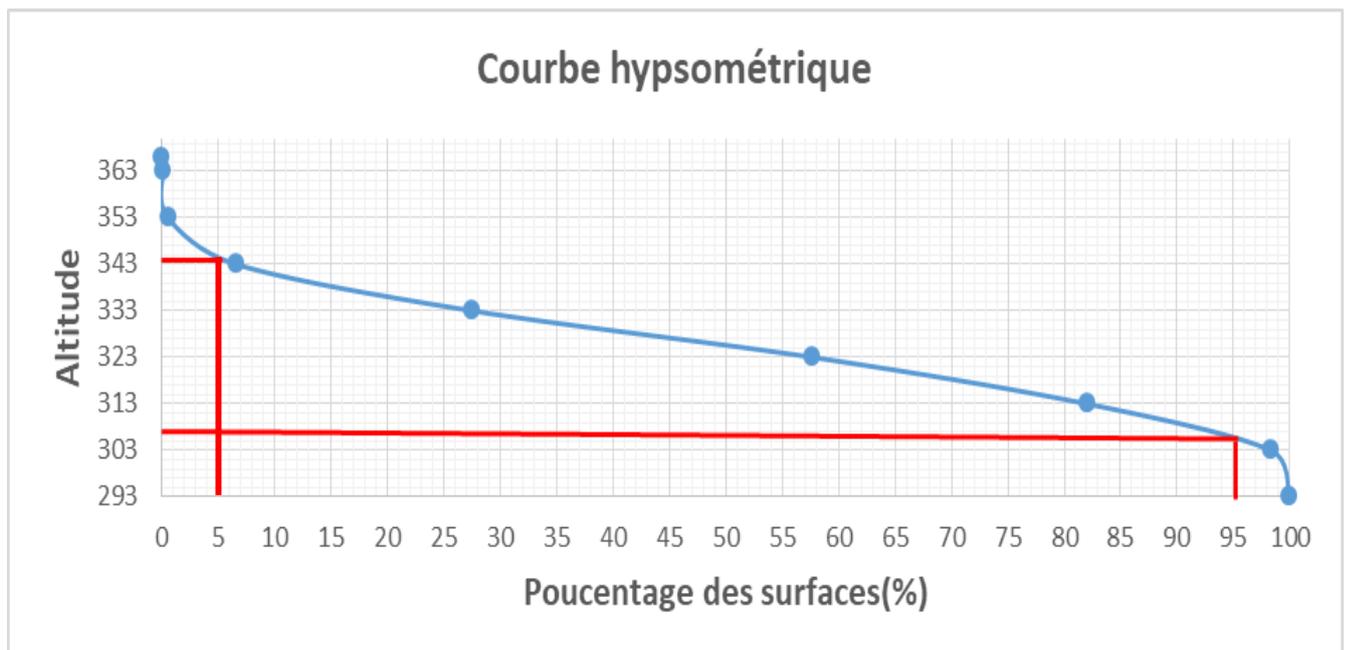


Figure 7: Courbe hypsométrique

Etudes techniques pour la reconstruction du barrage de Kourwéma dans la commune de Saponé, Province du Bazèga, Région du Centre-Sud au Burkina Faso.

V.2.2 Analyse fréquentielle des pluies

Elle a donné les résultats suivants :

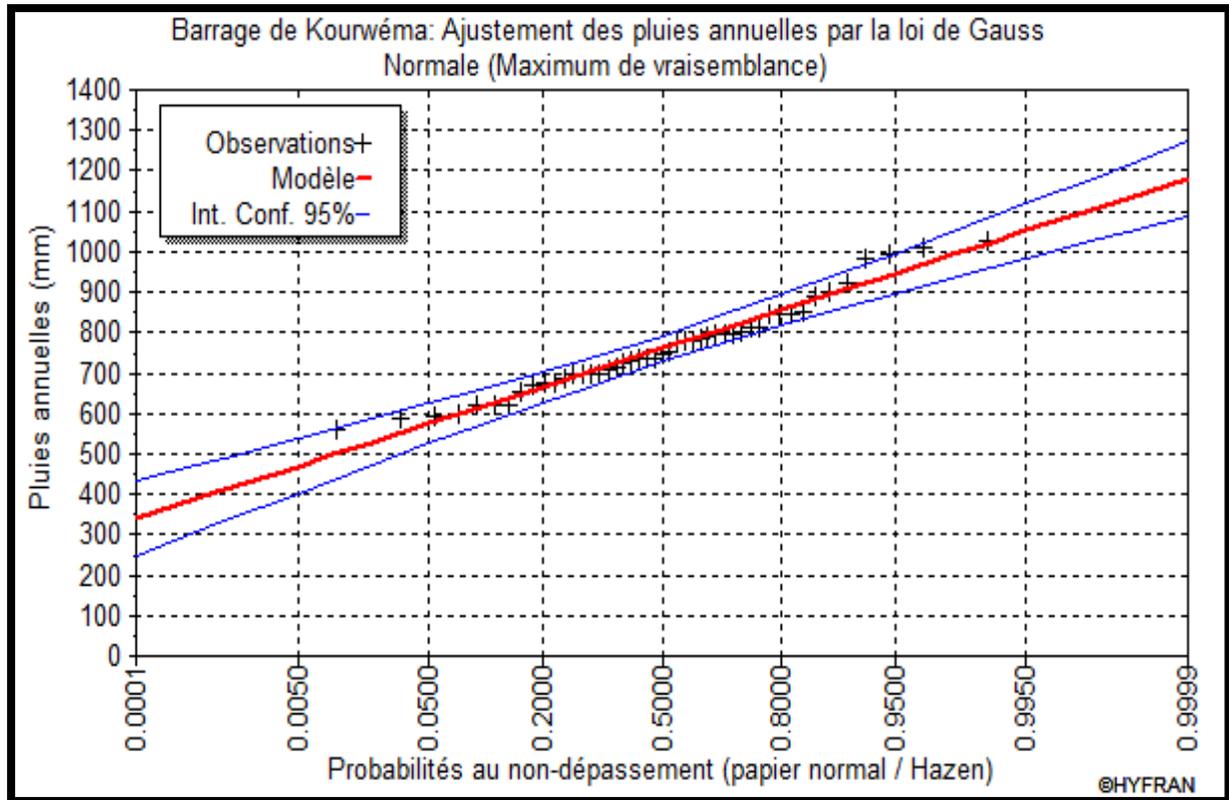


Figure 8: Ajustement des pluies annuelles par la loi de Gauss

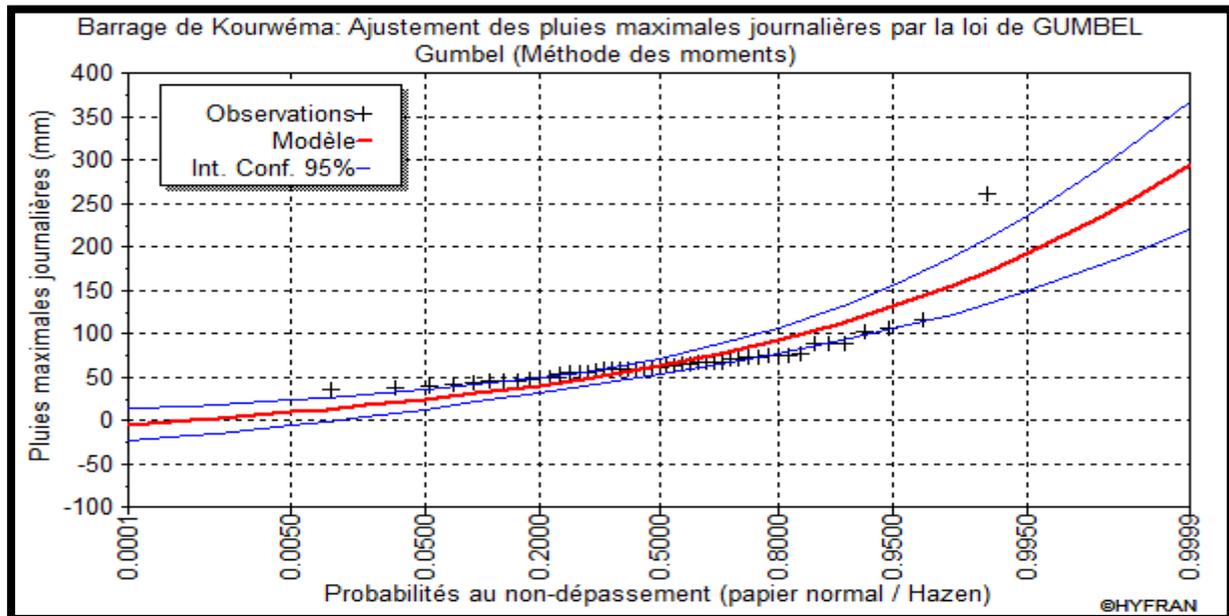


Figure 9: Ajustement des pluies journalières maximales par la loi de Gumbel

Etudes techniques pour la reconstruction du barrage de Kourwéma dans la commune de Saponé, Province du Bazèga, Région du Centre-Sud au Burkina Faso.

L'analyse a été faite avec un niveau de confiance de 95%. Les coefficients de variation des deux échantillons sont inférieurs à 1. Nous déduisons que ces données sont représentatives et peuvent donc être utilisées.

Les résultats des quantiles issus de l'analyse fréquentielle et qui seront utilisés par la suite sont consignés dans le tableau suivant :

Tableau 10 : Quantiles pluviométriques en fonction de la période de retour

Année	Humide			Moyenne	Sèche		
	100	10	5		5	10	100
Période de retour (années)	100	10	5	2	5	10	100
Quantiles annuelles (mm)	1020	905	856	760	665	615	497
Quantiles journalières (mm)	173	112	91,9	62,2	40,1	30,7	12,5

Les informations complémentaires sur le reste des résultats des quantiles issus de l'analyse fréquentielle des pluies sont consignées en **Annexes 2**

V.2.3 Débit de projet

Nous avons obtenu les résultats suivants pour le débit de projet

Tableau 11: Valeurs des débits

Désignation	Débit	Unité
Méthode CIEH	56,98	m ³ /s
Méthode ORSTOM	44,14	m ³ /s
Débit décennal retenu	56,98	m ³ /s
Méthode du GRADEX	C= 3,15	
Débit centennal	179,50	m ³ /s
Débit retenu pour le projet	180	m³/s
Débit retenu par le bureau	175	m³/s

Le détail des calculs du débit de projet figure en **Annexe III**

 **Hydrogramme des crues**

L'hydrogramme est le graphique de la variation temporelle du débit d'écoulement. Le débit de discontinuité vaut : **Q_d = 13,78 m³/s.**

Etudes techniques pour la reconstruction du barrage de Kourwéma dans la commune de Saponé, Province du Bazèga, Région du Centre-Sud au Burkina Faso.

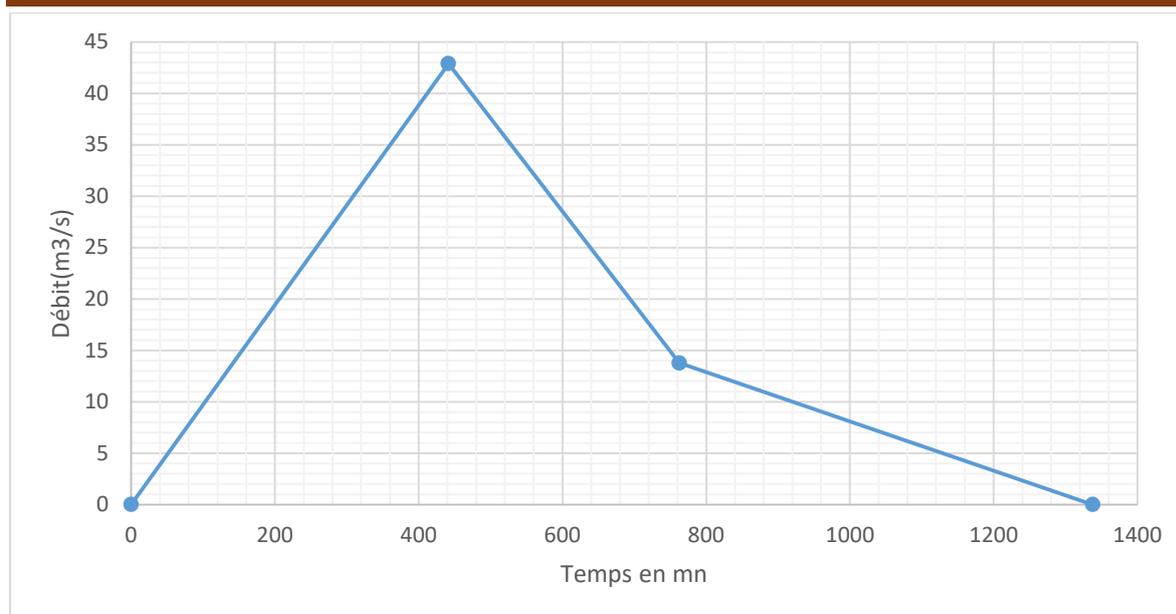


Figure 10: Hydrogramme des crues

+ Crue de rupture du barrage

La crue de rupture vaut : $Q_{\text{rupture}} = 381,20 \text{ m}^3/\text{s}$. Ainsi en cas de rupture, des investigations pourront être faites pour déterminer la cause de la rupture.

V.2.3 Etudes des apports

En appliquant d'une part la méthode de Vuillaume-Dubreuille et d'autre part en considérant les valeurs des coefficients recommandées par l'ONBAH, on obtient les coefficients d'écoulement ainsi que les volumes des apports liquides.

Tableau 12: Coefficients d'écoulement

DESIGNATION	Années		
	Moyenne	Quinquennale Sèche	Décennale Sèche
Coefficients d'écoulement	7,60 %	5,32 %	3,80 %
Apports (m ³)	3 377 227,2	2 068 551,66	1 366 443,9

Etudes techniques pour la reconstruction du barrage de Kourwéma dans la commune de Saponé, Province du Bazèga, Région du Centre-Sud au Burkina Faso.

- V.3 Etudes de la retenue
 - V.3.1 Etudes de la digue
 - ✚ Caractéristiques géométriques de la digue

En appliquant la méthodologie décrite plus haut, nous obtenons les paramètres suivants pour la digue.

Tableau 13: Caractéristiques de la digue

Désignation	Valeurs	Unités
Cote crête de la digue	101,00	m
Cote fond de la digue	96,00	m
Hauteur maximale de la digue	5,00	m
Lame d'eau déversante h	0,60	m
Revanche libre	0,50	m
Cote PEN	99,90	m
Pente des talus (amont et aval)	1V/2H	
Largeur en crête	4,00	m
Epaisseur du drain	0,50	m

Le rapport géotechnique montre un **taux de dispersion de l'argile des zones d'emprunt supérieur à 30%**(conf données géotechniques, page 17). Par conséquent, la digue à réaliser sera à zone avec un rechargement latéritique à l'aval.

- ✚ Protection des talus et de la crête de la digue

Protection du talus amont	<p>Le talus amont sera protégé contre le battillage par une couche de perré sec en enrochement de moellons latéritiques ou granitiques de 0,25 m d'épaisseur, soigneusement rangés à la main et destinés à éviter que les matériaux terreux qui constituent le barrage ne soient érodés par les vagues.</p> <p>Les enrochements seront posés sur une couche de pose de grave latéritique d'une épaisseur de 0,15 m.</p>
---------------------------	---

Etudes techniques pour la reconstruction du barrage de Kourwéma dans la commune de Saponé, Province du Bazèga, Région du Centre-Sud au Burkina Faso.

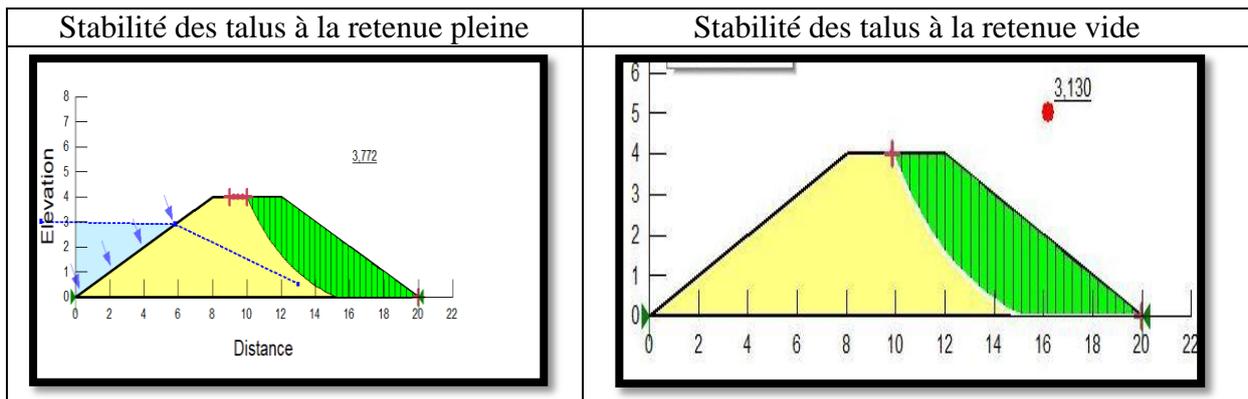
	<p>Le pied amont de la digue sera protégé par une butée de pied amont, ouvrage triangulaire en enrochements, de 1,50 m de largeur en gueule et 0,50 m de profondeur.</p> <p>De part et d'autre du déversoir, le perré sera posé sur une largeur de 5 m car ces zones sont les plus sensibles à l'action érosive des eaux.</p>
Protection du talus aval	<p>Afin de lutter contre l'action érosive de l'eau, celle des animaux et du vent et de tenir compte des changements climatiques, le talus aval sera également protégé par une couche de perré sec constituée d'enrochements latéritiques ou granitiques de 0,20 m d'épaisseur soigneusement posés à la main sur une couche de pose de grave latéritique d'une épaisseur de 0,15 m.</p> <p>Un fossé drain sera aménagé au pied du talus pour collecter les eaux pluviales et les eaux d'infiltration en provenance du corps de la digue. Il sera revêtu en enrochements 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.</p>
	<p>Il est nécessaire de protéger la crête pour lutter contre la dessiccation mais aussi pour assurer la circulation éventuelle d'engins. La protection sera constituée d'une couche de couronnement en matériaux graveleux latéritique compacté d'une épaisseur de 20 cm. Elle aura une pente transversale de 3% vers l'amont pour éviter les stagnations d'eau</p>

Etudes techniques pour la reconstruction du barrage de Kourwéma dans la commune de Saponé, Province du Bazèga, Région du Centre-Sud au Burkina Faso.

<p>Protection de la crête de la digue</p>	<p>sur la crête et permettre leur ruissellement vers la retenue.</p> <p>Du coté aval, il sera aménagé un mur de crête en maçonnerie de moellons de 0,50 m x 0,50 m, ancré dans la digue de 0,50 m. Le mur de crête dépassera la cote du couronnement de 10 cm pour éviter des amorces d'érosion sur le talus aval.</p> <p>Du coté amont, en lieu et place du mur de crête, il sera aménagé un mur parapet en maçonnerie de moellons de 0,50 m x 0,50 m, ancré dans la digue de 0,50 m. Le mur sera équipé de barbicanes de 40 mm de diamètre pour le drainage de la crête de la digue vers le plan d'eau. La longueur totale du mur parapet est de 780,52 m.</p>
---	--

 Stabilité des talus de la digue

L'analyse de la stabilité des talus effectuée à l'aide du logiciel Géoslope nous donne des coefficients de sécurité tous supérieurs à 1,20.



