



**ACTUALISATION DES ETUDES TECHNIQUES POUR LA REHABILITATION DU
BARRAGE DE SEGUENEGA, PROVINCE DU YATENGA**

**MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU
MASTER EN INGENIERIE DE L'EAU ET DE L'ENVIRONNEMENT
OPTION : Génie civil.**

Présenté et soutenu publiquement le 25 juin 2012 par

David Kiswendsida ZOUNGRANA

Travaux dirigés par : Albert HODONOU

Jury d'évaluation du stage :

Président : **Ismaila GUEYE**

Membres et correcteurs : **Albert HODONOU**
Adamah MESSAN

Promotion [2009/2012]

« La nature de l'Homme n'est pas ce avec quoi il est né mais ce
pour quoi il est né ». Aristote.

REMERCIEMENTS

Ce travail est le fruit de quatre mois d'étude d'Ingénierie, quatre mois d'étonnement et de fascination, à travers lesquels je me sentais mûrir malgré les difficultés. L'aboutissement de ce mémoire, nous le devons en particulier à une bonne volonté : j'ai nommé monsieur Albert HODONOU qui a su profiné ma soif de la recherche à travers sa positivité et son engagement. Nous lui transmettons notre profonde gratitude. Aux chefs de projet monsieur SERE, monsieur TIENDREBEOGO et monsieur KOMBARY, j'adresse toute ma reconnaissance pour la patience et le dévouement dont ils ont fait preuve. Une pensée particulière à mes parents et à monsieur NIKIEMA qui ont tracé ma destinée, qui ont cru en moi et m'ont apporté des appuis multiformes. Nos remerciements vont également à tout le personnel de l'Agence d'Exécution des Travaux Eau et Equipement Rural (AGETEER), à mes amis et à ma famille. Quant à mes camarades de classe, le bienfait n'est jamais perdu. Du fond de cœur, nous prions que l'ÊTRE SUPRÊME vous bénisse abondamment et rende au centuple chacun de vos bienfaits à mon égard.

RESUME

L'objectif visé par le projet est la réhabilitation de l'ensemble du barrage. Pour aboutir aux conclusions visant à la réalisation de l'objectif poursuivi, la présente étude a diagnostiqué, analysé et exploité les résultats détaillés des études techniques de base suivantes : la climatologie de la région, l'hydrologie du bassin versant, la topographie et la géotechnique du site.

Les résultats de ces études se résument comme suit :

- ✚ la pluviométrie maximale journalière est de 86.8 mm contre une évaporation annuelle de 3684 mm ;
- ✚ la crue de projet est estimée à 130 m³/s, résultant d'un bassin versant de 581.20 km². Les apports en eau se situent à 11 159 040 m³ pour l'année moyenne et de 7 439 360 m³ pour l'année décennale sèche ;
- ✚ les travaux topographiques qui ont permis de couvrir une cinquantaine d'hectares indiquent que le site est peu encaissé ;
- ✚ l'étude géotechnique a permis d'identifier les sites de matériaux viables pour la réhabilitation des ouvrages du barrage ;
- ✚ l'étude environnementale présente tous les renseignements nécessaires sur la protection du patrimoine naturel et à la gestion du projet.
- ✚ L'évaluation du montant des travaux actualisés s'élève **Quatre cent cinquante-quatre million quatre cent soixante-quatorze mille deux cent vingt-sept Sept (454 474 227) francs CFA TTC.**

L'analyse des potentialités et des contraintes établies par les études de base a permis d'aborder l'étude détaillée du barrage dont les résultats essentiels visant à sa réhabilitation sont :

- a) Pour l'hydrologie
 - ❖ Superficie du bassin versant = 581.20 km²
 - ❖ Périmètre = 98 km
 - ❖ Débit décennal (Q10) = 64,65 m³/s
 - ❖ Débit de projet (Qp) = 130 m³/s

b) Pour la cuvette

- ❖ Maintien de la côte de calage du plan d'eau normal = 100,50
- ❖ Surface du plan d'eau normal = 271,18 ha
- ❖ Volume d'eau stockée = 2 875 050m³

c) Pour l'évacuation de la crue

- ❖ Hauteur = 1.80 m
- ❖ Longueur = 106 m
- ❖ Epaisseur seuil = 0,30 m
- ❖ Côte de calage = 100,50 m
- ❖ Lamme d'eau maximale = 0,70 m

d) Pour la digue

- ❖ Type : terre homogène
- ❖ Longueur totale en crête = 408.77 m
- ❖ Côte crête = 101.77 m
- ❖ Largeur en crête = 6.00 m
- ❖ Talus amont et aval = 2/1

e) Pour la digue de protection

- ❖ Longueur L = 2 620 m ;
- ❖ Largeur en crête l = 2.5 m
- ❖ Hauteur H = 1,47 m

Mots Clés :

1 – *Bassin versant*

2 – *Débit*

3 – *Déversoir*

4 - *Barrage*

5 - *Stabilité*

Abstract

The aim of the project was the rehabilitation of the whole barrage. To reach this objective, the present study diagnosed, analyzed and exploited the detailed results of the following basic technical studies: the climatology of the area, the hydrology of the basin side, the topography and the geotechnics of the site.