Nous concluons donc que la stabilité des talus de la digue est assurée.

 Tranchée d'ancrage

Selon le rapport géotechnique, on note la présence d'argile peu plastique et d'argile moyennement plastique le long de la digue et dans la cuvette (conf données géotechniques). Par conséquent on retiendra une valeur de **C = 3** pour la vérification de la lutte contre l'effet

Études techniques pour la reconstruction du barrage de Kourwéma dans la commune de Saponé, Province du Bazèga, Région du Centre-Sud au Burkina Faso.

de RENARD car il s'agit de l'argile plastique (cours de barrage de M.L COMPAORE, page 239 du document ; page 260 du PDF).

Cette vérification qui consiste à allonger les lignes d'écoulement figure en **Annexe 4**.

Pour des raisons de facilité de mise en œuvre, la tranchée d'ancrage sera de section trapézoïdale avec une largeur au plafond de 3,50 m avec une pente des talus de 3V/1H.

V.3.2 Caractéristiques de la cuvette

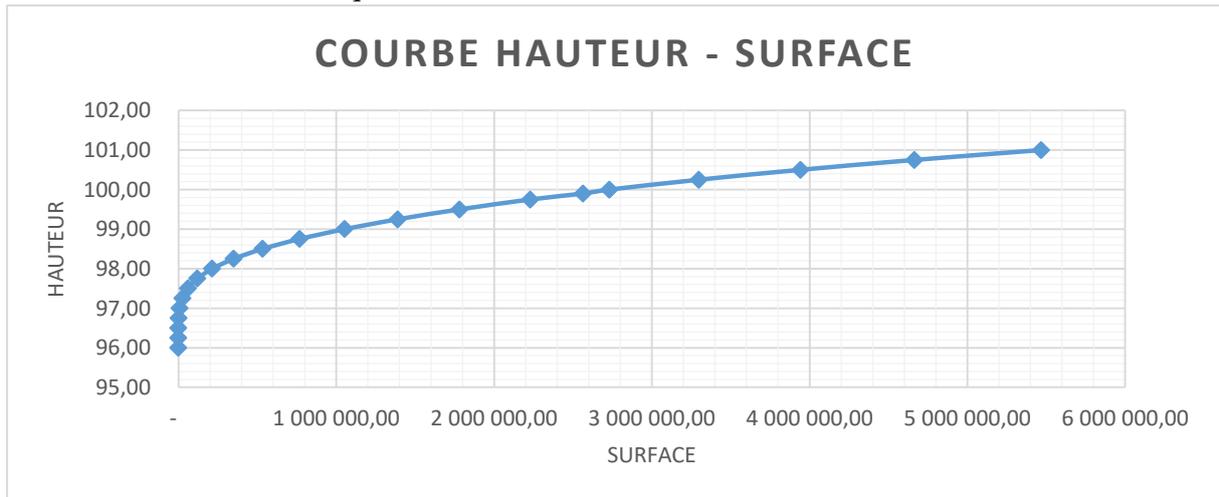


Figure 11: Courbe hauteur-surface

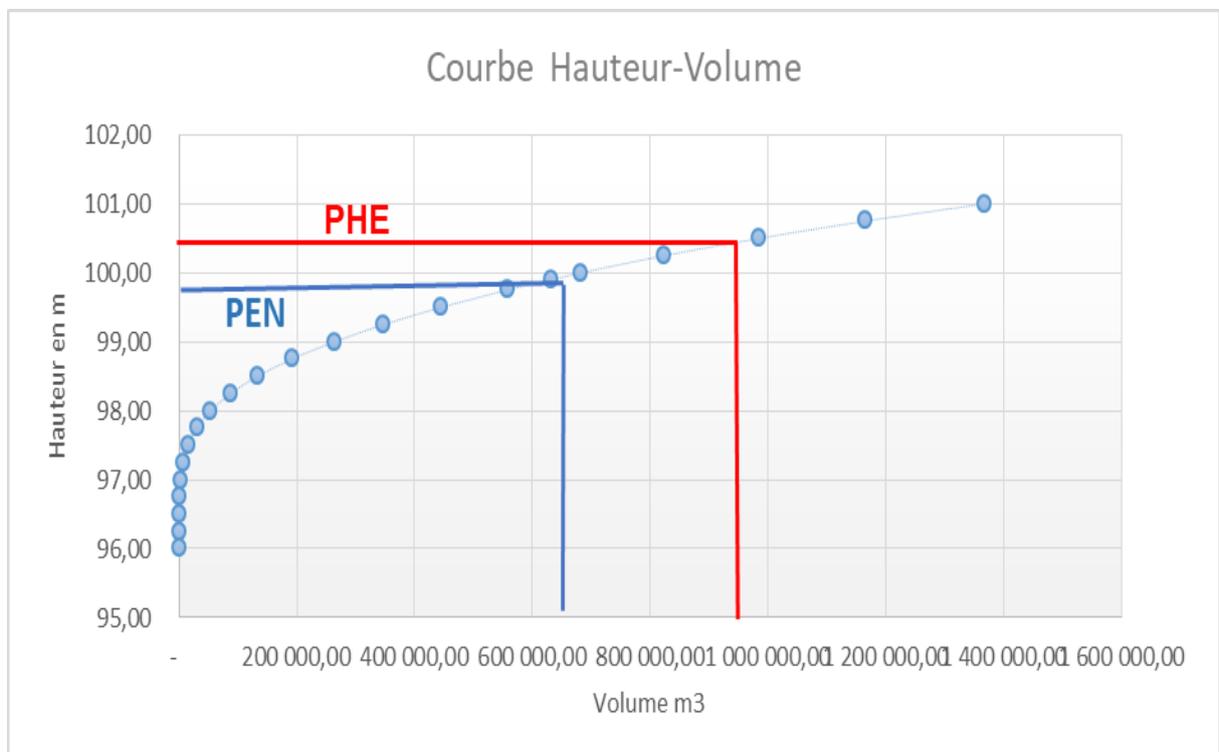


Figure 12: Courbe hauteur-volume

Etudes techniques pour la reconstruction du barrage de Kourwéma dans la commune de Saponé, Province du Bazèga, Région du Centre-Sud au Burkina Faso.

Tableau 14: Caractéristiques de la retenue

Cote Plan d'Eau Normal	99,90	m
Capacité de stockage de la cuvette	632 287	m ³
Superficie du plan d'eau normal	47,88	ha
Lame d'eau déversant	0,6	m
Cote Plan des Hautes eaux (PHE)	100,50	m
Superficie du plan des hautes eaux	64,39	ha
Apports moyens annuels	2 068 551,66	m ³

V.4 Ouvrages annexes

V.4.1 Le déversoir et les murs bajoyers

❖ Le déversoir

Nous retenons un déversoir de longueur **175,00 m** dont les **stabilités externe et interne** sont vérifiées avec des coefficients de sécurité au glissement de 3,30 et celui au renversement qui est de 2,98. La sécurité au non-poinçonnement est également vérifiée.

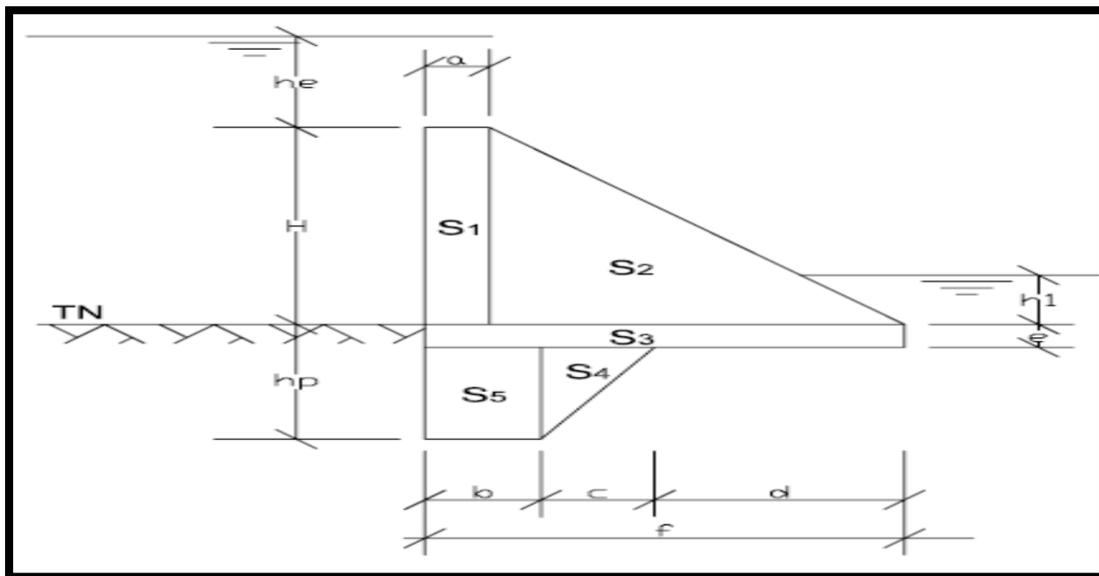


Figure 13: Géométrie du déversoir

Les caractéristiques géométriques du déversoir qui nous permettent d'avoir un optimum économique tout en garantissant la sécurité de l'ouvrage sont consignées dans le tableau qui suit.

Etudes techniques pour la reconstruction du barrage de Kourwéma dans la commune de Saponé, Province du Bazèga, Région du Centre-Sud au Burkina Faso.

Tableau 15: Caractéristiques géométriques du déversoir

Désignation	Valeurs	Unité
a	0,6	m
b	1	m
c	0,50	m
d	2,50	m
e	0,5	m
f	4,00	m
hp	2,50	m
H	3,90	m

Le détail des calculs sont référés en **Annexe 5**

❖ Les murs bajoyers

✚ Caractéristiques géométriques et actions exercées sur le mur bajoyer

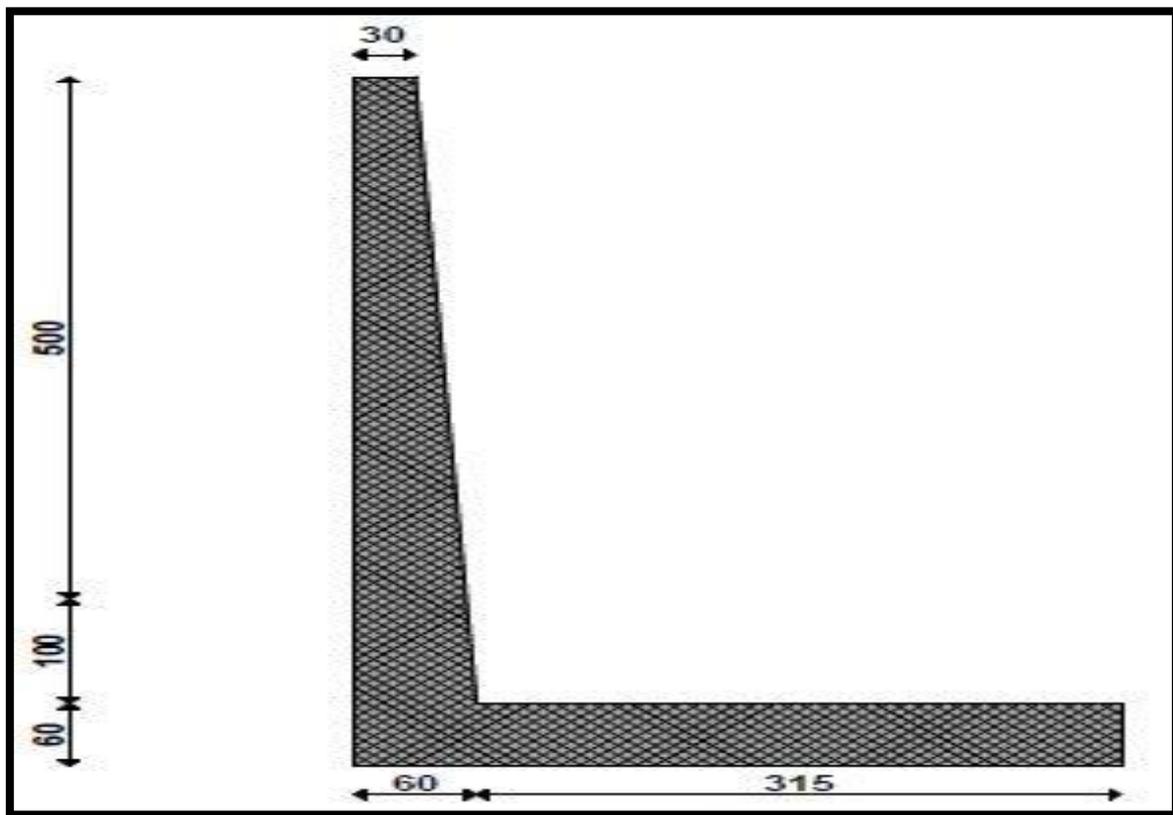


Figure 14: Géométrie du mur bajoyer

Etudes techniques pour la reconstruction du barrage de Kourwéma dans la commune de Saponé, Province du Bazèga, Région du Centre-Sud au Burkina Faso.

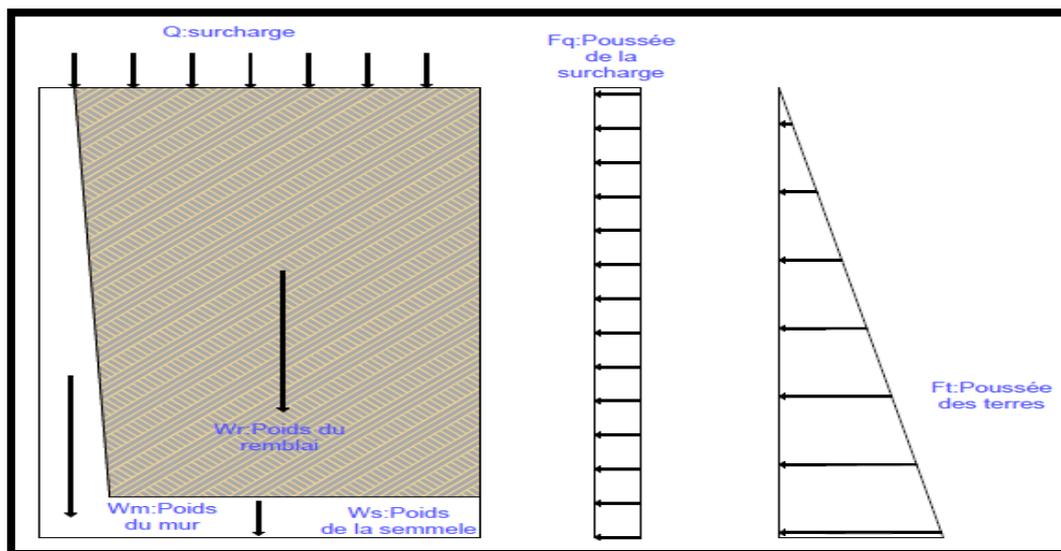


Figure 15: Actions mécaniques exercées sur les murs bajoyers

✚ Stabilité du mur bajoyer

La vérification de la stabilité du mur bajoyer nous a donné des coefficients de sécurité au glissement et au renversement qui sont respectivement de **3,16** et de **3,30**.

En outre la règle du tiers central est respectée et la contrainte maximale imposée est inférieure à la capacité portante du sol d'assise.

On en conclut alors que les murs bajoyers sont stables.

V.4.2 Le bassin de dissipation et le chenal d'évacuation

Tableau 16: Caractéristiques du bassin de dissipation et du chenal d'évacuation

Bassin de Dissipation		
Enfoncement du bassin D	m	1,00
Débit de crue	m ³ /s	180
Débit unitaire	m ³ /s/ml	0,90
Lame d'eau déversant maximale	m	0,60
Tirant d'eau avant ressaut	m	0,53
Vitesse d'eau à l'entrée du bassin	m/s	10,27
Nombre de Froude	Fr	10,37
Bassin retenue	Bassin USBR de type II Epaisseur du béton = 30 cm	
Longueur de bétonnage du bassin	m	4,00

Etudes techniques pour la reconstruction du barrage de Kourwéma dans la commune de Saponé, Province du Bazèga, Région du Centre-Sud au Burkina Faso.

Longueur de protection du bassin en enrochement	m	10
Seuil terminal		
Hauteur h4	m	0,20
Pente du talus		1V/2H
Epaisseur au sommet	m	0,20
Epaisseur à la base	m	2,20
Chenal d'évacuation		
Pente longitudinale		
Largeur en plafond	m	175
Longueur du chenal	m	60

V.4.3 Ouvrage de prise et de vidange

 Ouvrage de prise.

Tableau 17: Dimensionnement de l'ouvrage de prise

V (m3)	J (jours)	Q (m3/s)	Hauteur d'eau h(m)	m	Diamètre D (m)	Diamètre D (mm)
632 287,00	25	0,292725	2,55	0,7	0,2970	297
	20	0,365907			0,3712	371
	19	0,385165			0,3907	391
	18	0,406563			0,4124	412
	15	0,487876			0,4949	495
	11	0,665285			0,6749	675
	10	0,731814			0,7424	742

Nous retenons une conduite de 400 mm de diamètre pour un temps de vidange de 19 jours avec un débit de vidange de 0,385165 m³/s, soit 385,20 l/s.

L'ouvrage de prise est implanté en rive gauche et est destiné à l'irrigation d'un périmètre de 5 ha. Il est constitué de :

- Un bac amont en béton armé protégé par une grille à maille serrée ;
- Un bac aval de réception des eaux protégé d'une grille à maille serrée en béton armé, abritant un robinet vanne de diamètre Φ 400 mm ;
- Une conduite en fonte ductile de diamètre Φ 400 mm

L'ouvrage de prise servant de vidange sera posé suivant une pente de **1%** pour mieux faciliter l'écoulement

Etudes techniques pour la reconstruction du barrage de Kourwéma dans la commune de Saponé, Province du Bazèga, Région du Centre-Sud au Burkina Faso.

V.5 Estimation des besoins et des pertes

Tableau 18: Hypothèses d'évaluation des besoins humains et pastoraux

Hypothèses dévaluation	Domestiques		Pastoraux		
	Nombre d'habitants	482		Petit bétail	Gros bétail
	Cs (l/jr/habitant)	10	Nombre têtes	650	1350
			Cs (l/jr/tête)	5	40

Tableau 19: Besoins humains et pastoraux et agricoles

Période	Novembre	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai
Besoins agricoles en m ³	14 196,32	19 268,68	21 724,37	17 009,71	11 124,78	24 330,49	10 614,98
Besoins humains en m ³	125,32	129,49	129,49	116,96	125,32	129,49	129,49
Besoins pastoraux en m ³	1 242,90	1 284,33	1 284,33	1 160,04	1 242,90	1 284,33	1 284,33
Besoins totaux en m³	15 564,53	20 682,50	23 138,19	18 286,71	12 493,00	25 744,32	12 028,81

Tableau 20 : Pertes par évaporation et par infiltration

Mois	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai
Durée (jours)	30	31	31	28	30	30	31
Evaporation bac (mm)	236,01	244,14	259,65	278,60	340,72	320,49	312,63
Evaporation lac (mm)	44,63	45,55	47,27	49,32	55,67	53,66	52,86
Infiltration (mm)	45,00	46,50	46,50	42,00	45,00	45,00	46,50

Tableau 21: Pertes par dépôts solides

Désignation	Dégradation spécifique m ³ /Km ² /an	Dépôts solides m ³ /an
GOTTSHALK	173,09	10120,76
GRESILLON	185,50	10846,31
KARAMBIRI	55,66	3254,22
Moyenne		8073,76

La valeur trouvée par la méthode de KARAMBIRI sera utilisée dans la suite des calculs car sa formule a été établie sur la base des mesures des dépôts solides dans des barrages au

Études techniques pour la reconstruction du barrage de Kourwéma dans la commune de Saponé, Province du Bazèga, Région du Centre-Sud au Burkina Faso.

Burkina Faso. En plus c'est une formule modifiée de GREILLON qui surestime les dépôts solides dans les barrages.

Après avoir quantifié tous les besoins (humains, pastoraux et agricoles) et toutes les pertes (évaporation, infiltration, dépôt solides) qui se dégagent dans la retenue, nous avons procédé à une simulation des résultats.

Cette simulation a pour but de nous permettre de vérifier l'adéquation entre le volume d'eau disponible (dans la retenue) et celui qui sera utiliser pour satisfaire les besoins tout en comblant les pertes.

Les résultats de la simulation sont présentés dans le tableau qui suit.

Etudes techniques pour la reconstruction du barrage de Kourwéma dans la commune de Saponé, Province du Bazèga, Région du Centre-Sud au Burkina Faso.

Tableau 22: Simulation de la retenue

Période	Début période		Evaporation			Infiltration			Irrigation	Fin de période	
	Cotes de calage (m)	Volumes obtenus (m3)	Pertes en eau par évaporation (mm)	Plan d'eau après évapo (m)	Volumes restants après évapo (m3)	Pertes par infiltration (mm)	Plan d'eau après infiltration + évapo (mm)	Volumes restants après infiltration + évapo (m3)	Bésions en eau pour 5 ha de tomate (m3)	Volumes restants après pertes et besoins (m3)	Cotes plan d'eau restant (m)
Nov	99,90	632 287,00	173,31	99,73	546 834,74	46,50	99,68	526 068,19	14 196,316	511 871,88	99,65
Déc	99,65	511 871,88	179,75	99,47	433 320,99	46,50	99,42	415 110,35	19 268,680	395 841,67	99,37
Jan	99,37	395 841,67	185,99	99,19	326 423,67	46,50	99,14	310 736,89	21 724,368	289 012,53	99,08
Fév	99,08	289 012,53	193,04	98,88	229 870,45	42,00	98,84	217 848,63	17 009,712	200 838,92	98,78
Mars	98,78	200 838,92	219,54	98,56	147 769,12	46,50	98,52	136 876,62	11 124,783	125 751,84	98,47
Avr	98,47	125 751,84	206,86	98,26	89 574,91	45,00	98,22	81 347,66	24 330,493	57 017,16	98,08
Mai	98,08	57 017,16	207,02	97,88	36 656,82	46,50	97,83	30 330,34	10 614,983	19 715,36	97,75

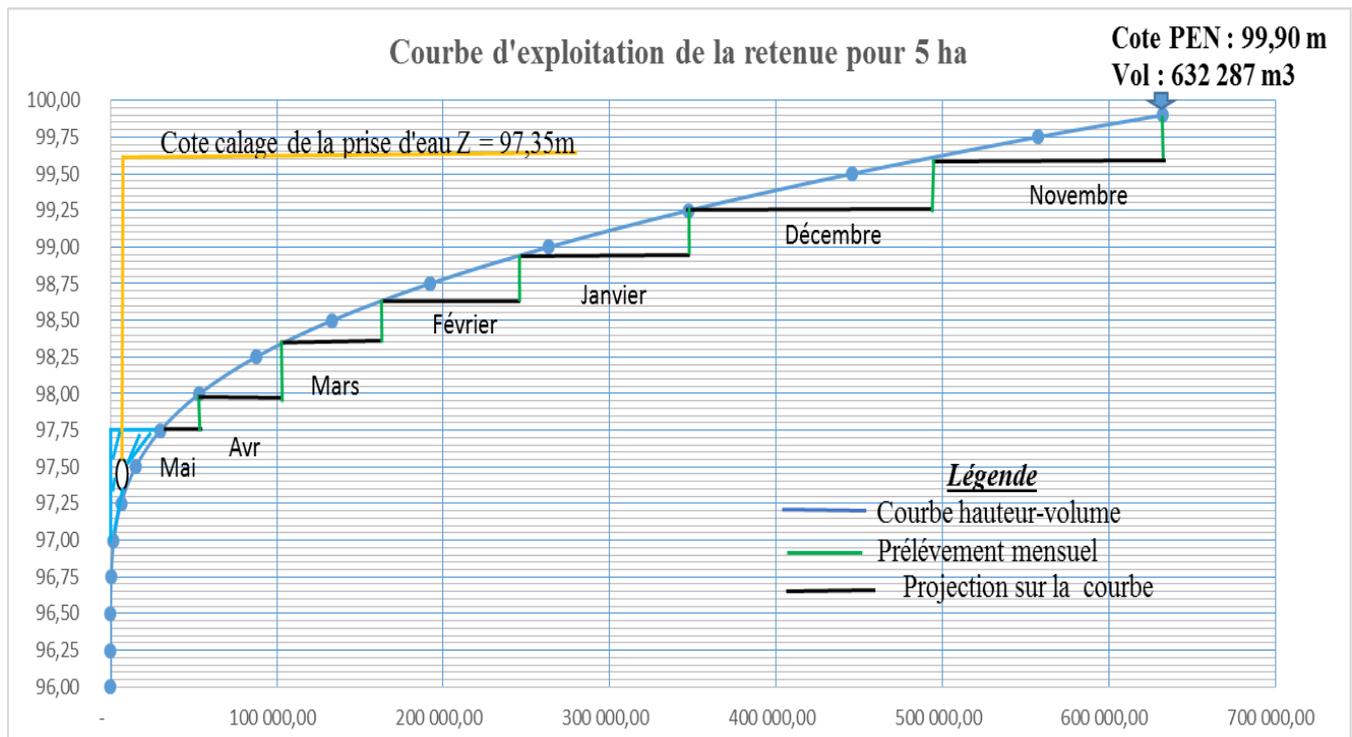


Figure 16: Courbe d'exploitation de la retenue

VI. Etudes financières

L'étude financière a consisté à faire dans un premier temps un avant-métré pour faire ressortir les cubatures de la tranchée d'ancrage et de la digue ; les fouilles pour la fondation du déversoir ; le volume de béton nécessaire pour le déversoir et ses ouvrages annexes, la quantité des gabions pour le chenal d'évacuation.

Ensuite nous avons appliqué des coefficients majorateur pour tenir compte soit des pertes éventuelles ; soit du foisonnement et du tassement.

Les prix unitaires ont été appliqués à chaque quantité pour dégager le prix de chaque ouvrage. La somme des prix des différents ouvrages nous donne le coût global du barrage qui est de **757 148 725 F CFA TTC.**

L'avant-métré et le devis estimatif des travaux figurent en **Annexes 6 et 8 respectivement.**

VII. Notice d'Impact Environnemental et Social

VII.1 Rappel du cadre législatif

La présente Notice d'Impact Environnement et Social (NIES) a tenu compte du cadre réglementaire en vigueur au Burkina Faso. Il s'agit brièvement du/de :

Etudes techniques pour la reconstruction du barrage de Kourwéma dans la commune de Saponé, Province du Bazèga, Région du Centre-Sud au Burkina Faso.

Décret N°2013-406/PRES promulguant la loi n°006-2013/AN du 02 avril 2013 portant Code de l'environnement au Burkina Faso. L'article 12 dit que « Les collectivités territoriales participent à la gestion de l'environnement par la mise en œuvre des compétences qui leur sont transférées. Elles exercent ces compétences conformément à la réglementation en vigueur. Les mécanismes mis en œuvre par les collectivités territoriales pour la prise en charge des problèmes d'environnement doivent être en harmonie avec les mesures au plan national. L'article 25 stipule que « les activités susceptibles d'avoir des incidences significatives sur l'environnement sont soumises à l'avis préalable du ministre chargé de l'environnement. L'avis est établi sur la base d'une Évaluation environnementale stratégique (EES), d'une Etude d'impact sur l'environnement (EIE) ou d'une Notice d'impact sur l'environnement (NIE) ». Selon l'article 35, sont soumis à des audits environnementaux réguliers, « les travaux, ouvrages, aménagements et activités susceptibles d'avoir des impacts significatifs directs ou indirects sur l'environnement. La régularité et les modalités de réalisation de ces audits sont précisées par voie réglementaire. Nonobstant les dispositions de l'alinéa précédent, les autorités compétentes peuvent requérir à tout moment, un audit environnemental lorsqu'elles le jugent nécessaire ». L'Article 36 souligne que « Tout promoteur ou propriétaire des travaux, ouvrages et aménagements visés à l'article 35 ci-dessus, peut, à ses frais, avoir recours à une expertise agréée de son choix pour effectuer l'audit environnemental ».

La loi N°002-2001/AN du 6 février 2001 portant loi d'orientation à la gestion de l'eau au Burkina Faso. Cette loi : (i) fait de l'eau, et ce conformément à la constitution, un patrimoine commun de la nation toute entière, rompant ainsi avec la vision de domanialité publique de l'eau ; (ii) prévoit une administration de l'eau impliquant l'Etat, les collectivités territoriales, les usagers, la société civile et les scientifiques dans des cadres de coordination et de prise de décision consensuelle aux niveaux national (le CNE) , du bassin hydrographique et de la région (Comités, sous-comité), local (comités locaux de bassin) ; (iii) opte pour un mode de financement basé sur l'incitation financière, les redevances de prélèvement et de pollution dont les montants sont à convenir et à proposer par les différents acteurs groupés au sein des comités de bassin) ; (iv) prévoit des outils de planification et de gestion à l'échelle des bassins, sous-bassins (schéma directeur et schéma d'aménagement, Système d'information sur l'eau, police de l'eau, etc.) ; (v) énonce clairement le régime de l'eau et le régime des services de l'eau.

Etudes techniques pour la reconstruction du barrage de Kourwéma dans la commune de Saponé, Province du Bazèga, Région du Centre-Sud au Burkina Faso.

La loi n°055-2004 AN du 21 décembre 2004 portant Code Général des Collectivités Territoriales au Burkina Faso, en son article 79 stipule que « Les conditions d'aménagement et de gestion du Domaine Foncier national sont soumises à l'autorisation préalable », objet des présentes études visant l'objectif de respect des règles en vigueur. Dans le cadre de la mise en œuvre du présent projet, les autorités communales et leurs représentants sont impliqués dans le processus depuis la phase de collecte des données.

VII.2 Identification des sources et des récepteurs d'impacts

Les impacts du projet de reconstruction du barrage de Kourwéma seront caractérisés par les sources d'impacts et les récepteurs d'impacts.

- ✓ Les sources d'impacts : les sources d'impacts potentiels sont définies comme l'ensemble des activités prévues lors des travaux de reconstruction, d'exploitation et d'entretien de la retenue d'eau.
- ✓ Les récepteurs d'impacts : les récepteurs d'impacts sont les composantes du milieu susceptibles d'être affectées par le projet et correspondent aux éléments sensibles de la zone, c'est-à-dire ceux susceptibles d'être modifiés de façon significative par les activités (ou sources d'impacts) liées au projet comme les sols, l'eau de surface et l'eau de nappe, la végétation, l'habitat, la faune, les environnements sonore et climatique.

La synthèse des sources des impacts et des récepteurs d'impacts en phase construction ainsi qu'en phase exploitation et entretien est présentée dans les tableaux suivants.

Etudes techniques pour la reconstruction du barrage de Kourwéma dans la commune de Saponé, Province du Bazèga, Région du Centre-Sud au Burkina Faso.

Tableau 23 : Synthèse des impacts en phase de reconstruction

Éléments du milieu	Composante	Impacts	Paramètres de caractérisation							Evaluation
			Nature	Interaction	Ampleur	Portée	Durée	Occurrence	Réversibilité	
Milieu Physique	Air	Pollution de l'air	Négatif	Directe	Moyenne	Locale	Temporaire	Certaine	Réversible	Moyenne
	Climat sonore	Modification du climat sonore	Négatif	Directe	Moyenne	Locale	Temporaire	Certaine	Réversible	Moyenne
	Sols	Pollution des sols	Négatif	Directe	Moyenne	Locale	Moyen terme	Certaine	Réversible	Moyenne
	Eau de surface	Risque de pollution des eaux de surface	Négatif	Directe	Mineure	Locale	Temporaire	Probable	Réversible	Faible
	Eau souterraine	Risque de pollution des eaux souterraines	Négatif	Indirecte	Mineure	Locale	Moyen terme	Probable	Réversible	Faible
Milieu biologique	Flore	Dégradation Végétation brousse	Négatif	Directe	importante	Locale	Permanente	Certaine	Irréversible	importante
		Dégradation Végétation sites emprunts	Négatif	Directe	Mineure	Locale	Long terme	Certaine	Réversible	Faible
	Faune	Fuite / dégradation des gîtes	Négatif	Directe	Mineure	Locale	Durable	Certaine	Irréversible	Mineure
		Recrudescence braconnage	Négatif	Indirecte	Mineure	Locale	Temporaire	Certaine	Réversible	Mineure
Milieu humain	Santé	Risques affections respiratoires	Négatif	Directe	Moyenne	Locale	Temporaire	Certaine	Réversible	Moyenne
		Risques de propagation IST / SIDA	Négatif	Indirecte	Mineure	Locale	Long terme	Probable	Réversible	Mineure
	Emploi	Création d'emploi	Positif	Directe	Moyenne	Locale	Temporaire	Certaine	Réversible	Moyenne
	Sécurité routière	Risques d'accidents	Négatif	Directe	Mineure	Locale	Temporaire	Certaine	Réversible	Mineure
	Vie	Risques de perturbation us et	Négatif	Directe	Mineure	Locale	Temporaire	Probable	Réversible	Mineure

Etudes techniques pour la reconstruction du barrage de Kourwéma dans la commune de Saponé, Province du Bazèga, Région du Centre-Sud au Burkina Faso.

	communautaire	coutumes	f			e			e	
	Habitat	Déplacement de ménages	Négatif	Directe	Moyen	Local	Permanente	Certaine	Irréversible	Moyenne

Tableau 24: Synthèse des impacts en phase d'entretien et d'exploitation

Éléments du milieu	Composante	Impacts	Paramètres de caractérisation							Évaluation
			Nature	Interaction	Amplitude	Portée	Durée	Occurrence	Réversibilité	
Milieu Physique	Sols	Pollution des sols	Négatif	Indirecte	Mineure	Locale	Durable	Certaine	Irréversible	Mineure
	Eau de surface	Risque de pollution des eaux de surface	Négatif	Indirecte	Mineure	Locale	Moyen terme	Probable	Irréversible	Mineure
	Eau souterraine	Risque de pollution des eaux souterraines	Négatif	Indirecte	Mineure	Locale	Moyen terme	Probable	Réversible	Mineure
Milieu biologique	Flore	Dégradation Végétation sites emprunts	Négatif	Directe	Mineure	Locale	Moyen terme	Certaine	Irréversible	Mineure
	Faune	Fuite / dégradation des gîtes	Négatif	Directe	Mineure	Locale	Durable	Certaine	Irréversible	Mineure
Milieu humain	Emploi	Création d'emploi	Positif	Indirecte	Moyenne	Locale	Permanent	Certaine	Réversible	Moyenne
	Développement local	Dynamisation du développement local	Positif	Indirecte	Majeure	Locale	Permanent	Certaine	Réversible	Majeure
			Augmentation globale des revenus	Positif	Indirecte	Majeure	Locale	Permanent	Certaine	Réversible
		Amélioration des conditions de vie	Positif	Indirecte	Majeure	Locale	Permanent	Certaine	Réversible	Majeure

Etudes techniques pour la reconstruction du barrage de Kourwéma dans la commune de Saponé, Province du Bazèga, Région du Centre-Sud au Burkina Faso.

VII.3 Contenu du Plan de Gestion Environnementale et Sociale(PGES)

Le Plan de Gestion Environnementale et Sociale (PGES) est un outil de gestion environnemental du projet qui présente les impacts, les sources d'impacts, les récepteurs, les actions environnementales retenues, et leurs objectifs et tâches, les acteurs impliqués, la localisation des actions. Il est consacré à la formulation d'un ensemble de mesures destinées à réduire voire éliminer les impacts négatifs du projet sur l'environnement pendant et après les travaux. Vu que les impacts négatifs sont dans l'ensemble mineurs, les propositions de mesures formulées sont de trois types à savoir :

- les mesures d'atténuation des impacts négatifs ;
- les mesures de bonification des impacts positifs ;
- les mesures d'accompagnement.

Le contenu du Plan de Gestion Environnemental et Social est consigné dans le tableau qui suit.

Etudes techniques pour la reconstruction du barrage de Kourwéma dans la commune de Saponé, Province du Bazèga, Région du Centre-Sud au Burkina Faso.

Tableau 25 : Stratégie de mise en œuvre des actions environnementales

Impacts identifiés	Actions environnementales	Objectifs visés	Indicateurs de suivi	Lieu de mise en œuvre	Acteurs	chronogramme	
						An 1	An 2
Dégradation de la qualité de l'air	Maintenance des engins, limitation de la vitesse	Minimiser les pollutions de l'air	Respect des clauses du chantier	Sur le chantier et les sites d'agrégats	MEA, Entreprise et Bureau Conseil, Services de l'agriculture	X	
Pollutions des eaux et les risques d'accidents	Maintenance des engins, limitation de la vitesse	Minimiser les pollutions des eaux et limiter les risques d'accidents	Respect des clauses du chantier	Sur le chantier et les sites d'agrégats	MEA, Entreprise et Bureau Conseil, Services de l'agriculture	X	
Risques sanitaires	limitation de la vitesse et sensibilisations	Limiter les risques sanitaires	Respect des clauses du chantier et population touchée	Kourwéma	MEA, Entreprise, Bureau Conseil, service de santé de Saponé, Comité de gestion, Services de l'agriculture	X	
Dégradation physique des sols	Remise en état des lieux après les travaux	Restaurer le capital productif du milieu	Réalisation de la remise en état des lieux	Site du barrage et d'emprunts	MEA, Entreprise, Bureau Conseil, service de l'environnement de Saponé, Comité de gestion, Services de l'agriculture	X	
Dégradation de la végétation	Reboisements compensatoires	Restaurer le couvert végétal	Superficie reboisée, nombre de plants mis en terre	Kourwéma	MEA, Entreprise, Bureau Conseil, service de l'environnement de Saponé, Comité de gestion, Services de	X	X

Etudes techniques pour la reconstruction du barrage de Kourwéma dans la commune de Saponé, Province du Bazèga, Région du Centre-Sud au Burkina Faso.