The results are summarized as follows:

- ✚ the maximum daily pluviometry was 86.8 mm against an annual evaporation of 3684 mm;
- ✚ the rising of the project was estimated at 130 m³/s, resulting from a basin side of 581.20 km²;
- ✚ the contributions of water were of 11 159 040 m³ for the average year and of 7 439 360 m³ for the decennial dry year;
- ✚ the topographic surveys which allowed to cover about fifty hectares indicated that the site was embanked a little;
- ✚ the geotechnical study made it possible to identify the viable material sites for the rehabilitation of the works of the barrage;
- ✚ the environmental study presents all the information necessary for the protection of the natural inheritance and the management of the project;
- ✚ the evaluation of the cost of the actualized project is estimated at **Four hundred and fifty four million, four hundred and seventy-four thousand two hundred and twenty-seven (454 474 227) CFA franks** all taxes included.

The analysis of the potentialities and of the constraints established by the basic studies allowed tackling the detailed study of the barrage whose significant results aiming at its rehabilitation are:

- a) For the hydrology
 - ❖ Basin side = 581.20 km²
 - ❖ Perimeter = 98 km
 - ❖ Decennial flow (Q10) = 64.65 m³/s
 - ❖ Flow of project (Qp) = 130 m³/s

- b) For the basin
- ❖ Maintenance of the coastline of the chocking of the normal water level = 100.50
 - ❖ Surface of normal water level = 271.18 ha
 - ❖ Volume of stored water = 2 875 050m³
- c) For the evacuation of the rising
- ❖ Height = 1.80 m
 - ❖ Length = 106 m
 - ❖ Thickness threshold = 0.30 m
 - ❖ Coast of chock = 100.50 m
 - ❖ Maximum water blade = 0.70 m
- d) For the dam
- ❖ Type: homogeneous ground
 - ❖ Overall length in peak = 408.77 m
 - ❖ Coast peak = 101.77 m
 - ❖ Width in peak = 6.00 m
 - ❖ Slope upstream and downstream = 2/1
- e) For the dam of protection
- ❖ Length L = 2.620 m;
 - ❖ Width in peak L = 2.5 m
 - ❖ Height H = 1.47 m

Key words:

- 1 – *Basin side*
- 2 – *Flow*
- 3 - *Outfall*
- 4 - *Stopping*
- 5 - *Stability*

LISTE DES ABREVIATIONS

- ❖ **AGETEER:** Agence d'Exécution des Travaux Eau et Equipement Rural
- ❖ **APD:** Avant-Projet Détaillé
- ❖ **BAD:** Banque Africaine de Développement
- ❖ **CIEH:** Comité Interafricain d'Etudes Hydrauliques
- ❖ **ETP:** Evapo-Transpiration
- ❖ **OPN:** Optimum Proctor Normal
- ❖ **ORSTOM :** Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer
- ❖ **PHE :** Plus Haute Eau
- ❖ **PEN:** Plan d'Eau Normale
- ❖ **P₁₀:** Pluie décennale
- ❖ **Q₁₀:** Debit decennal
- ❖ **Q_p :** Debit du project
- ❖ **SIG :** Système d'Information Géographique
- ❖ **SOKEF :** Société Kibsi et Fils
- ❖ **TN :** Terrain Naturel
- ❖ **UBT :** Unité de Bétail
- ❖ **MOD :** Maîtrise d'Ouvrage Délégué
- ❖ **MAH :** Ministère de l'Agriculture et de l'Hydraulique