Risque de l'accélération de la dégradation des berges du barrage	Protection des berges par plantation d'arbres,	Protéger le barrage créé	- nombre de plants mis en terre,	Berge du barrage	l'agriculture Population, service de l'environnement de Saponé, Comité de gestion, MEA,	X	X
Risques de conflits entre agriculteurs et éleveurs	sensibilisations	Minimiser les risques de conflits entre agriculteurs et éleveurs	Nombre de producteurs sensibilisés	Kourwéma	MEA, Service des ressources animales de Saponé, Comité de gestion, Services de l'agriculture	X	X

Source : PGES réhabilitation du barrage de Kourwéma, Groupement de Bureaux d'Etudes AC3E / GERTEC, Août 2017.

Tableau 26 : Coût des actions environnementales

Mesures	Unités	Quantité	PU (FCFA)	Montants (FCFA)
1. Mesures d'atténuation et de bonification				
Reboisements compensatoire	plants	2500	1 000	2 500 000
Délimitation des berges (sur 3 km par berge)	km	6	300 000	1 800 000
Animation/ sensibilisation sur les maladies hydriques	séances	1	300 000	300 000
Animation/ sensibilisation sur la gestion des ressources naturelles	séances	2	300 000	600 000
Couloirs d'accès au barrage	km	52	300 000	15 600 000
Sous-total 1				20 800 000
2. Appui à l'organisation des producteurs				
Mise en place du Comité de Gestion de la retenue d'eau	séances	2	300 000	600 000

Etudes techniques pour la reconstruction du barrage de Kourwéma dans la commune de Saponé, Province du Bazèga, Région du Centre-Sud au Burkina Faso.

Appui à l'élaboration des textes réglementaires de la gestion de l'infrastructure		2	300 000	600 000
Appui à la maîtrise des textes régissant la vie des structures d'éleveurs au Burkina Faso	séances	2	300 000	600 000
Sous-total 2				1 800 000
3. Formations techniques				
Techniques d'entretien des ouvrages hydrauliques	session	1	500 000	500 000
Sous-total 3				500 000
4. Mesures d'accompagnement				
Réalisation d'un forage positif	forage	1	8 000 000	8 000 000
Sous-total 4				8 000 000
5. Suivi et surveillance				
Surveillance / contrôle des travaux	Mois	4	500 000	2 000 000
Suivi des plantations d'arbres	campagne	2	600 000	1 200 000
Sous-total5				3 200 000
TOTAL GENERAL = sous totaux (1+2+3+4+5)				34 300 000

VIII. Conclusion

Le projet de reconstruction du barrage de Kourwéma initié suite à la rupture de la digue en 2013 permettra à terme le développement de l'irrigation ; des activités pastorales ; des activités de pêche et en définitive l'essor socio-économique de l'ensemble des villages concernés.

Les visites de terrain ont été d'un intérêt capital et nous ont permis de faire un état des lieux réels ; de faire une analyse globale de la situation et de nous orienter vers des pistes de solutions idoines pour le projet.

La démarche adoptée pour les études techniques s'est orientée vers des choix optimum pour d'une part garantir la sécurité de l'ouvrage et d'autre part faire des économies. Il s'est agi de concilier les possibilités qu'offrent la nature, la durabilité de l'ouvrage et les moyens financiers.

L'ouvrage que nous proposons coûte **641 652 309 F CFA H.T** et permet de stocker un volume d'eau de $632\,287\text{ m}^3$. Cette capacité est suffisante pour les besoins humains et pastoraux ainsi que l'irrigation d'un périmètre de 5 ha à l'aval.

Dans un contexte de changement climatique irréversible, une étude d'impacts environnementale et sociale a été menée pour d'une part minimiser les effets négatifs du projet et d'autre part bonifier ses aspects positifs sur le milieu naturel.

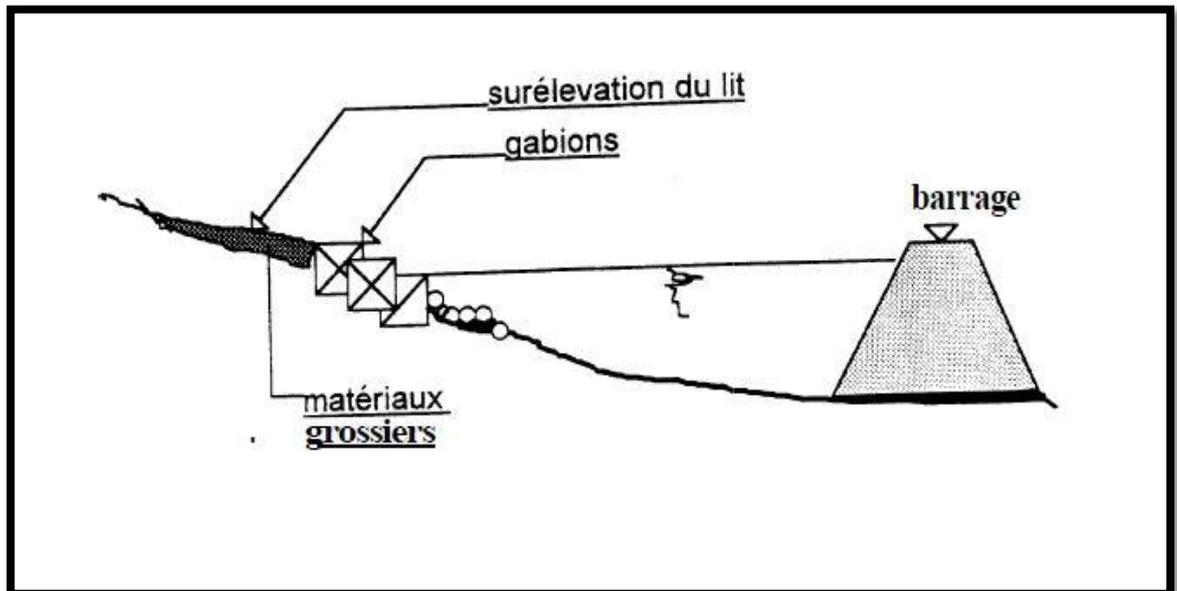
Au terme de notre travail, ce projet a été d'une utilité majeur pour nous en ce sens qu'il nous a permis d'abord de mettre en pratique les acquis et techniques en sciences de l'ingénieur que nous avons reçus au cours de notre formation; mais également de mieux nous imprégner de la vie de l'ingénieur en bureau d'études.

L'ingénieur devra toujours confronter chaque fois qu'il est possible, plusieurs solutions techniquement faisables et retenir celle qui garantit un optimum économique tout en s'assurant d'une bonne insertion du projet dans son milieu naturel.

IX. Recommandations

Pour assurer la durabilité du barrage de Kourwéma, nous préconisons les actions suivantes :

- ✓ La mise en place d'un seuil de décantation pour lutter contre l'ensablement éventuel de la cuvette



- ✓ La mise en place d'un comité de gestion inclusive du barrage de Kourwéma ;
- ✓ Un aménagement optimal et une bonne distribution des parcelles du périmètre ;
- ✓ La réalisation de gardes fous au droit des deux côtés du déversoir ;
- ✓ La réalisation de bornes pour limiter les PHE ;
- ✓ La délimitation d'une bande de servitude par la mise en place d'un dispositif végétatif (100 m au moins des PHE) ;
- ✓ La réalisation d'une échelle limnimétrique pour suivre la variation du niveau de l'eau dans la retenue ;
- ✓ Un entretien périodique des ouvrages du barrage (dessouchage des arbustes dès leur apparition sur la digue,...).

X. Bibliographie

- ❖ COMPAORE (1996). Cours de barrage, EIER.
- ❖ DEGOUTTE (1997). PETITS BARRAGE : recommandations pour la conception, la réalisation et le suivi. Cemagref.
- ❖ DURAND (1996). Cour de Petits barrages pour l'équipement rural en Afrique.
- ❖ DURAND, ROYET, MERIAUX (1998). Techniques de petits barrages en Afrique sahélienne et équatoriale.
- ❖ FAO 54. (1996). Crues et apports : manuel pour l'estimation des crues décennales et des apports annuels pour les petits bassins versant non jaugés de l'Afrique sahélienne et tropicale sèche.
- ❖ KARAMBIRI (2005). Cour du cycle hydrologique du bassin versant.
- ❖ KARAMBIRI, GUEYE (2006). Cour de barrage.
- ❖ PUECH et CHABI-GONNI du CIEH (1983). Prédétermination des crues de fréquence décennale dans les régions sahéliennes et tropicales sèches.

XI. Annexes

<i>Annexe 1: Données géotechniques</i>	67
<i>Annexe 2 : Détermination des paramètres physiques du bassin versant</i>	69
<i>Annexe 3: Résultats de l'analyse fréquentielle des pluies</i>	70
<i>Annexe 4: Calculs du débit décennal par la méthode ORSTOM et celle du CIEH</i>	72
<i>Annexe 5: Dimensionnement de la digue</i>	73
<i>Annexe 6: Dimensionnement du déversoir, du bassin de dissipation et du chenal d'évacuation</i>	75
<i>Annexe 7: Cubatures</i>	84
<i>Annexe 8: Métré</i>	87
<i>Annexe 9: Plans</i>	91

Etudes techniques pour la reconstruction du barrage de Kourwéma dans la commune de Saponé, Province du Bazèga, Région du Centre-Sud au Burkina Faso.

Annexe 1: Données géotechniques

Tableau 27: Fiche Technique des sondages géotechniques

Son dage	Profondeur En cm	Analyse granulométrique % de passant au tamis de				Taux de dispersion %	Pinhole Test classificat	Limites d'Atterberg			Proctor normal		Perméabilité 95% OPN Cm/s	Classification USCS
		5 mm	2 mm	80 µ	2 µ			LL%eau	LP%eau	IP%eau	DsOpn T/m ³	W Opn %eau		
Sol de fondation														
F1	30-150	95,5	92,5	55,5	21			31,3	14,9	16,4				Argile peu plastique
F2	50-200	99,5	98	59	26,5			29,2	14,8	14,4				Argile peu plastique
F3	220-270	100	99,5	85	37			37,1	17,9	19,2				Argile moyennt. plastique
F4	270-300	99,5	98,5	85,5	31			35,2	16,6	18,6				Argile moyennt. plastique
F5	150-250	97,5	91,5	70	27,5			35,2	19,2	16				Argile moyennt. plastique
Zone d'emprunt d'argile														
E1	30-150	99,5	98,5	77	34,5	39,1	D2	27,9	12,8	15,1				Argile peu plastique
E2	30-150	99	97,5	72	27	25,9		21,4	12,7	8,7				Argile peu plastique
E3	30-150	99	98,5	91	41,5	54,2	D2	32	16,5	15,5				Argile peu plastique

Etudes techniques pour la reconstruction du barrage de Kourwéma dans la commune de Saponé, Province du Bazèga, Région du Centre-Sud au Burkina Faso.

E4	30-150	100	100	90,5	36,5	45,2	D2	27	12,6	14,4				Argile peu plastique
E5	20-130	94,5	89	73,5	30,5	0		34,1	17,2	16,9				Argile peu plastique
E1											1,83	11,6	$2,7 \cdot 10^{-6}$	
E3+E4+E5											1,77	13,5	$5,4 \cdot 10^{-7}$	
Emprunt de graveleux latéritique														
L1	0-50	70,5	42,5	31,5				30,7	18,9	11,8				Grave argileuse
L2	0-50	70,5	48,5	39				34,5	20,9	13,6				Grave argileuse
L3	0-50	44,5	38,5	21				26,7	19,7	7				Grave argileuse
L4	5,0-80	56	41	25,5				20,1	15,1	5				Grave limoneuse
L1+L2											1,93	9,2		
L3+L4											1,97	8,2		

Source : Bureau d'Etudes et de Contrôles des Ouvrages Hydro-agricoles et Annexes(BECOHA), Octobre 2017

Etudes techniques pour la reconstruction du barrage de Kourwéma dans la commune de Saponé, Province du Bazèga, Région du Centre-Sud au Burkina Faso.

Annexe 2 : Détermination des paramètres physiques du bassin versant

La cote maximale du bassin versant $H_{max} = 335$ m

La cote minimale $H_{min} = 313$ m

La dénivelée vaut : $\Delta H = 22$ m

Le coefficient de compacité de GRAVELLIUS vaut : $KG = 0,282 * 33,74 * 58,47^{(-0,5)} = 1,24$

La longueur du rectangle équivalent vaut : $Leq = ((33,74 + (33,74^2 - 16 * 58,47)^{1/2}) / 4) = 12$ Km

La largeur du rectangle équivalent vaut : $leq = (33,74 / 2) - 12 = 4,87$ Km

La longueur du réseau hydrographique mesurée vaut : $L_{hydr} = 7,20$ km

La densité de drainage vaut : $Dd = 7,20 / 58,47 = 0,123$ Km⁻¹

L'indice global de pente vaut $Ig = 22 / 12 = 1,83$ m/Km

L'indice global de pente corrigé est : $Igcor = (4 - 1) * 1,83 + 4,25 / 4 = 3,04$ m/Km

La dénivelée spécifique $Ds = (58,47)^{0,50} * (3,04) = 23,26$ m

Etudes techniques pour la reconstruction du barrage de Kourwéma dans la commune de Saponé, Province du Bazèga, Région du Centre-Sud au Burkina Faso.

Annexe 3: Résultats de l'analyse fréquentielle des pluies

Tableau 28: Ajustement des pluies maximales journalières en période de crue par la loi de Gumbel

Période de retour T en ans	Probabilité au non dépassement q	Quantiles en mm	Ecart-type	Intervalle de confiance (95%)	
10000	0,9999	294	37,5	221	368
2000	0,9995	252	31,1	191	313
1000	0,999	234	28,4	178	289
200	0,995	191	22	148	235
100	0,99	173	19,2	135	211
50	0,98	155	16,5	122	187
20	0,95	130	12,9	105	156
10	0,9	112	10,2	91,5	132
5	0,8	91,9	7,58	77	107
3	0,6667	76,2	5,72	65	87,5
2	0,5	62,2	4,5	53,3	71
1,4286	0,3	47,7	4,14	39,6	55,8
1,25	0,2	40,1	4,4	31,5	48,7
1,1111	0,1	30,7	5,09	20,7	40,7
1,0526	0,05	23,8	5,78	12,5	35,1
1,0204	0,02	16,8	6,57	3,91	29,7
1,0101	0,01	12,5	7,09	-1,39	26,4
1,005	0,005	8,84	7,56	-5,98	23,7
1,001	0,001	1,89	8,47	-14,7	18,5
1,0005	0,0005	-0,62	8,81	-17,9	16,6
1,0001	0,0001	-5,66	9,5	-24,3	13

Tableau 29: Comparaison entre les caractéristiques de la loi de Gumbel et celles de l'échantillon

Désignation	Caractéristiques de la loi	Caractéristiques de l'échantillon
Minimum	Aucun	36
Maximum	Aucun	261
Moyenne	67,7	67,7
Ecart-type	33,6	33,6
Médiane	62,2	61
Coefficient de variation (Cv)	0,497	0,497
Coefficient d'asymétrie (Cs)	1,14	4,34
Coefficient d'aplatissement (Ck)	2,4	23,5

Etudes techniques pour la reconstruction du barrage de Kourwéma dans la commune de Saponé, Province du Bazèga, Région du Centre-Sud au Burkina Faso.

Tableau 30: Ajustement des pluies annuelles par la loi de Gauss

Période de retour T en ans	Probabilité au non dépassement q	Quantile en mm	Ecart-type	Intervalle de confiance (95%)	
10000	0,9999	1180	46,8	1090	1270
2000	0,9995	1130	42,2	1050	1220
1000	0,999	1110	40	1030	1190
500	0,998	1090	37,7	1010	1160
200	0,995	1050	34,6	984	1120
100	0,99	1020	32	961	1090
50	0,98	993	29,3	935	1050
20	0,95	946	25,5	897	996
10	0,9	905	22,4	862	949
5	0,8	856	19,2	818	893
3	0,6667	809	17,3	775	843
2	0,5	760	16,5	728	793
1,4286	0,3	701	17,6	667	736
1,25	0,2	665	19,2	628	703
1,1111	0,1	615	22,4	572	659
1,0526	0,05	574	25,5	524	624
1,0204	0,02	528	29,3	471	586
1,0101	0,01	497	32	435	560
1,005	0,005	469	34,6	401	537
1,001	0,001	411	40	333	489
1,0005	0,0005	388	42,2	306	471
1,0001	0,0001	340	46,8	248	432

Tableau 31: Comparaison entre les caractéristiques de la loi de Gauss et celles de l'échantillon

Désignation	Caractéristiques de la loi	Caractéristiques de l'échantillon
Minimum	Aucun	560
Maximum	Aucun	1020
Moyenne	760	760
Ecart-type	113	113
Médiane	760	747
Coefficient de variation (Cv)	0,149	0,149
Coefficient d'asymétrie (Cs)	0	0,526
Coefficient d'aplatissement (Ck)	3	2,76

Etudes techniques pour la reconstruction du barrage de Kourwéma dans la commune de Saponé, Province du Bazèga, Région du Centre-Sud au Burkina Faso.

Annexe 4: Calculs du débit décennal par la méthode ORSTOM et celle du CIEH

Tableau 32: Calculs du débit décennal par la méthode ORSTOM

Désignation	Formules	Valeurs	Unité
Temps de base	$Tb_{10} = (250 \cdot S^{0,35}) + 300$	1338,0	mn
Coefficient d'abattement	$A = 1 - [(161 - 0,042 \cdot Pan) \cdot \log(S)/1000]$	0,78	
Précipitation décennale moyenne sur le bassin	$Pm_{10} = A \cdot P_{10}$	87,85	mm
Coefficient de ruissellement décennal Kr10	$Kr_{10} = 2300 Pan^{-0,67}$; Formule de Puech et Chabi-Gonni, 1983	25,06	%
Le débit moyen de ruissellement	$Q_{rm10} = Pm_{10} \cdot Kr_{10} \cdot S / Tb_{10}$	16,02	m ³ /s
Le débit de point correspondant au ruissellement de la crue décennale	$Q_{r10} = A \cdot P_{10} \cdot Kr_{10} \cdot \alpha_{10} \cdot S / Tb_{10}$	41,64	m ³ /s
Débit d'écoulement retardé	$Q_{ret10} = 0,03 \cdot Q_{r10}$	2,50	m ³ /s
Débit décennal	$Q_{10} = Q_{r10} + Q_{ret10}$	44,14	m ³ /s
Calcul de C	$C = 1 + ((P_{100} - P_{10}) / P_{10}) \cdot ((Tb/24)^{0,12}) \cdot (1 / Kr_{10})$	3,15	
Débit centennal	Q_{100}	139,23	m ³ /s
Temps de montée	$Tm_{10} = 0,33 \cdot Tb_{10}$	441,53	mn

Tableau 33: Calculs du débit décennal par la méthode CIEH

Désignation	Valeur de la Correlation R ²	Const ante a	Exposant des paramètres					Paramètres de l'équation						Débit décennal Q ₁₀ (m ³ /s)
			b	c	d	e	f	Dd (m/km)	S (km ²)	Ig (m/km)	Pan (m)	Pm ₁₀ (mm)	Kr ₁₀ (%)	
Equations (N°)														
11	0,716	0,41	0,524	0	0	0,982	0	2,682	58,47	3,04	760	87,85	25,06	81,74
12	0,795	0,095	0,643	0	0,406	1,038	0	2,682	58,47	3,04	760	87,85	25,06	57,82
39	0,818	0,41	0,425	0	0	0,923	0	2,682	58,47	3,04	760	87,85	25,06	45,18
40	0,824	0,254	0,462	0	0,101	0,976	0	2,682	58,47	3,04	760	87,85	25,06	43,18
Q₁₀														56,98

Etudes techniques pour la reconstruction du barrage de Kourwéma dans la commune de Saponé, Province du Bazèga, Région du Centre-Sud au Burkina Faso.