SOMMAIRE

SOMMAIRE	IX
LISTE DES TABLEAUX	XII
LISTE DES FIGURES	XII
1ERE PARTIE : PRESENTATIONS GENERALES ET METHODOLOGIE	XIV
CHAPITRE 1 : PRESENTIONS GENERALES	XV
I. LA PRESENTATION DU PROJET	XV
I.1.Contexte et problématique du projet	xv
I. LA PRESENTATION DE LA STRUCTURE D’ACCUEIL	XVI
II.1. L’AGETEER	XVI
II.1.1. LES MISSIONS DE L’AGETEER	17
II.2. LA LOCALISATION ET ACCES DE LA ZONE D’ETUDE	19
II.2.1. Le climat	20
CHAPITRE 2 : LA METHOLOGIE	21
I. LA REVUE DOCUMENTAIRE ET LA COLLECTE DES DONNEES	21
I.1. LE DIAGNOSTIC	21
II. LES ETUDES DE BASE	22
II.1. LES ETUDES TOPOGRAPHIQUES	22
II.2. LES ETUDES HYDROLOGIQUES	22
II.3. LES ETUDES DE LA STABILITE DU BARRAGE	22
II.4. OBSERVATIONS ET RECOMMANDATIONS A L’APD	22
II.5. ETUDE IMPACT ENVIRONNEMENTALE	23
II.6. EVALUATION DU COUT DU PROJET	23
2^{EME} PARTIE : LES ETUDES DIAGNOSTIQUES ET DE BASE	24
I. DESCRIPTION ET ETAT ACTUEL DES OUVRAGES	25
I.1. LE BARRAGE	25
I.2. LA DIGUE EN TERRE HOMOGENE	25
I.4. LA DIGUE DE PROTECTION	26
II. ETUDES CLIMATOLOGIQUES	26
II.1. CLIMATOLOGIE	26
II.1.1 – CHOIX DES STATIONS CLIMATIQUES DE REFERENCE	26
II.1.2. ETUDE DE LA PLUVIOMETRIE	26
II.1.3. ETUDE DE L’EVAPORATION	27
CHAPITRE 4 : LES ETUDES DE BASE	28
I. HYDROLOGIE	28
I.1. CARACTERISTIQUES PHYSIQUES DU BASSIN VERSANT	28
I.2. Estimation de la crue décennale	30
I.2.1. METHODE ORSTOM	31
I.2.2. METHODE CIEH	32

I.2.3. CRUE DU PROJET	33
- Hydrogramme de crue	33
- Laminage de la crue de projet	34
I.3. L'EVACUATEUR DE CRUE.....	35
I.3.1. Le bassin de dissipation.....	35
I.3.1. LES BLOCS DE CHUTE ET BLOCS DE CHICANE	36
I.4. EVALUATION DES APPORTS EN EAU	37
I.5. ETUDE DE LA RETENUE	38
I.5.1. COURBE HAUTEUR – VOLUME – SURFACE.....	38
I.6. Evaluation des pertes.....	40
I.6.1. Pertes par évaporation et par infiltration dans la cuvette	40
I.6.2. Pertes par dépôt solide	41
II- Simulation de l'utilisation de la retenue d'eau.....	42
II.1. Utilisation de la retenue	43
II.1.1- Estimation des besoins en eau	43
II.1.1.1 BESOINS EN EAU PASTORAUX.....	43
II.1.1.2. BESOINS EN EAU AGRICOLES.....	44
III- ETUDE DE STABILITE DU DEVERSOIR POIDS EN BETON	45
III.1. STABILITE AU GLISSEMENT	45
III.2. STABILITE AU RENVERSEMENT	46
III.3. STABILITE AU POINÇONNEMENT.....	47
IV. ETUDE TOPOGRAPHIQUE.....	48
IV.1. OBJECTIF	48
IV.2. METHODOLOGIE ET RESULTATS	48
3ERE PARTIE : OBSERVATIONS ET RECOMMANDATIONS SUR L'APD	49
CHAPITRE 5 : OBSERVATIONS ET RECOMMANADATIONS SUR L'APD.....	50
I. Observations et recommandations	50
I.1. ANALYSE DES PLUIES	50
I.2. LES PARAMETRES DU BASSIN VERSANT.....	50
I.3. LE DEVERSOIR.....	51
I.4. Le barrage.....	52
I.5. La digue de protection	53
CHAPITRE 6 - ETUDES D'IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT	54
I. Caractéristiques du site.....	54
II. Résultats de l'étude	54
III. Recommandations	59
CONCLUSION.....	60
a. ANNEXE 1 : Carte du bassin versant	63
b. ANNEXE 2 : NTableaux des valeurs mensuelles et annuelles des paramètres agro-climatiques	64
2- Laminage de la crue.....	67
c. ANNEXE 3 : Courbes Hauteur-Surface, Hauteur-Volume.....	Erreur ! Signet non défini.
d. ANNEXE 4 : Métré et devis estimatif des travaux de réhabilitation du barrage de Séguénéga.	79
e. ANNEXE 5 : Avant métré du barrage et devis quantitatif.....	90

f.	ANNEXE 6 : Avant métré du périmètre et devis quantitatif.....	91
g.	ANNEXE 7 : Liste des plans	91
IV.	91

Liste des tableaux

Tableau 2 : Moyennes mensuelles de l'évaporation bac.....	27
Tableau 3 : récapitulatif des paramètres de la courbe hypsométrique	29
Tableau 4 : récapitulatif des paramètres essentiels du bassin versant.....	30
Tableau 5 : récapitulatif du débit décennal ruisselé par méthode ORSTOM.....	32
Tableau 6 : récapitulatif du débit décennal par la méthode CIEH	32
Tableau 7 : données hauteur - volume - surface de la retenue d'eau de Séguénéga.....	39
Tableau 8 : Pertes en eau de la retenue de Séguénéga	41
Tableau 9 : Récapitulatif des pertes par dépôt solide.....	42
Tableau 10 : Récapitulatif des besoins en eau.....	44
Tableau 11 : Comparatif des paramètres du BV de l'APD et Actualisé	51

Liste des figures

Figure 1 : Carte de situation du barrage de Séguénéga	19
Figure 2 : Délimitation du bassin versant.....	28
Figure 3 : Courbe hypsométrique.....	29
Figure 4 : Hydrogramme de crue	34
Figure 5 : Vue en élévation de l'évacuateur de crue.....	36
Figure 6 : Courbe – Hauteur - Volume	39
Figure 7 : Coupe de la cuvette.....	42
Figure 8 : Schémas du glissement du déversoir	45
Figure 9 : schémas du renversement du déversoir	46
Figure 10 : schémas du poinçonnement du déversoir	47

INTRODUCTION

Un point d'eau est dans le sahel, un point de concentration d'intérêts divers pouvant être contradictoires. Notre travail porte sur l'actualisation de l'étude du barrage de Séguénéga dans la province du Yatenga. En effet, l'agriculture et l'élevage constituent la base de l'économie du Burkina et la principale source de développement. Ces activités qui se pratiquent sur toute l'étendue du territoire sont principalement tributaires des aléas climatiques et souffrent de la baisse progressive des pluies enregistrées au cours des dernières années et du caractère irrégulier de ces pluies.

Cependant, la faiblesse des ressources en eau disponibles dans les villages pendant la période sèche de l'année constitue pour les populations des zones rurales de lourds handicaps pour la satisfaction de certains besoins en eau et la conduite d'activités de développement telles que l'élevage, l'agriculture de contre saison et les activités artisanales.

Le gouvernement du Burkina Faso, dans ses efforts perpétuels pour la mobilisation des ressources en eau en vue d'un appui substantiel à l'agriculture pour atteindre la sécurité alimentaire, a réalisé avec l'aide de ses partenaires au développement de nombreux ouvrages hydrauliques et aménagements hydro-agricoles. L'exploitation de ces réalisations contribue pour beaucoup dans l'alimentation et l'amélioration de la situation nutritionnelle des populations et dans l'amélioration significative des revenus des ménages, un engagement contre la pauvreté.

Dans le but de réaliser de nouvelles infrastructures ou de réhabiliter celles existantes, ce travail se donne pour objectif de procéder à l'actualisation des études techniques disponible.

En harmonie avec notre objectif fixé, l'organisation de ce mémoire comporte trois parties :

- la première partie porte sur les généralités et la méthodologie adoptée pour la rédaction de ce mémoire ;
- la deuxième partie présente les études nécessaires à la réhabilitation du barrage ;
- et la troisième partie est constituée des observations et recommandations de l'Avant-Projet Détaillé du barrage (APD).

A la suite de la conclusion, nous présenterons les références bibliographiques et les notes de calcul ainsi que les tableaux résumant les données et les résultats des calculs.

**1ère partie : PRESENTATIONS GENERALES ET
METHODOLOGIE**

CHAPITRE 1 : PRESENTIONS GENERALES

I. La présentation du projet

I.1.Contexte et problématique du projet

Le Ministère de l'Agriculture et de l'Hydraulique (MAH), à travers le Projet Petit Barrage a par un contrat confié au bureau AC3E pour les études de la réhabilitation du barrage de Séguénéga dans la province du Yatenga. En 2007, le bureau s'est acquitté de ses obligations en fournissant au Projet les résultats de son étude par la remise des documents de l'Avant-Projet Détaillé (APD). Ces documents ont permis au gouvernement de mobiliser les moyens pour la réhabilitation du barrage.

En 2012, le Ministère de tutelle, après avoir acquis des fonds auprès de la Banque Africaine de Développement (BAD), a légué la Maîtrise d'Ouvrage Délégué à l'AGETEER pour l'exécution des travaux.

En effet, beaucoup de temps s'est écoulé entre la phase étude et la phase exécution. Les paramètres physiques du bassin versant, climatiques, environnementaux, socio-économiques, politiques et /ou les objectifs du futur ont éventuellement changé.

L'AGETEER, doté d'une grande compétence, en matière de la MOD et bien avertie dans sa mission a commencé par l'actualisation des études d'APD. Aussi le rapport du bureau a été revu et mis en conformité.