Annexe 5: Dimensionnement de la digue

✚ Calcul de la revanche, de la largeur en crête et de la largeur à la base

Formule de STEVENSON pour calcul de h	
fetch (km)	1,27
hauteur de vagues (m)	0,5
Formule de GAILLARD pour calcul de R	
g (m2/s)	9,81
vitesse des vagues (m/s) $V_{vag} = 1,5 + 2 * h_{vag}$	2,58
Revanche (m) $= 0,75 * h_{vag} + V_{vag}^2 / (2 * 9,81)$	0,75

Largeur en crête	
Formule de KNAPPEN	
$L_c (m) = 1,65 * H_{digue}^{0,5}$	3,748
Formule de PREECE	
$L_c (m) = 1,1 * H_{digue}^{0,5} + 1$	3,499
Formule empirique	
$L_c (m) = 3,6 * H_{digue}^{(0,5)-3}$	3,221
Lc (m)	4,00

Hdigue (m)	5,16
Largeur à la base	
m aval (pente aval)	2
m amont (pente amont)	2
Largeur en base $L_b (m) = L_c + (m_{aval} + m_{amont}) * H_{digue}$	24,64

Tableau 34: Vérification de la règle de LANE

Profils	Lv	LH	H	C	Lv+ (1/3) LH	C*H	Vérification
10	0,5	5,2	0,50	3	2,23	1,50	Ok
11	0,5	6,12	0,27	3	2,54	0,81	Ok
12	0,5	6,76	0,71	3	2,75	2,13	Ok
13	0,5	8,36	0,31	3	3,29	0,93	Ok
14	0,5	13,08	0,87	3	4,86	2,61	Ok
15	0,5	15,56	1,49	3	5,69	4,47	Ok
16	3	19,64	2,51	3	9,55	7,53	Ok
17	3	20,52	2,73	3	9,84	8,19	Ok
18	3	21,2	2,90	3	10,07	8,70	Ok
19	3	22,32	3,18	3	10,44	9,54	Ok
20	3	23,84	3,56	3	10,95	10,68	Ok
21	3	25,84	4,06	3	11,61	12,18	Non vérifié
22	3	25,84	4,06	3	11,61	12,18	Non vérifié

Etudes techniques pour la reconstruction du barrage de Kourwéma dans la commune de Saponé, Province du Bazèga, Région du Centre-Sud au Burkina Faso.

23	3	22,92	3,33	3	10,64	9,99	Ok
24	3	22,36	3,19	3	10,45	9,57	Ok
25	3	21,04	2,86	3	10,01	8,58	Ok
26	3	19,52	2,48	3	9,51	7,44	Ok
27	2,5	17,68	2,02	3	8,39	6,06	Ok
28	1,5	14,04	1,11	3	6,18	3,33	Ok
29	1,5	11,2	0,40	3	5,23	1,20	Ok
30	1,5	10,44	0,21	3	4,98	0,63	Ok
31	0,5	9,2	0,10	3	3,57	0,30	Ok
32	0,5	6,04	0,89	3	2,51	2,67	Non vérifié
33	0,5	5,6	1,00	3	2,37	3,00	Non vérifié
34	0,5	5,2	1,10	3	2,23	3,30	Non vérifié

Etudes techniques pour la reconstruction du barrage de Kourwéma dans la commune de Saponé, Province du Bazèga, Région du Centre-Sud au Burkina Faso.

Annexe 6: Dimensionnement du déversoir, du bassin de dissipation et du chenal d'évacuation

Tableau 35: Calcul du déversoir

Paramètres	Débit de la crue de projet $Q_0 \text{ (m}^3\text{/s)} = m \times L \times h \times (2 \times g \times h)^{0,5}$	180,00
	Surface du plan d'eau à la cote des points d'eau normale S en m ²	2 563 705,16
	Coefficient de débit qui dépend de la charge, mais aussi de la forme du seuil : m	0,40
	Accélération de la pesanteur g (m ² /s)	9,81
	Charge ou lame déversante sur le seuil h (m)	0,60
	a	250
	b	300
	S en km	58,47
	Temps de base Tb10 en mn	1 338,00
		80
	Temps de base Tb10 en seconde	280,00
		26
	Temps de montée Tm10 en seconde	482,80
	Coefficient de pointe α_{10}	2,60
Débit défini dans l'hydrogramme $Q = [(2 \times Q_{\max 10}) / \alpha_{10}] \times [(T_{b10} - \alpha_{10} \times T_{m10}) / (T_{b10} - 2 \times T_{m10})]$	57,91	
Coefficient (effet de laminage) = $\beta = Q / Q_{\max}$ en % de comparaison	32,17	
1	Longueur déversante L _{dév} (m) = $Q_{\max} / [m \times h^{3/2} \times (2 \times g)^{0,5}]$	218,59
	$X_0 = (m^2 \times g \times L^{12} \times Q_{\max} \times t_{m3}) / S^3$	14,88
	$\log_{10} (X_0) =$	1,17
2	Coefficient (effet de laminage) = $\beta = Q_{em} / Q_{\max}$ en %	81,73
	Débit maximum évacué $Q_{\max} = \beta \times Q_{\max}$	147,11
	Longueur déversante L _{dév} (m) = $\beta \times Q_{\max} / [m \times h^{3/2} \times (2 \times g)^{0,5}]$	178,65
	$X_0 = (m^2 \times g \times L^{12} \times Q_{\max} \times t_{m3}) / S^3$	9,94
	$\log_{10} (X_0) =$	1,00

Etudes techniques pour la reconstruction du barrage de Kourwéma dans la commune de Saponé, Province du Bazèga, Région du Centre-Sud au Burkina Faso.

	Coefficient (effet de laminage) = $\beta = Q_{em} / Q_{cmax}$ en %	79,97
	Débit maximum évacué $Q_{max} = \beta \times Q_{cmax}$	143,95
3	Longueur déversante $L_{dév} (m) = \beta \times Q_{cmax} / [m \times h^{3/2} \times (2 \times g)^{0,5}]$	174,82
	$X_o = (m^2 \times g \times L^{12} \times Q_{cmax} \times t m^3) / S^3$	9,52
	$\log_{10} (X_o) =$	0,98
	Coefficient (effet de laminage) = $\beta = Q_{em} / Q_{cmax}$ en %	79,79
	Débit maximum évacué $Q_{max} = \beta \times Q_{cmax}$	143,61
4	Longueur déversante $L_{dév} (m) = \beta \times Q_{cmax} / [m \times h^{3/2} \times (2 \times g)^{0,5}]$	174,40
	$X_o = (m^2 \times g \times L^{12} \times Q_{cmax} \times t m^3) / S^3$	9,47
	$\log_{10} (X_o) =$	0,98
	Coefficient (effet de laminage) = $\beta = Q_{em} / Q_{cmax}$ en %	79,76
	Débit maximum évacué $Q_{max} = \beta \times Q_{cmax}$	143,58
5	Longueur déversante $L_{dév} (m) = \beta \times Q_{cmax} / [m \times h^{3/2} \times (2 \times g)^{0,5}]$	174,36
	$X_o = (m^2 \times g \times L^{12} \times Q_{cmax} \times t m^3) / S^3$	9,47
	$\log_{10} (X_o) =$	0,98
	Coefficient (effet de laminage) = $\beta = Q_{em} / Q_{cmax}$ en %	79,76
	Débit maximum évacué $Q_{max} = \beta \times Q_{cmax}$	143,57
6	Longueur déversante $L_{dév} (m) = \beta \times Q_{cmax} / [m \times h^{3/2} \times (2 \times g)^{0,5}]$	174,36
	$X_o = (m^2 \times g \times L^{12} \times Q_{cmax} \times t m^3) / S^3$	9,47
	$\log_{10} (X_o) =$	0,98

Etudes techniques pour la reconstruction du barrage de Kourwéma dans la commune de Saponé, Province du Bazèga, Région du Centre-Sud au Burkina Faso.

	Coefficient (effet de laminage) = $\beta = Q_{em} / Q_{cmax}$ en %	79,76
	Débit maximum évacué $Q_{max} = \beta \times Q_{cmax}$	143,57
7	Longueur déversante $L_{dév} (m) = \beta \times Q_{cmax} / [m \times h^{3/2} \times (2 \times g)^{0,5}]$	174,35
	$X_o = (m^2 \times g \times L^2 \times Q_{cmax} \times \tan^3) / S^3$	9,47
	$\log_{10} (X_o) =$	0,98
	Coefficient (effet de laminage) = $\beta = Q_{em} / Q_{cmax}$ en %	79,76
	Débit maximum évacué $Q_{max} = \beta \times Q_{cmax}$	143,57
	Longueur déversante $L_{dév} (m) = \beta \times Q_{cmax} / [m \times h^{3/2} \times (2 \times g)^{0,5}]$	174,35
	LONGUEUR RETENUE	175,00

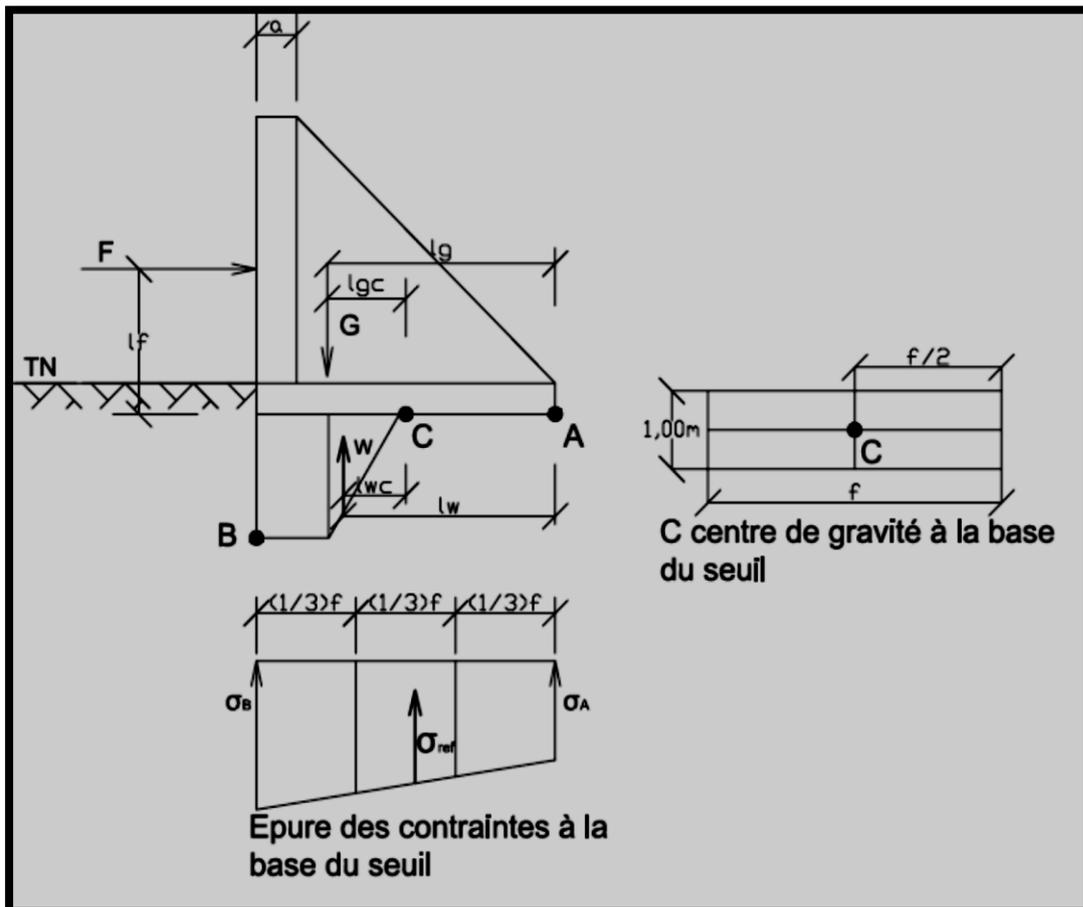


Figure 17: Schéma des actions mécaniques sur le déversoir

Etudes techniques pour la reconstruction du barrage de Kourwéma dans la commune de Saponé, Province du Bazèga, Région du Centre-Sud au Burkina Faso.

Les différentes actions appliquées au déversoir ont été déterminées et présentées dans le tableau suivant.

Tableau 36: Détermination des actions sur le déversoir

Bilan des forces	Forces en kN		Bras de levier	Moments en kN.m	
	Horizontales	Verticales		Resistants	Moteurs
Poids de l'ouvrage					
W1		58,5	1,70	99,45	
W2		165,75	2,27	375,70	
W3		50	2,00	100,00	
W4		12,5	2,83	35,42	
W5		50	3,50	175,00	
Poussée hydrostatique					
Pe1	95,55		2,07		197,34
Pe2					
Pea	2,5		0,67	1,67	
Poussée des sédiments	3,00		0,83333333		2,5
Sous pression					
U1		36,00	1,52		54,67
U2					
Somme des forces Horizontales	96,05				
Somme des forces verticales		300,75			
Somme des Moments stabilisants				787,23	
Somme des Moments renversant					254,51

Etudes techniques pour la reconstruction du barrage de Kourwéma dans la commune de Saponé, Province du Bazèga, Région du Centre-Sud au Burkina Faso.

Les résultats de vérification de la stabilité externe et interne du déversoir sont consignés dans le tableau suivant.

Tableau 37 : Vérification de la stabilité du déversoir

Désignation	Unités	Valeurs
Stabilité au renversement		
✦ Somme des moments res	kN.m	787,23
✦ Somme des moments sta	kN.m	254,51
Coefficient de sécurité au renversement > 1,5		3,09
Stabilité au glissement		
✦ Résultante des forces ho	kN	96,05
✦ Résultante des force ver	kN	300,75
Coefficient de sécurité au glissement > 1,5		3,13
Vérification de la stabilité Interne		
✦ Règle du tiers central		
Excentricité	m	0,25
B/6	m	0,67
✦ La non rupture		
δ_{max}	MPa	0,10
δ_{lim}	MPa	6,00
Stabilité au poinçonnement		
Contrainte admissible du sol	kN/m ²	1562,80
Contrainte maximale imposée	kN/m ²	103,06
$\delta_{sol} > \delta_{max}$	Le déversoir ne poinçonne pas	

Conclusion : les stabilités externe et interne du seuil déversant sont vérifiées.

Etudes techniques pour la reconstruction du barrage de Kourwéma dans la commune de Saponé, Province du Bazèga, Région du Centre-Sud au Burkina Faso.

Tableau 38 : Dimensionnement du mur bajoyer

Pré-dimensionnement	
hauteur totale bajoyer	6,60
hauteur voile	5
épaisseur semelle	0,6
longueur semelle	3,75
largeur en crête	0,3
longueur talon	3,15
Dpris	1,6
Hypothèses	
poids volumique du béton (KN/m3)	25
poids volumique du remblai (KN/m3)	18
Surcharge (KN/m3)	10
Coefficient de poussée Ka	0,33
Calculs des forces	
poids de la semelle	56,25
poids du voile	56,25
poids du remblai	297
Poids de la charge variable	31,5
force de poussée des terres	74,25
force de poussée des surcharges	16,5
Calculs des moments	
Moment de renversement par rapport à O	165
Moment stabilisant	836,83125
poids total de l'ouvrage	441
force de poussée	90,75
STABILITES EXTERNES	
stabilité au glissement	3,16
stabilité au renversement	3,30
STABILITES INTERNES	
Règle DU TIERS central : B/6	0,625
excentricité	0,35
Contrainte Max en Kpa	46,8

Le pré-dimensionnement nous a permis d'avoir les dimensions géométriques des murs bajoyers. Le dimensionnement nous permet de conclure que les murs bajoyers sont bien stables vis-à-vis des sollicitations.

Etudes techniques pour la reconstruction du barrage de Kourwéma dans la commune de Saponé, Province du Bazèga, Région du Centre-Sud au Burkina Faso.

Tableau 39 : Dimensionnement du bassin de dissipation et du chenal d'évacuation

Désignation	Unité	Valeur
Côte la plus basse du terrain naturel : Z_{TN}	m	96,00
Côte du plan d'eau normal : Z_{PEN}	m	99,90
Longueur déversant : L	m	175
Coefficient de débit : m	m	0,4
Intensité de la pesanteur : g	m/s^2	10
Lame d'eau déversant maximale: h	m	0,6
Débit maxi évacué : Q_{maxe}	m^3/s	180
Débit spécifique : $Q_s = Q_{maxe} / L$	$m^3/s/ml$	1,03
Pelle : $H_0 = Z_{PEN} - Z_{TN}$	m	3,90
1. Calcul de la profondeur nominale par la méthode de la débitance : Y_n		
Coefficient de Manning Strickler : K_s		30
Largeur au plafond : b	m	175
Fruit des berges : m		1,8
Pente moyenne du chenal		0,01
Profondeur nominale : Y_n	m	0,53
2. Calcul de la profondeur de la fosse de dissipation : D		
Nous utilisons l'abaque proposé par Grésillon et LAHAYE pour déterminer l'enfoncement de la fosse de dissipation (D) et de la hauteur de la lame d'eau au-dessus du seuil (h_0/H_0)		
Y_n/H_0	---	0,13
h/H_0	---	0,15
La valeur de $D/H_0 = a$	---	0,18
Profondeur : $D = a * H_0$	m	0,70
Nous retenons D	m	1,00
3. Les caractéristiques d'entrée du ressaut		
Vitesse au-dessus du seuil : $V_0 = Q_s/h$	m/s	1,71
Hauteur de chute : $H = D + H_0$	m	4,90
$Y_1 = Q_s / (2g(0,9*(H+h+V_0^2/2g) - Y_1))^{0,5}$	m	
Par itération on trouve Y_1	m	0,10
Vitesse à l'entrée du bassin : $V_1 = Q_s/Y_1$	m/s	10,27
Le nombre de Froude : $Fr = V_1 / (g * Y_1)^{0,5}$		10,37

Etudes techniques pour la reconstruction du barrage de Kourwéma dans la commune de Saponé, Province du Bazèga, Région du Centre-Sud au Burkina Faso.

4. Les caractéristiques de sortie du ressaut		
Profondeur d'eau conjuguée à la fin du ressaut (sortie du bassin): Y_2 $= (Y_1/2)*((1+8Fr^2)^{0,5}-1)$	m	1,42
Vitesse à la sortie du bassin : $V_2 = Qs/Y_2$	m/s	0,72
La condition pour que le ressaut ne quitte pas le bassin de dissipation est la suivante: $Y_2 < Y_n + D$		
Dans notre cas: $Y_n + D$	m	1,53
La condition est donc vérifiée		
5. Choix du type de bassin de dissipation et des caractéristiques		
Il y a différents types de bassins suivant les valeurs du nombre de Froude Fr et de la vitesse V1		
Fr = 10,37	Fr > 4,5	
V1 (m/s) = 10,27	V1 ≤ 15	
Fr > 4,5 ; alors le ressaut se produit nettement. Des blocs de chutes et des déflecteurs (blocs de chicanes) sont nécessaires pour contenir le ressaut. V1 < 15 ; nous prenons un bassin USBR de type II.		
6. Longueur de bétonnage du canal		
Longueur = 2,6*Y2	m	4,00
7. Blocs de chute		
Distance bajoyer-blocs de chute	cm	10
Hauteur des blocs de chute h1	cm	15
Intervalle entre blocs de chute y1	cm	15
Base des blocs de chute b1 = y1	cm	15
8. Blocs de chicanes		
Hauteur des blocs de chicanes h2	cm	40
Distance blocs de chute-blocs de chicane (0,8*Y2)	m	1,15
Base des blocs de chicane	cm	40
Intervalle entre les blocs de chicane	cm	30
9. Seuil terminal		
Epaisseur au sommet (crête)		20
Pente du talus aval	---	1V/2H

Etudes techniques pour la reconstruction du barrage de Kourwéma dans la commune de Saponé, Province du Bazèga, Région du Centre-Sud au Burkina Faso.

Hauteur entre le sommet du seuil et le chenal d'évacuation h_4	cm	20
Epaisseur à la base	m	2,20
10. Protection du canal à l'aval		
Vitesse de début d'entraînement	m/s	0,72
Diamètre minimum des enrochements nécessaires (sur l'abaque) : $D_{\text{enrochement}}$	m	0,2
Epaisseur de la couche d'enrochement : $E_{\text{enrochement}} \geq 3 \cdot D_{\text{enrochement}}$ (Cf., cours de barrage de M.GUEYE, page 140(année 2006-2007))	m	0,6
Longueur de protection : $L_{\text{protection}} \geq 2 \cdot L$; (Cf., cours de barrage de M.GUEYE, page 140(année 2006-2007)).	m	10

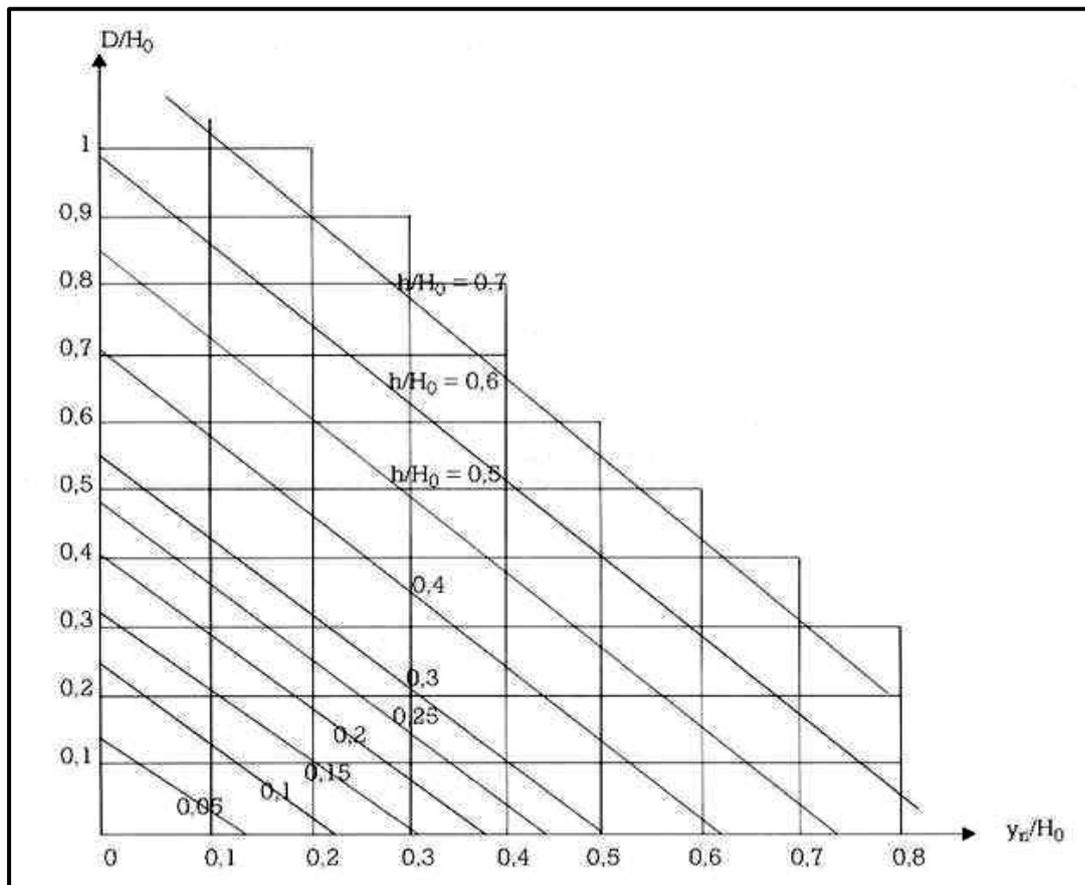


Figure 18: Détermination de l'enfoncement du bassin de dissipation

Etudes techniques pour la reconstruction du barrage de Kourwéma dans la commune de Saponé, Province du Bazèga, Région du Centre-Sud au Burkina Faso.

Annexe 7: Cubatures

Tableau 40: Cubature de la digue

Fruit de berge m = 2										
N° Profils	Cote TN(m)	Cote Digue(m)	Décapage(m)	Largeur en crête(m)	Li(m)	di(m)	hi(m)	Si(m ²)	Vi(m ³)	Vt(m ³)
10	101,00	101	0,30	4,00	5,2	0	0,30	1,38	0,000	0,00
11 ou B1	100,77	101	0,30	4,00	6,12	22,92	0,53	2,682	46,538	46,54
12	100,61	101	0,30	4,00	6,76	5,42	0,69	3,712	17,328	63,87
13	100,21	101	0,30	4,00	8,36	21,59	1,09	6,736	112,764	176,63
14	99,03	101	0,30	4,00	13,1	25,11	2,27	19,386	327,962	504,59
15	98,41	101	0,30	4,00	15,6	23,87	2,89	28,264	568,679	1 073,27
16	97,39	101	0,30	4,00	19,6	22,69	3,91	46,216	844,831	1 918,10
17	97,17	101	0,30	4,00	20,5	21,19	4,13	50,634	1025,932	2 944,03
18	0,00	0	0,00	0,00	0	28,79	0,00	0,000	728,975	3 673,01
19	0,00	0	0,00	0,00	0	28,34	0,00	0,000	0,000	3 673,01
20	0,00	0	0,00	0,00	0	1,32	0,00	0,000	0,000	3 673,01
21	0,00	0	0,00	0,00	0	1,32	0,00	0,000	0,000	3 673,01
22	0,00	0	0,00	0,00	0	1,32	0,00	0,000	0,000	3 673,01
23	0,00	0	0,00	0,00	0	2,25	0,00	0,000	0,000	3 673,01
24	0,00	0	0,00	0,00	0	11,58	0,00	0,000	0,000	3 673,01
25	0,00	0	0,00	0,00	0	28,41	0,00	0,000	0,000	3 673,01
26	0,00	0	0,00	0,00	0	29,52	0,00	0,000	0,000	3 673,01
27	0,00	0	0,00	0,00	0	34,34	0,00	0,000	0,000	3 673,01
28	98,79	101	0,30	4,00	14	29,57	2,51	22,640	334,690	4 007,70
29	99,50	101	0,30	4,00	11,2	24,97	1,80	13,680	453,494	4 461,19
30	99,69	101	0,30	4,00	10,4	18,22	1,61	11,624	230,496	4 691,69
31 ou B2	100,00	101	0,30	4,00	9,2	14,45	1,30	8,580	145,965	4 837,65
32	100,79	101	0,30	4,00	6,04	48,31	0,51	2,560	269,075	5 106,73
33	100,90	101	0,30	4,00	5,6	14,95	0,40	1,920	33,481	5 140,21
34	101,00	101	0,30	4,00	5,2	18,80	0,30	1,380	31,020	5 171,23
Volume total de remblai										5 171,23

Etudes techniques pour la reconstruction du barrage de Kourwéma dans la commune de Saponé, Province du Bazèga, Région du Centre-Sud au Burkina Faso.

Tableau 41: Volume de déblai pour la tranchée d'ancrage

N° Profils	Profondeur tranchée hi (m)	Largeur au fond(m)	Largeur en crête(m)	di(m)	Si (m ²)	Vi (m ³)	Vt (m ³)
10	0,5	3,50	3,92	0	1,855	0,000	0,00
11 ou B1	0,5	3,50	3,92	22,92	1,855	10,056	10,06
12	0,5	3,50	3,92	5,42	1,855	40,049	50,11
13	0,5	3,50	3,92	21,59	1,855	46,590	96,70
14	0,5	3,50	3,92	25,11	1,855	44,287	140,98
15	0,5	3,50	3,92	23,87	1,855	42,092	183,07
16	3	3,50	6,03	22,69	14,295	302,854	485,93
17	3	3,50	6,03	21,19	14,295	411,610	897,54
18	3	3,50	6,03	28,79	14,295	405,149	1 302,69
19	3	3,50	6,03	28,34	14,295	18,869	1 321,56
20	3	3,50	6,03	1,32	14,295	18,898	1 340,45
21	3	3,50	6,03	1,32	14,295	18,898	1 359,35
22	3	3,50	6,03	1,32	14,295	32,164	1 391,52
23	3	3,50	6,03	2,25	14,295	165,493	1 557,01
24	3	3,50	6,03	11,58	14,295	406,107	1 963,12
25	3	3,50	6,03	28,41	14,295	422,031	2 385,15
26	3	3,50	6,03	29,52	14,295	490,819	2 875,97
27	2,5	3,50	5,61	34,34	11,3854	336,621	3 212,59
28	1,5	3,50	4,77	29,57	6,1988	154,795	3 367,38
29	1,5	3,50	4,77	24,97	6,1988	112,929	3 480,31
30	1,5	3,50	4,77	18,22	6,1988	89,566	3 569,88
31 ou B2	0,5	3,50	3,92	14,45	1,8554	89,630	3 659,51
32	0,5	3,50	3,92	48,31	1,8554	27,731	3 687,24
33	0,5	3,50	3,92	14,95	1,8554	34,882	3 722,12
34	0,5	3,50	3,92	18,80	1,8554	0,000	3 722,12
Volume total de déblai							3722,12

Etudes techniques pour la reconstruction du barrage de Kourwéma dans la commune de Saponé, Province du Bazèga, Région du Centre-Sud au Burkina Faso.

Tableau 42: Volume de déblai pour la butée amont et le drain de pied

N° Profils	Profondeur tranchée hi (m)	Largeur en crête(m)	di(m)	Si (m ²)	Vi (m ³)	Vt (m ³)
10	0,6	1,80	0	0,540	0,000	0,00
11 ou B1	0,6	1,80	22,92	0,540	2,927	2,93
12	0,6	1,80	5,42	0,540		2,93
13	0,6	1,80	21,59	0,540	11,656	14,58
14	0,6	1,80	25,11	0,540	13,559	28,14
15	0,6	1,80	23,87	0,540	12,889	41,03
16	0,6	1,80	22,69	0,540	12,250	53,28
17	0,6	1,80	21,19	0,540	11,440	64,72
18	0	1,80	28,79	0,000	7,774	72,50
19	0	1,80	28,34	0,000	0,000	72,50
20	0	1,80	1,32	0,000	0,000	72,50
21	0	1,80	1,32	0,000	0,000	72,50
22	0	1,80	1,32	0,000	0,000	72,50
23	0	1,80	2,25	0,000	0,000	72,50
24	0	1,80	11,58	0,000	0,000	72,50
25	0	1,80	28,41	0,000	0,000	72,50
26	0	1,80	29,52	0,000	0,000	72,50
27	0,6	1,80	34,34	0,540	9,270	81,77
28	0,6	1,80	29,57	0,540	15,966	97,73
29	0,6	1,80	24,97	0,540	13,485	111,22
30	0,6	1,80	18,22	0,540	9,838	121,06
31 ou B2	0,6	1,80	14,45	0,540	7,802	128,86
32	0,6	1,80	48,31	0,540	26,086	154,94
33	0,6	1,80	14,95	0,540	8,071	163,01
34	0,6	1,80	18,80	0,540	10,152	190,48
Volume total de déblai						190,48

Etudes techniques pour la reconstruction du barrage de Kourwéma dans la commune de Saponé, Province du Bazèga, Région du Centre-Sud au Burkina Faso.

Annexe 8: Métré

Tableau 43: Métré de la retenue

N°	DESIGNATION DES TRAVAUX	Unité	Prix unitaire FCFA HTVA		
				Quantité	Montant FCFA HTVA
I	Installation et repli du matériel de chantier				
1.1	Amené et repli du matériel	FF	20 000 000	1,00	20 000 000
1.2	Installation du chantier	FF	17 500 000	1,00	17 500 000
1.3	Laboratoire de chantier	FF	5 000 000	1,00	5 000 000
	Sous- total-I				42 500 000
II	Tranchée d'ancrage et fondation				
2.1	Déblai aux engins pour tranchée d'ancrage	m3	6 000	3 722,12	22 332 720
2.2	Remblai aux engins pour tranchée d'ancrage	m3	7 000	3 722,12	26 054 840
	Sous-Total-II				48 387 560
III	Digue				
3.1	Débroussaillage-décapage (min 20 cm)	m2	300	16 444,38	4 933 314
3.2	Remblai argileux compacté aux engins pour digue amont	m3	5 500	3 222,17	17 721 935
3.3	Remblai latéritique compacté aux engins pour digue avale	m3	5 500	1 949,10	10 720 050
3.4	Déblai aux engins pour drain	m3	5 000	207,80	1 039 000
3.5	Déblai aux engins pour butée	m3	5 000	207,80	1 039 000
3.6	Couche de pose filtrante talus amont (e=15cm)	m3	4 000	829,50	3 318 000
3.7	Couche de pose enherbant sur talus aval (e=15cm)	m3		414,74	-
3.8	Perré sec Amont (épaisseur = 25cm)	m3	20 000	691,90	13 838 000
3.9	Sable pour filtres horizontal (ép=50 cm)	m3	9 000	1 382,00	12 438 000
3.10	Moellons latéritique pour talus aval	m3	30 000	345,50	
3.11	Déblai à la main à travers remblai (muret de crête)	m3	5 000	214,64	1 073 200
3.12	Déblai à la main à travers remblai (parapet)	m3	5 000	214,64	1 073 200

Etudes techniques pour la reconstruction du barrage de Kourwéma dans la commune de Saponé, Province du Bazèga, Région du Centre-Sud au Burkina Faso.

3.13	Maçonnerie de moellons pour Parapet	m3	60 000	429,30	
3.14	Béton ordinaire pour mur parapet	m3	100 000	195,00	19 500 000
3.15	PVC évacuation dia.40mm pour le drainage des eaux à travers le mur parapet	ml	1 260	100,00	126 000
3.16	Enrochement à la main pour butée	m3	15 000	207,80	3 117 000
3.17	Enrochement à la main pour drain	m3	15 000	103,90	1 558 500
3.18	Couche de couronnement crête	m3	5 000	342,17	1 710 850
	Sous-Total-III				93 206 049
IV	Evacuateurs de crue				
4.1	Déblai aux engins pour bassin de dissipation et chenal	m3	5 000	1 750,00	8 750 000
4.2	Déblai à la main	m3	5 000	258,24	1 291 200
4.3	Béton ordinaire bêche amont	m3	100 000	87,50	8 750 000
4.4	Béton de propreté	m3	50 000	35,00	1 750 000
4.5	Béton armé 350	m3	120 000	1 400,00	168 000 000
4.6	Béton ordinaire 300 pour Bassin	m3	100 000	140,00	14 000 000
4.7	Remblai pour stabilisation des bajoyers	m3	6 000	480,00	2 880 000
4.8	Béton de propreté sous la fondation du seuil	m3	50 000	20,16	1 008 000
4.9	Béton de propreté pour bajoyers	m3	50 000	4,51	225 500
4.10	Béton armé dosé à 350kg/m3 pour bajoyers, rideaux et contreforts	m3	140 000	885,60	123 984 000
4.11	Béton armé dosé à 350kg/m3 coulé à plat pour bassin de dissipation	m3	140 000	280,00	39 200 000
4.12	Joints Water stop	ml	40 000	26,00	1 040 000
4.13	Echelle limnimétrique cuvette	u	90 000	3,00	270 000
4.14	Gabion métallique posés	m3	35 000	450,00	15 750 000
4.15	Enrochements de protection aval	m3	15 000	186,00	2 790 000
4.16	Barbacane en PVC DN40	ml	2 000	120,00	240 000
4.17	Garde-corps en tube galvanisé DN60	ml	2 500	350,00	875 000
	Sous-Total-IV				390 803 700

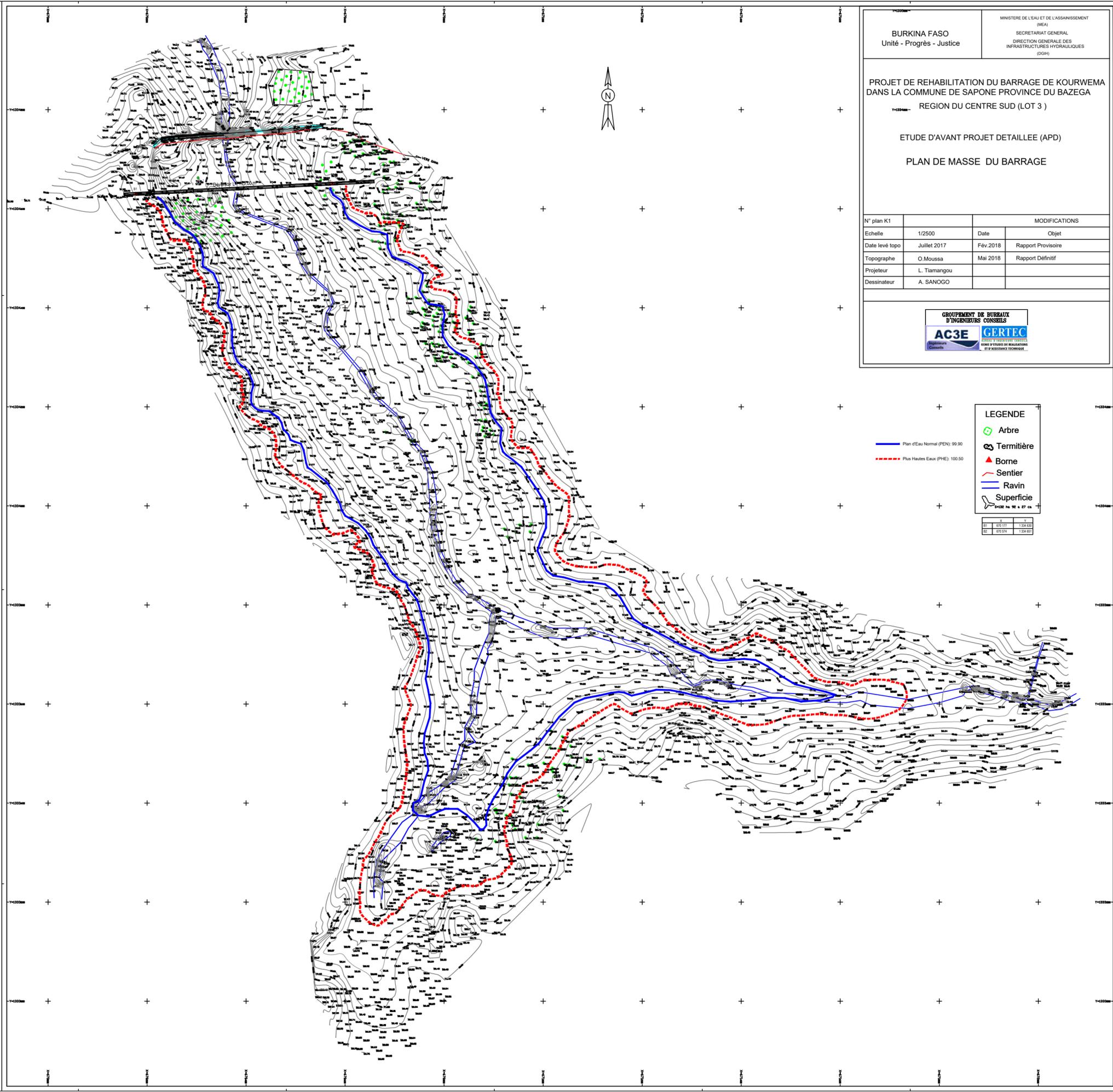
Etudes techniques pour la reconstruction du barrage de Kourwéma dans la commune de Saponé, Province du Bazèga, Région du Centre-Sud au Burkina Faso.