C'est ainsi que lors de notre stage, il nous a été confié cette tâche d'où le thème « **ACTUALISATION DES ETUDES TECHNIQUES DE LA REHABILITATION DU BARRAGE DE SEGUENEGA DANS LA PROVINCE DU YATENGA** ».

Dans le cadre de notre mission, les dossiers relatifs à l'APD pour la construction du dit barrage et les cartes IGB de la région ont été examinés et des missions sur le terrain ont été effectuées. La liste des documents consultés est :

- mémoire technique – rapport de l'APD ;
- dossier des plans

Nos observations sur le dossier d'APD ainsi que les compléments éventuels et les différentes mises en conformité ont fait l'objet du présent rapport.

I. La présentation de la structure d'accueil

II.1. L'AGETEER

Dans sa volonté d'améliorer l'efficacité de l'aide extérieure au Burkina Faso (taux satisfaisants de consommation des crédits alloués et efficacité de leur utilisation), le gouvernement a pris un ensemble de mesures dont :

- la relecture de la réglementation des marchés publics ;
- la prise de textes réglementant la maîtrise d'ouvrage publique déléguée ;
- la décision de création d'agences d'exécution, agissant en tant que maître d'ouvrage délégué dans tous les secteurs importants du développement afin de mettre efficacement en œuvre les différents projets.

C'est dans ce contexte général, que l'**Agence d'Exécution des Travaux Eau et Equipement Rural (AGETEER)** a été créée le **23/10/2008**, sous la forme d'une Société d'Etat au capital social de quatre cent treize millions deux cent mille (413 200 000) francs CFA.

L'**AGETEER** est une société d'état avec un conseil d'administration, régie par les dispositions de l'acte uniforme relatif au droit des sociétés commerciales et du groupement d'intérêt économique du 17 avril 1997 (ci-après désigné par les termes « l'Acte Uniforme »), par la loi n° 025 – 99 / AN du 16 novembre 1999 **portant règlementation générale des sociétés à capitaux publics**. Son siège social est fixé à Ouagadougou à l'adresse suivante : **930, Angle Rue Zuug Siiga et la Rue ZAD Secteur 30, 01 BP 6643 OUAGADOUGOU 01**. Elle est placée sous la tutelle technique du Ministère chargé de l'hydraulique, sous la tutelle financière du Ministère chargé des finances et sous la tutelle du Ministère chargé du suivi de la gestion des entreprises publiques et parapubliques.

II.1.1. Les missions de l'AGETEER

L'**AGETEER** a pour objectif d'exécuter des travaux, à titre de **Maître d'Ouvrage Délégué (MOD)** pour le compte et au nom de l'Etat et de ses démembrements, des collectivités territoriales, des associations et de tout organisme de droit public ou privé, des projets et programmes, dans les principaux domaines suivants :

- les infrastructures d'hydraulique et l'aménagement de l'espace rural (aménagements hydro agricoles, barrages et petites retenues, puits et forages, alevinières...);
- les équipements et constructions rurales ;
- le développement local ;
- et plus généralement, l'exécution de tous travaux, de toutes opérations commerciales ou industrielles, mobilières ou immobilières, financières, civiles, se rattachant directement ou indirectement à l'objet social ou à tous objets similaires ou connexes susceptibles de favoriser le développement de la société.

L'Agence développe principalement trois (03) modes d'intervention pour exercer ses activités d'agence d'exécution :

- la maîtrise d'ouvrage déléguée ;
- l'agence d'exécution de projet ou programme de développement ou d'investissement ;
- l'assistance aux maîtres d'ouvrage.

Le principe de base des interventions de l'Agence est essentiellement le « faire-faire » et à ce titre, elle est appelée à solliciter l'appui du secteur privé, avec comme principaux prestataires de services :

- les bureaux d'étude, pour les études et la maîtrise d'œuvre ;
- les consultants, pour les conseils en gestion et audits ;
- les entreprises, pour l'exécution des travaux, la fourniture d'équipement, ou de tous autres matériaux et prestations ;

- les fournisseurs, pour la fourniture de matériel, d'équipement et autres matériaux et biens prévus dans les projets ;
- autres prestataires de services (les associations, ONG, etc.).

Les relations entre l'Agence et ses prestataires sont établies sur la base de contrats, marchés ou conventions.