Diguettes de protection					
V	Débroussaillage-décapage (min 20 cm)	m ²	300	120,00	36 000
5.1	Remblai latéritique compacté aux engins pour digue aval	m ³	5 500	395,00	2 172 500
5.2	Perré maçonné talus amont	m ²	10 000	215,00	2 150 000
5.3	Maçonnerie de moellons butée de pied	m ³	9 000	215,00	1 935 000
5.4	Perrés secs pour drain de pied aval	m ³	20 000	107,50	2 150 000
	Sous-Total-V				8 443 500
VI Ouvrages de prise rive gauche					
6.1	Déblai à la main pour bacs	m ³	5 000	7,70	38 500
6.2	Déblai à la main pour conduite	m ³	6 000	72,00	432 000
6.3	Conduite en fonte de 400 mm de diamètre	ml	150 000	34,00	5 100 000
6.4	Béton de propreté conduite	m ³	50 000	4,30	215 000
6.5	Béton de propreté bacs	m ³	50 000	1,00	50 000
6.6	Vanne papillon Diamètre400 et accessoires	u	4 000 000	1,00	4 000 000
6.7	Crépine Diamètre 350 (locale)	u	100 000	1,00	100 000
6.8	Béton armé dosé à 350 kg/m ³ pour enrobage conduite	m ³	140 000	45,60	6 384 000
6.9	Béton armé coulé en élévation pour bacs	m ³	145 000	16,30	2 363 500
6.10	Béton armé coulé à plat pour bacs	m ³	140 000	7,40	1 036 000
6.11	Béton armé en rélevation écrans	m ³	145 000	4,30	623 500
6.12	Perré maçonné pour bac amont et aval	m ³	25 000	3,30	82 500
6.13	Enrochement pour bac amont et aval	m ³	15 000	3,10	46 500
6.14	Maçonnerie de moellons escaliers	m ³	80 000	24,00	1 920 000
6.15	Echelle de descente dans les bacs de fabrication locale en amont	u	150 000	1,00	150 000
6.16	Echelle de descente dans les bacs de fabrication locale en aval	u	150 000	1,00	150 000
6.17	Caillebotis posé sur cornière pour bacs amont et aval (grille)	m ²	75 000	9,60	720 000
6.18	Echelle limnimétrique (niveau d'eau au-dessus de la prise)	ml	100 000	6,00	600 000

Etudes techniques pour la reconstruction du barrage de Kourwéma dans la commune de Saponé, Province du Bazèga, Région du Centre-Sud au Burkina Faso.

	Sous-Total-VI				24 011 500
VII	Coûts de mise en œuvre des mesures environnementales				34 300 000
	Sous-Total-VII				34 300 000
	TOTAL en Hors Taxes =				641 652 309
	T.V.A. =			0,18	115 497 416
	TOTAL en T.T.C. =				757 149 725

Annexe 9: Plans



BURKINA FASO
Unité - Progrès - Justice

MINISTÈRE DE L'EAU ET DE L'ASSAINISSEMENT (MEA)
SECRETARIAT GÉNÉRAL
DIRECTION GÉNÉRALE DES
INFRASTRUCTURES HYDRAULIQUES (DGIH)

**PROJET DE REHABILITATION DU BARRAGE DE KOURWEMA
DANS LA COMMUNE DE SAPONE PROVINCE DU BAZEGA
REGION DU CENTRE SUD (LOT 3)**

ETUDE D'AVANT PROJET DETAILLEE (APD)

PLAN DE MASSE DU BARRAGE

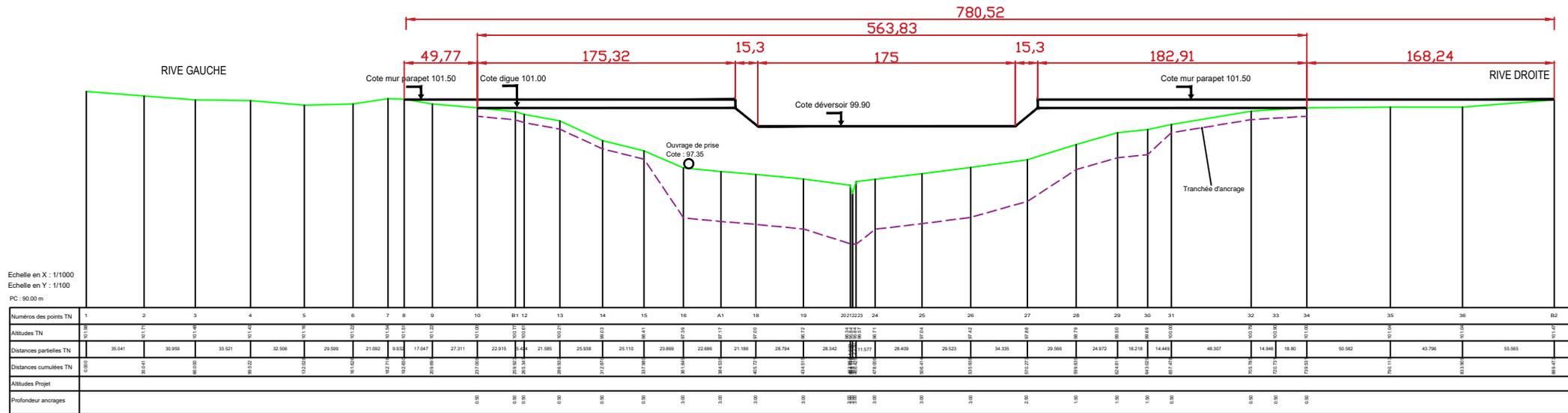
N° plan K1	MODIFICATIONS		
Echelle	1/2500	Date	Objet
Date levé topo	Juillet 2017	Fév. 2018	Rapport Provisoire
Topographe	O. Moussa	Mai 2018	Rapport Définitif
Projeteur	L. Tiamangou		
Dessinateur	A. SANOGO		

LEGENDE

- Arbre
- Termitière
- Borne
- Sentier
- Ravin
- Superficie

Plan d'Eau Normal (PEN): 99.90
 Plus Hautes Eaux (PHE): 100.50

B1	100.75	100.80
B2	100.84	100.81



GROUPEMENT DE BUREAUX
D'INGENIEURS CONSEILS
GERTEC-AC3E

PROJET DE RECONSTRUCTION DU
BARRAGE DE KOURWEMA DANS
LA COMMUNE DE SAPONE,
PROVINCE DU BAZEGA

SITE DE
KOURWEMA
PHASE:APD

Dessiné
par

Vérifié par

AC3E
Ingenieurs
Conseils

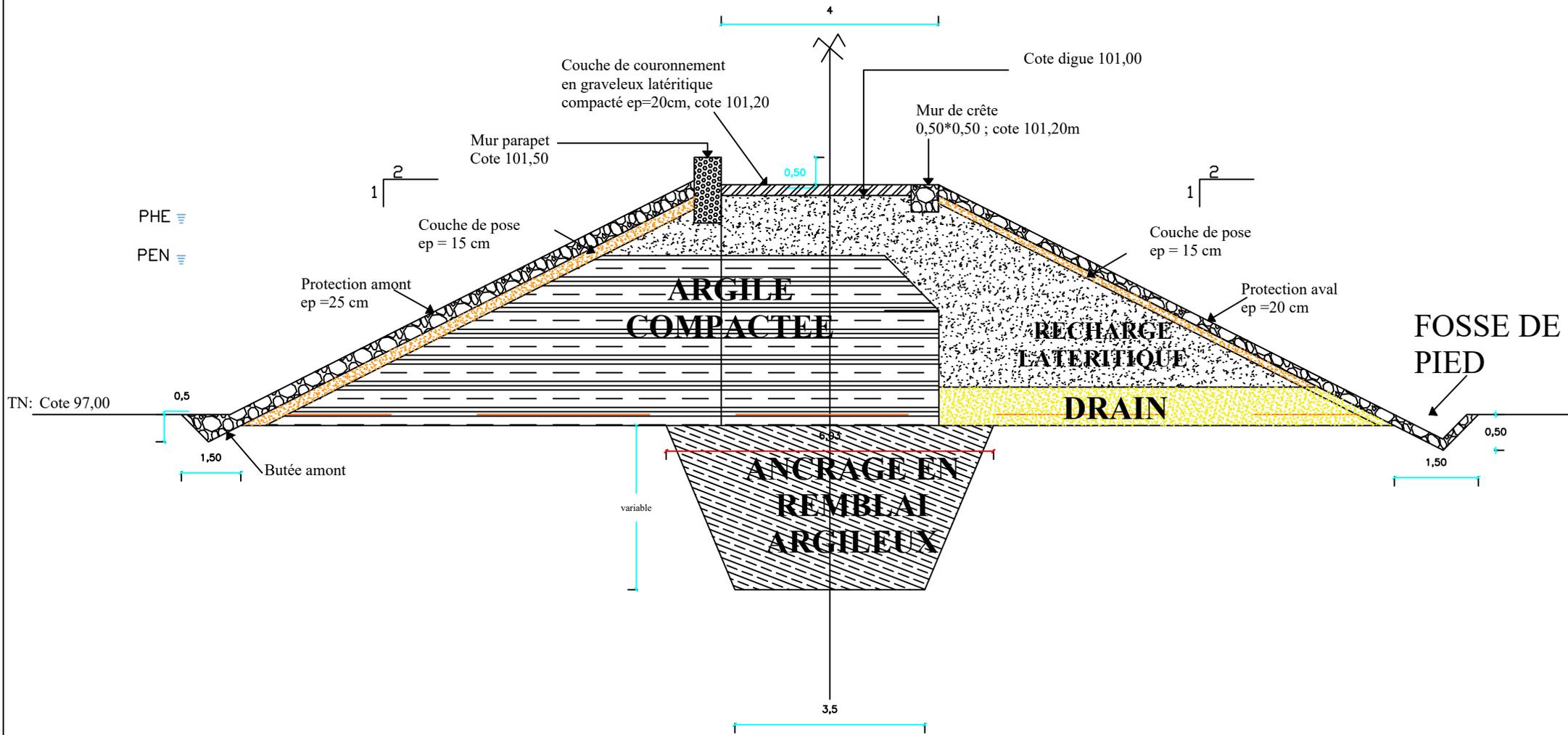
GERTEC
BUREAU D'INGENIEURS CONSEILS
GENIE D'ETUDES DE REALISATIONS
ET D'ASSISTANCE TECHNIQUE

Ministère de l'Eau et de
l'Assainissement(MEA)
Direction Générale des Infrastructures
Hydrauliques(DGIH)

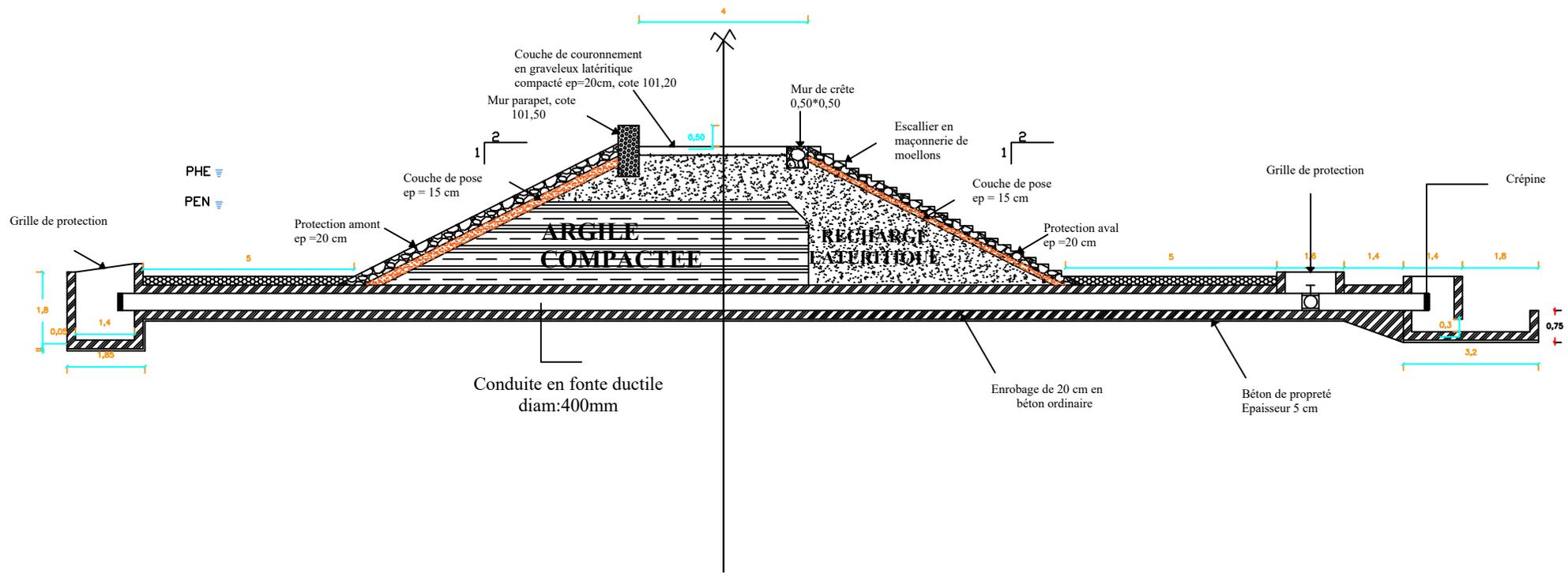
PROFIL EN LONG
DE LA DIGUE

KABRE
RIBOU

M.TOURE
LAMINE
DJIBRILLA



Groupement de Bureaux GERTEC-AC3E  	PROJET DE RECONSTRUCTION DU BARRAGE DE KOURWEMA	SITE DE KOURWEMA PHASE APD	DESSINE PAR	VERIFIE PAR	
	Ministère de l'Eau et de l'Assainissement	COUPE EN TRAVERS TYPE DE LA DIGUE	KABRE RIBOU	M.TOURE LAMINE	
	Direction Générale des Infrastructures hydrauliques	ECH:1/100		DJIBRILLA	



GROUPEMENT DE BUREAUX GERTEC-AC3E

PROJET DE RECONSTRUCTION DU BARRAGE DE KOURWEMA

SITE DE KOURWEMA PHASE APD

DESSINE PAR:

VERIFIE PAR:

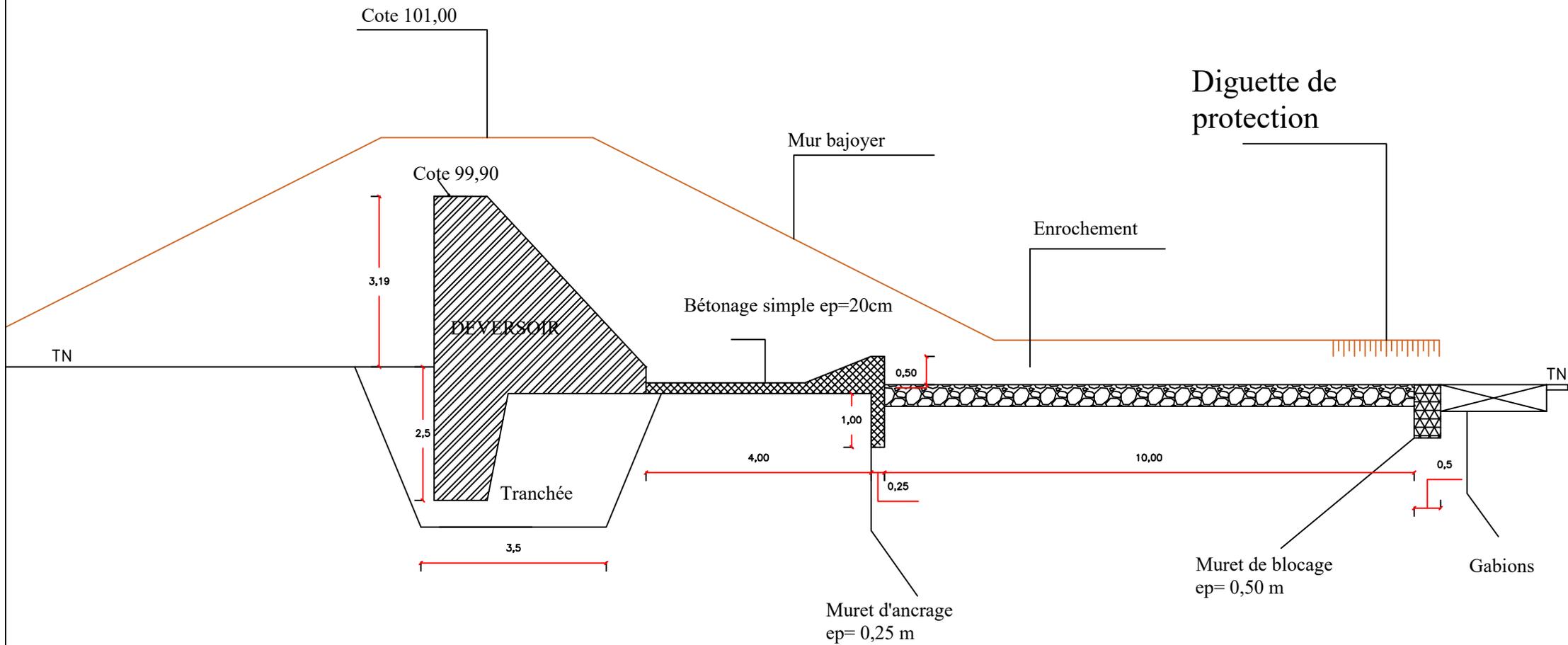
Ministère de l'Eau et de l'Assainissement
Direction Générale des Infrastructures Hydrauliques

COUPE DE L'OUVRAGE DE PRISE
ECHELLE:1/100

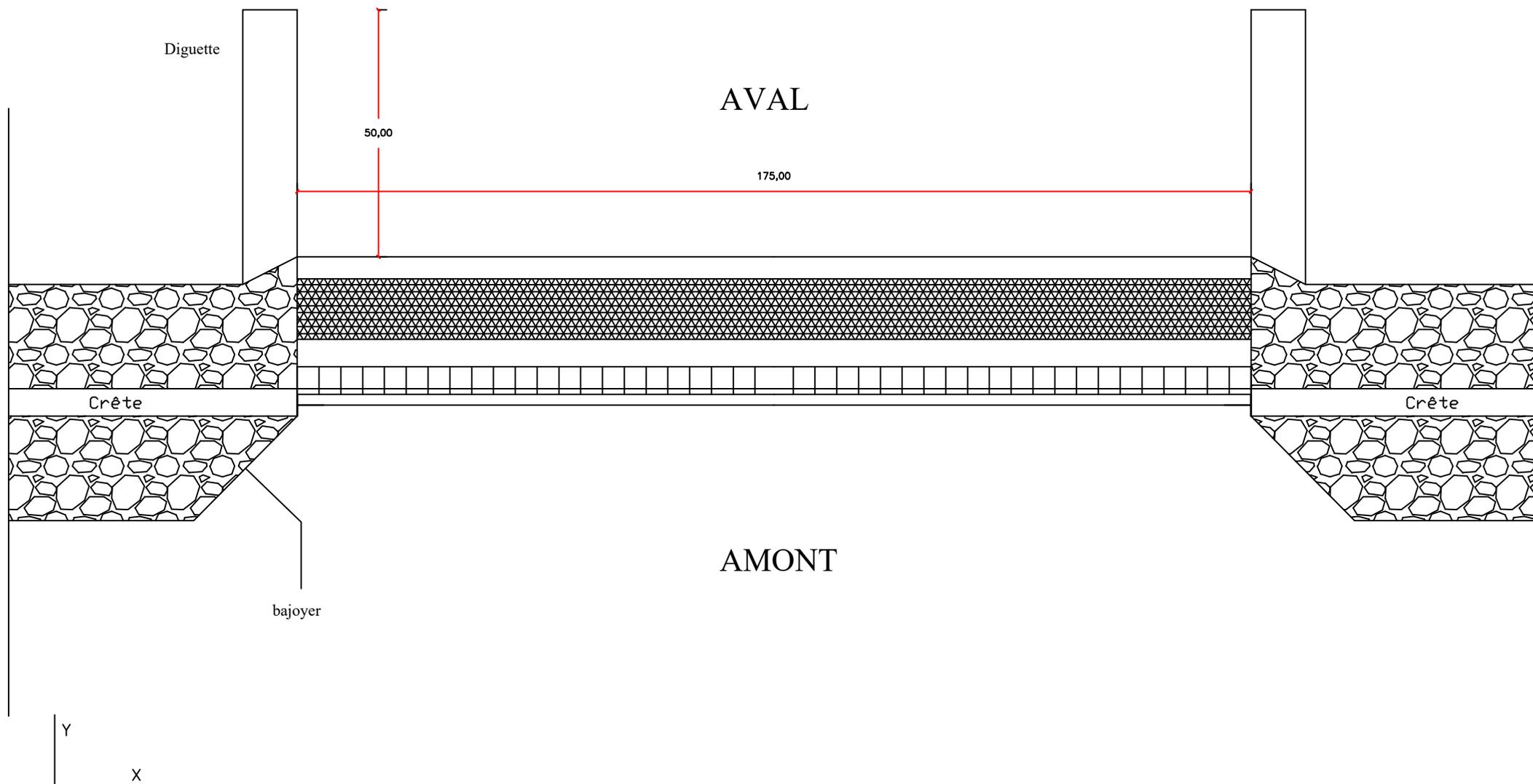
KABRE RIBOU

M.TOURE
LAMINE DJIBRILLA





Groupement de Bureaux GERTEC-AC3E  	PROJET DE RECONSTRUCTION DU BARRAGE DE KOURWEMA	SITE DE KOURWEMA PHASE APD	DESSINE PAR	VERIFIE PAR	
	Ministère de l'Eau et de l'Assainissement Direction Générale des Infrastructures hydrauliques	COUPE EN TRAVERS DU DEVERSOIR ECH:1/100	KABRE RIBOU	M.TOURE LAMINE DJIBRILLA	



Groupement
de Bureaux
GERTEC-AC3E

PROJET DE RECONSTRUCTION DU
BARRAGE DE KOURWEMA

Ministère de l'Eau et de
l'Assainissement
Direction Générale des Infrastructures
hydrauliques

SITE DE KOURWEMA
PHASE APD

COUPE EN TRAVERS
DU DEVERSOIR
ECH:
X:1/100
y:1/50

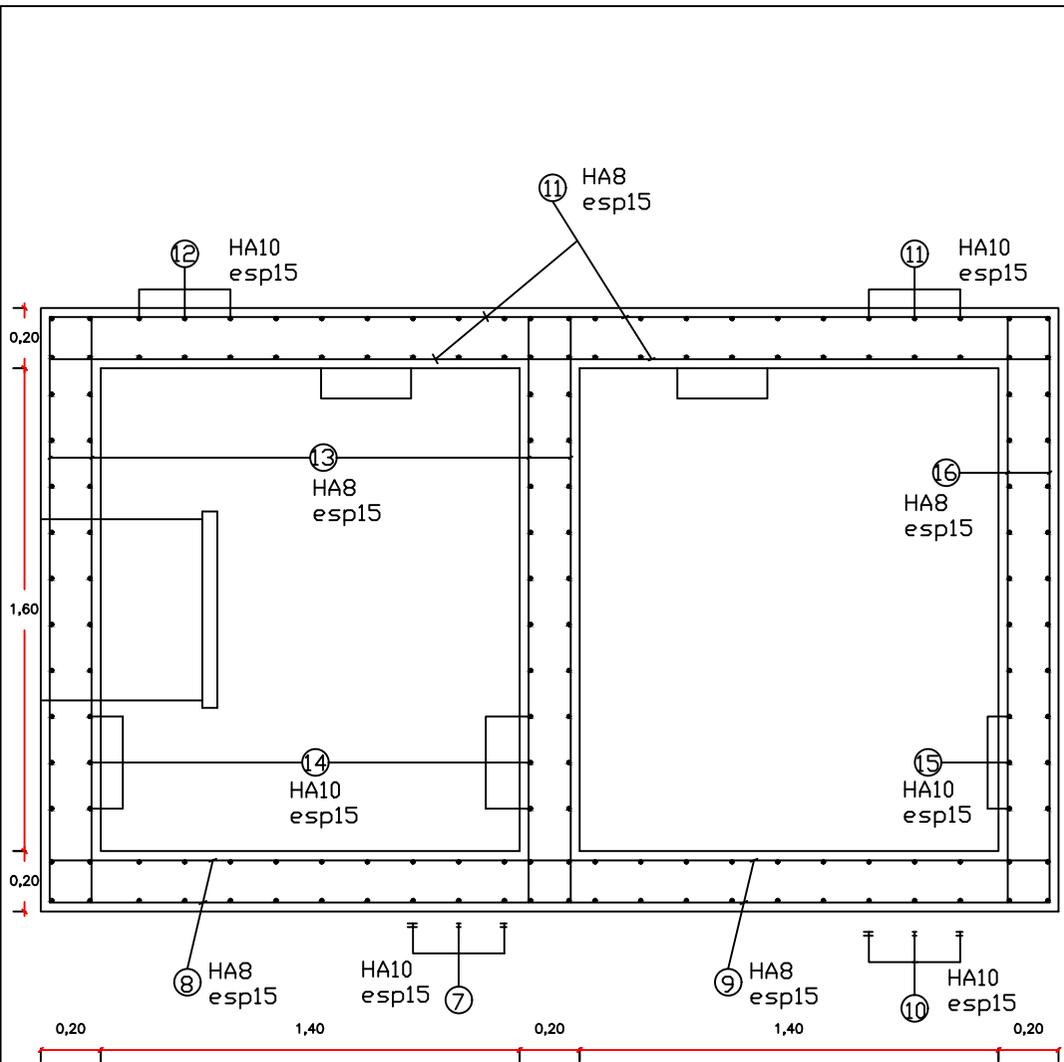
DESSINE PAR

KABRE RIBOU

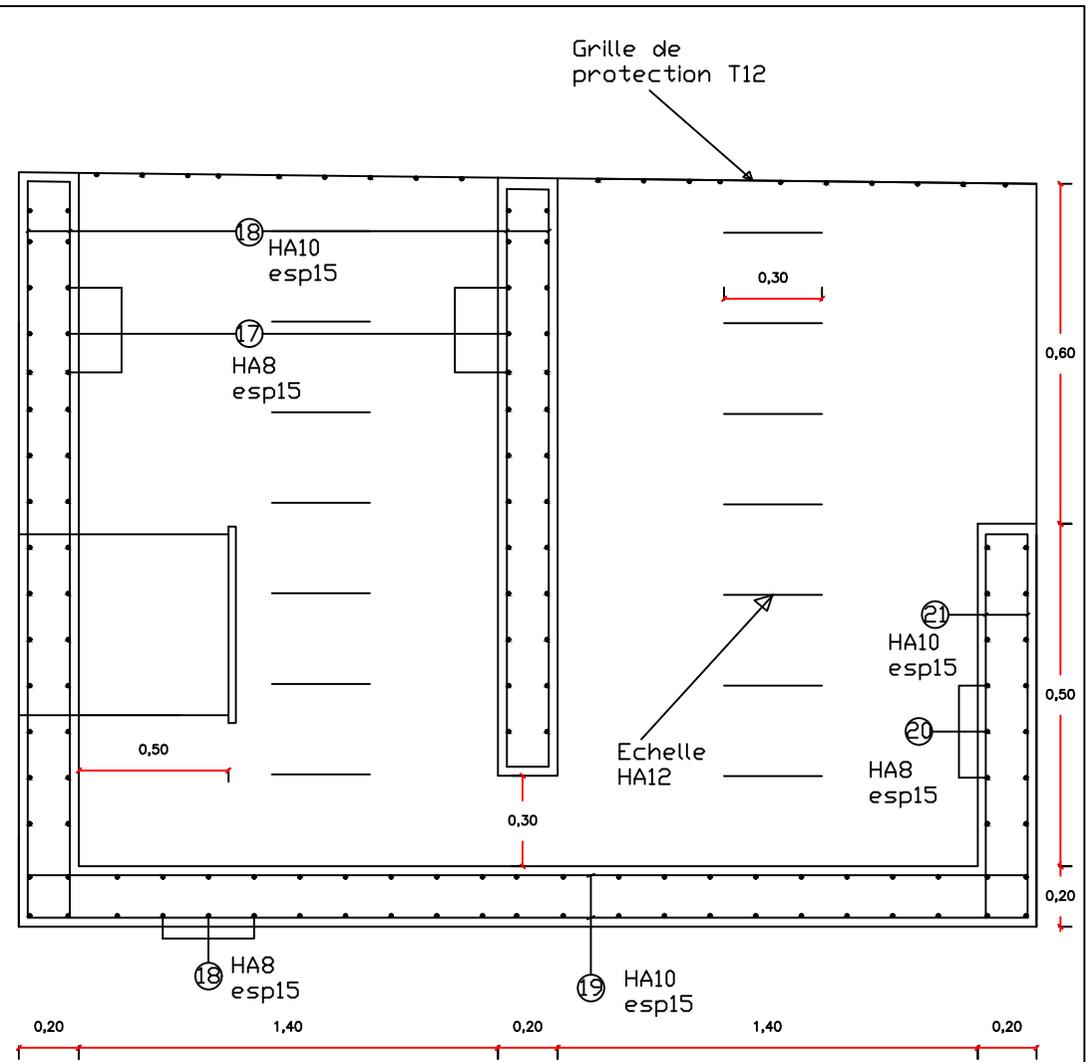
VERIFIE PAR

M.TOURE LAMINE
DJIBRILLA



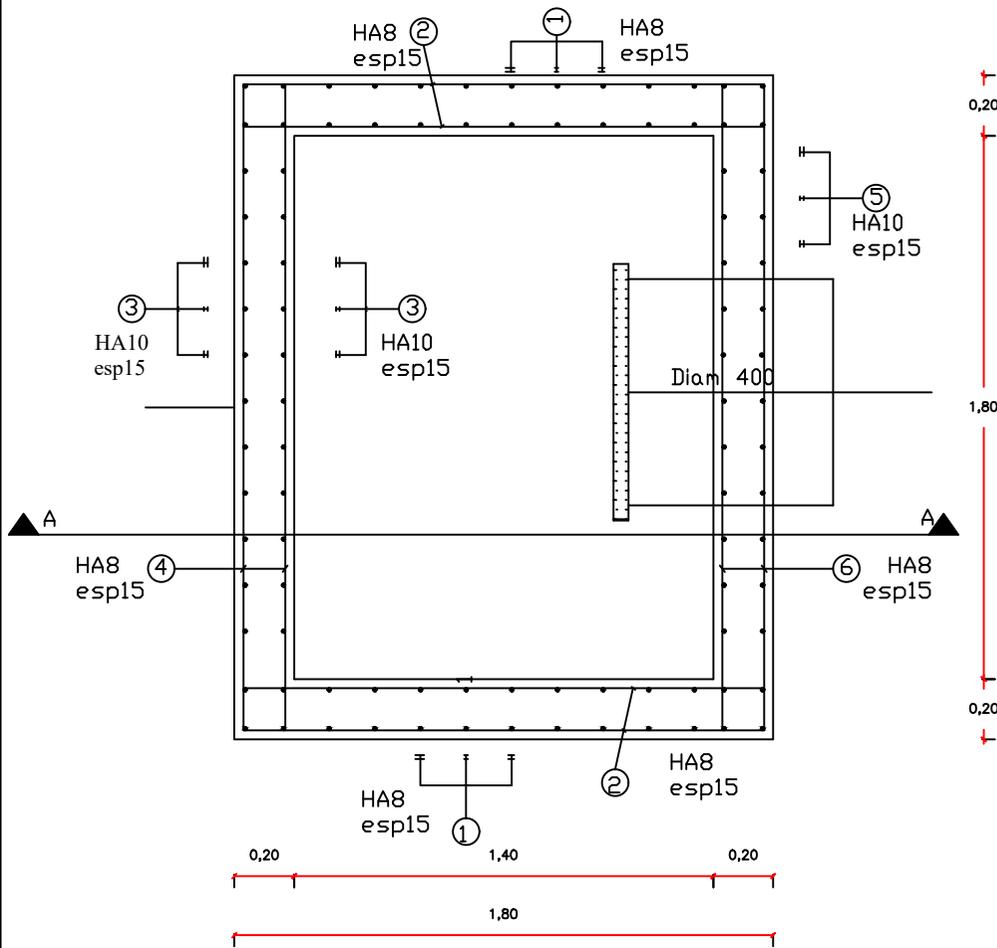


VUE EN PLAN DU
FERRAILLAGE DU
BAC AVAL

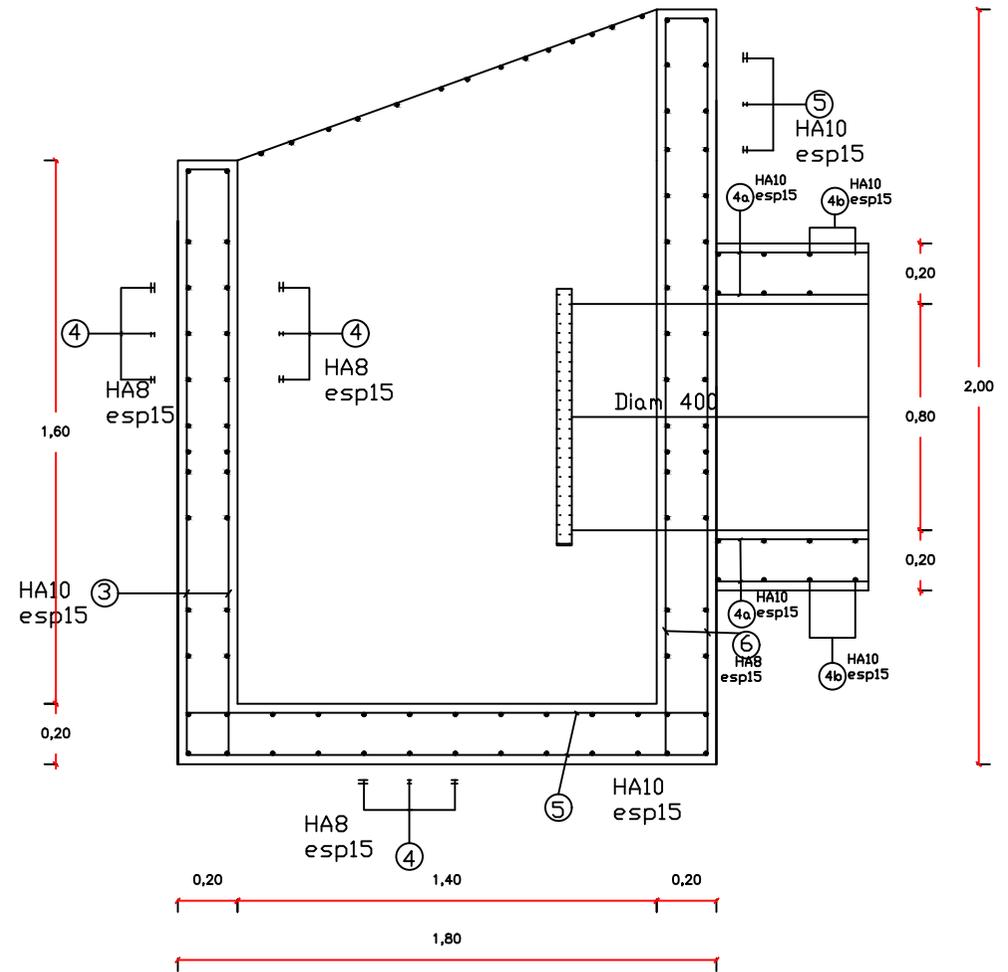


COUPE A-A DU
FERRAILLAGE DU
BACAVAL

Groupement de Bureaux GERTEC-AC3E  	PROJET DE RECONSTRUCTION DU BARRAGE DE KOURWEMA	SITE DE KOURWEMA PHASE APD	DESSINE PAR	VERIFIE PAR	
	Ministère de l'Eau et de l'Assainissement Direction Générale des Infrastructures hydrauliques	PLANS DU BAC AVAL ECH:1/25	KABRE RIBOU	M.TOURE LAMINE DJIBRILLA	



VUE EN PLAN DU
FERRAILLAGE DU
BAC AMONT
Enrobage 3 cm



COUPE A-A DU
FERRAILLAGE DU
BAC AMONT
Enrobage 3 cm

Groupement de Bureaux GERTEC-AC3E	PROJET DE RECONSTRUCTION DU BARRAGE DE KOURWEMA	SITE DE KOURWEMA PHASE APD	DESSINE PAR	VERIFIE PAR	
	Ministère de l'Eau et de l'Assainissement Direction Générale des Infrastructures hydrauliques	PLANS DU BAC AMONT ECHELLE : 1/25	KABRE RIBOU	M.TOURE LAMINE DJIBRILLA	