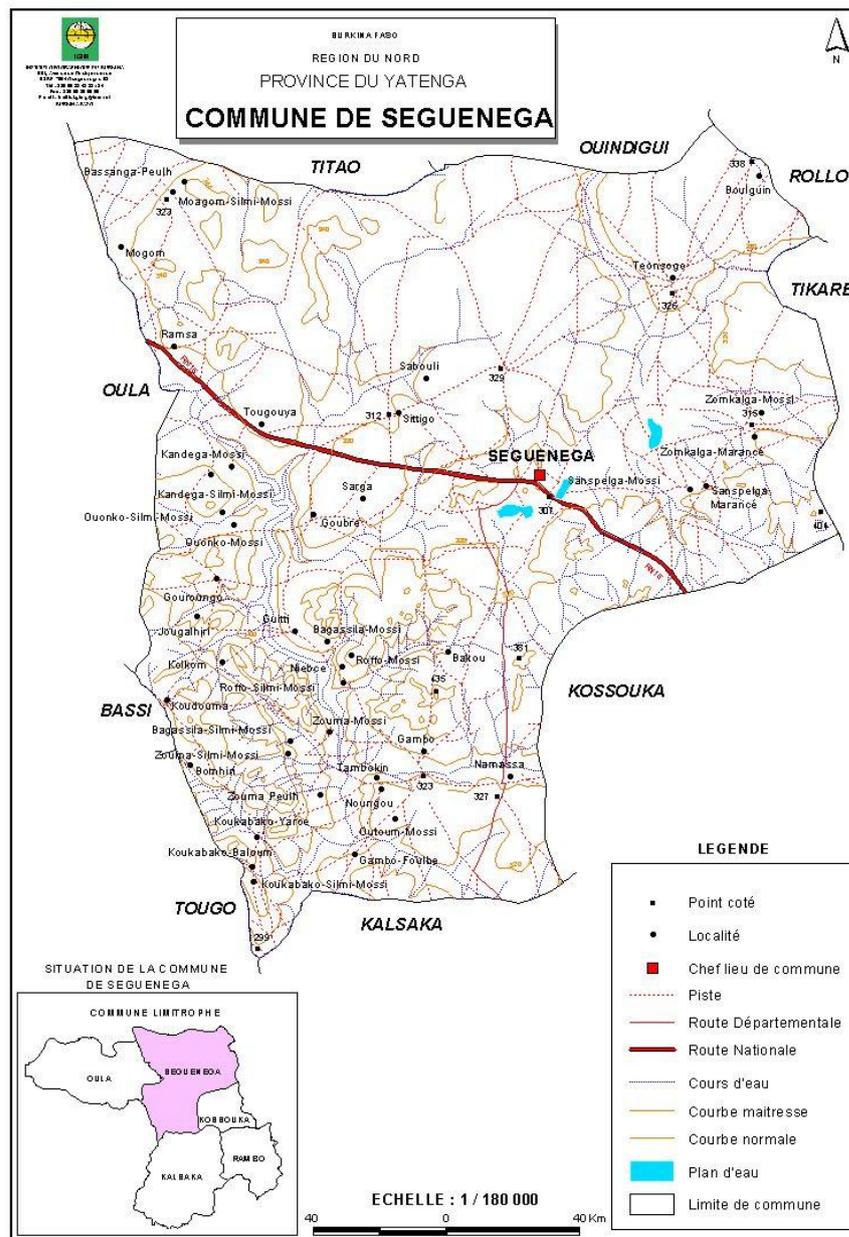
La Société est administrée par un Conseil d'Administration et dirigée par un Directeur Général qui assume la responsabilité technique, administrative et financière. Cependant deux cellules l'assistent dans la gestion de l'Agence. Ce sont : la direction de l'administration, des finances et de la comptabilité ; et la direction technique. C'est dans cette dernière que j'ai effectué mon stage en tant que technicien.

La cellule est dirigée par un directeur technique; il est assisté de techniciens : les chefs de projet et les assistants chefs de projet. Cette direction technique a pour activités principales l'évaluation et la sélection des projets, le suivi et la supervision des travaux. C'est dans ce sens que nous avons pu, durant ce stage, travailler avec les chefs de projets dans les différentes tâches.

Il est à noter que sur le plan national, l'**AGETEER** est la deuxième agence de Maîtrise d'Ouvrage Déléguée après l'**Agence FASO BAARA** qui a été créée dans les années **1990** et considérée comme l'un des concurrents bien que les deux agences travaillent dans des domaines différents. L'agence Faso Baara est spécialisée dans le bâtiment, tandis que l'AGETEER œuvre dans l'hydraulique.

II.2. La localisation et accès de la zone d'étude

Séguénéga est le chef-lieu de la commune rurale éponyme dans la province du Yatenga. La commune est située à une cinquantaine de kilomètres au Sud-Est de Ouahigouya, chef-lieu de la région. L'accès du site peut se faire à partir de Ouagadougou par la route nationale n° 2 jusqu'à Ouahigouya sur 182 km; puis la route nationale n° 15 de Ouahigouya à Séguénéga sur 50 km soit au total 232 km à partir de Ouagadougou.



Les coordonnées géographiques du site relevées au GPS sont :
-Latitude : 13° 25' 58'' Nord
-Longitude : 01° 57' 34'' Ouest

Figure 1 : Carte de situation du barrage de Séguénéga

II.2.1. Le climat

Le climat de la zone est de type soudano-sahélien marqué par l’alternance d’une saison sèche et d’une saison humide, la pluviométrie est comprise entre 600 et 900 mm. La zone est caractérisée par une pluviométrie très capricieuse avec des précipitations irrégulières dans le temps et dans l’espace. La moyenne des précipitations annuelles des six dernières campagnes est de 640,056 mm. (*d’après les services météorologies de l’agriculture*).

CHAPITRE 2 : LA METHOLOGIE

Il s'agit pour nous, ici de présenter la démarche que nous avons adoptée pour conduire l'étude.

I. La revue documentaire et la collecte des données

La revue documentaire et la collecte des données ont été possible grâce aux rapports de mission (effectués à Séguénéga en Décembre 2011) fournis par l'AGETEER, aux cartes IGB de Ouahigouya et aux documents fournis par les études de réhabilitation du barrage de Séguénéga. Les éléments de base indispensables que le projecteur doit avoir à sa disposition sont les suivants :

- topographie : plan côté en courbes de niveau à une échelle convenable ;
- l'APD de l'étude ;
- données climatologiques ;
- les données géotechniques.

I.1. Le diagnostic

Le diagnostic s'est déroulé en deux phases essentielles à savoir la visite du site et l'entretien avec les exploitants.

- **La visite du site**

Des visites se sont effectuées tout le long de l'étude.

-La première visite du site s'est effectuée en compagnie du MOD (AGETEER) et des membres de l'entreprise Société Kibsi et Fils (SOKEF).

-La deuxième visite s'est effectuée en compagnie des membres du bailleur de fonds (BAD), du MOD (AGETEER), des autorités communales de Séguénéga et de la population bénéficiaire. La retenue a été parcourue sur toute sa longueur et dans les moindres détails par les équipes citées ci-dessus et par l'étude diagnostique.

- **L'entretien avec les exploitants**

L'entretien avec les exploitants s'est fait à travers des rencontres avec le président et certains membres de la coopérative. Au cours de ces rencontres, les paysans ont répondu à un ensemble de questionnaires et ont exposé les problèmes rencontrés sur le site.

II. Les études de base

Les études de base sont les études topographiques, les études hydrologiques et les études de stabilité des ouvrages.

II.1. Les études topographiques

Sur le terrain, les études topographiques débutent par une visite du site à lever en compagnie de l'équipe de l'étude diagnostique. Cette visite est suivie d'une vérification des bornes de référence implantées ainsi que les côtes de quelques points des ouvrages existants ont été identifiées. Les études topographiques se sont terminées par le cheminement et le nivellement accompagné d'un croquis de terrain.

II.2. Les études hydrologiques

Les études hydrologiques ont été faites à partir des pluies de la station de Séguénéga et des données sur Evapotranspiration (ETP) de la station de Ouahigouya. Pour les apports, l'ajustement des pluies maximales se fait par la loi de GUMBEL. Pour le calcul de la crue décennale, il y a deux méthodes : la méthode ORSTOM et celle de CIEH.

II.3. Les études de la stabilité du barrage

L'ouvrage est un barrage route en terre muni d'un déversoir poids. La stabilité au glissement, renversement et poinçonnement constituent les trois (03) conditions de vérification de l'ouvrage.

II.4. Observations et recommandations à l'APD

Nos observations sur le dossier d'APD se rapportent aux conclusions sur l'examen de l'étude. Pour ce qui est de la suite de ce volet, nous livrons nos commentaires sur les différents choix de l'étude et leurs justifications ainsi que notre opinion sur chaque choix.

II.5. Etude impact environnementale

La législation en vigueur nécessite qu'une étude d'impact sur l'environnement soit entreprise afin d'apprécier l'incidence de la réalisation de certains ouvrages (barrage, aménagement de bas-fond) sur l'environnement physique, social et économique dans la zone d'influence du projet. La présente notice d'impact sur l'environnement s'inscrit dans ce cadre et complète un ensemble d'études de base dont les études techniques, socio-économiques et agropédologiques qui constituent l'étude de faisabilité du projet.

II.6. Evaluation du coût du projet

L'évaluation du coût du projet se fait sur la base des quantités des corps d'état à réaliser fournies par l'avant métré. Ce devis donne le montant des travaux en sous-corps d'état et le montant total de la réhabilitation du barrage de Séguénéga.

2^{ème} partie : Les études diagnostiques et de base

CHAPITRE 3 : LES ETUDES DIAGNOSTIQUES

I. Description et état actuel des ouvrages

I.1. Le barrage

Nous n'avons pas trouvé de documents formels précisant la date exacte de la construction du barrage. Selon les indications données par les populations lors de l'enquête socio-économique, à l'origine, il y avait la route avec le pont suivi de la construction du muret (déversoir) par l'Union des Groupements Naam (UGN) avec l'appui de l'ONG « Children's International Summer Villages »(CISV) en 2005 pour créer le barrage.

Le barrage se compose des ouvrages suivants :

- une digue en terre homogène ;
- un évacuateur de crue central ;
- une digue de protection.

I.2. La digue en terre homogène

C'est une digue routière construite avec de la grave argileux latéritique. D'après les études géotechniques, ce matériau ne peut pas assurer intégralement l'étanchéité de la digue. L'axe principal de la digue est rectiligne et il est orienté Est-Ouest. Cet axe s'infléchit vers l'amont en rive droite. La digue étant une digue routière, la partie qui rentre dans la construction de la retenue a une longueur de 408,78 m et une hauteur maximale de 3,00 m (niveau du pont). Elle a une largeur moyenne en crête de 6 m.

La digue comporte un pont en béton armé de 48 m de long qui relie les deux rives. Le talus amont est protégé par un perré sec en bon état alors que le talus aval est protégé par un revêtement latéritique avec un développement arbustif. Le drain de pied aval est entièrement comblé par des apports de terre et semble inexistant. La digue est en bon état.

I.3. Le déversoir

C'est un déversoir muret en béton de 60 m de long et environ 1,10 m de haut. Il se trouve à 5 m en amont du pont ; sa côte est 100,00 m. Son bassin de dissipation est constitué d'une plate-forme en béton de 5 m de large prolongée par un lit de moellons. Il est dans l'ensemble en bon état.

I.4. La digue de protection

La digue de protection se trouve en rive droite. Elle est longue de 350 m avec une hauteur maximale de 1,39 m et sert à fermer la retenue et protéger les concessions riveraines. Sa largeur en crête est de 3 m. Elle est en terre homogène, son talus amont est protégé par du perré sec et le talus aval par du perré maçonné. Sa crête est protégée par un couronnement latéritique compacté et est dans l'ensemble en bon état mais présente quelques zones de fuites.

II. Etudes climatologiques

II.1. Climatologie

II.1.1 – Choix des stations climatiques de référence

Après le repérage du site prévu pour la réalisation des ouvrages sur la carte géographique, la station de Séguénéga est considérée comme représentative de la zone du projet. Les relevés pluviométriques de la période 1961-2004 y compris (les maxima journaliers de même que les relevés de l'évaporation de la station de Ouahigouya) seront analysés pour l'évaluation des apports sur le barrage de Séguénéga.

II.1.2. Etude de la pluviométrie

L'examen des relevés pluviométriques montre que la quantité moyenne annuelle de pluie recueillie dans la zone du projet sur la période considérée est de 640,056 mm (moyenne des années 1961 à 2004). Quatre-vingt-dix pour cent (90%) de la pluviométrie annuelle se concentre sur une période de quatre mois (juin à septembre) avec une pointe de 30 % dans le mois de août.

L'année la moins pluvieuse durant cette période a été 1993 qui a connu une baisse d'environ 38% par rapport à la pluviométrie moyenne.

Les ajustements effectués sur les échantillons de pluie montrent que les séries de pluie annuelles et mensuelles s'ajustent assez bien à la loi de GAUSS (loi normale) et la série de pluies maximales en 24 heures s'ajuste à la loi de GUMBEL (*Harouna Karambiri et Dial Niang. 2009*). Les valeurs caractéristiques de ces pluies sont récapitulées dans le tableau suivant:

Tableau 1 : Valeurs caractéristiques des pluies (station de Séguénéga)

Fréquence	0,01	0,1	0,2	0,5	0,8	0,9	0,98
Période de retour (années)	100 sèches	10 sèches	5 sèches	2	5 humides	10 humides	50 humides
Pluies maximales journalières	26,2	33,4	39,6	54,2	73,8	86,8	115,4

NB : La note de calcul des ajustements des pluviométries est jointe en annexes N° 1.

II.1.3. Etude de l'évaporation

Les valeurs de l'évaporation bac relevées à la station synoptique de Ouahigouya entre 1970 et 2002 révèlent l'ampleur de ce phénomène dont la moyenne est de 3684,2 mm.

Les valeurs moyennes mensuelles sont regroupées dans le tableau suivant.

Tableau 1 : Moyennes mensuelles de l'évaporation bac.

Mois	Jan	fév.	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	déc.	Total
Evapo. (mm)	275.6	293,0	356.8	358.8	352.1	300.1	234.4	182.3	180.9	237.2	267.2	265.6	3684

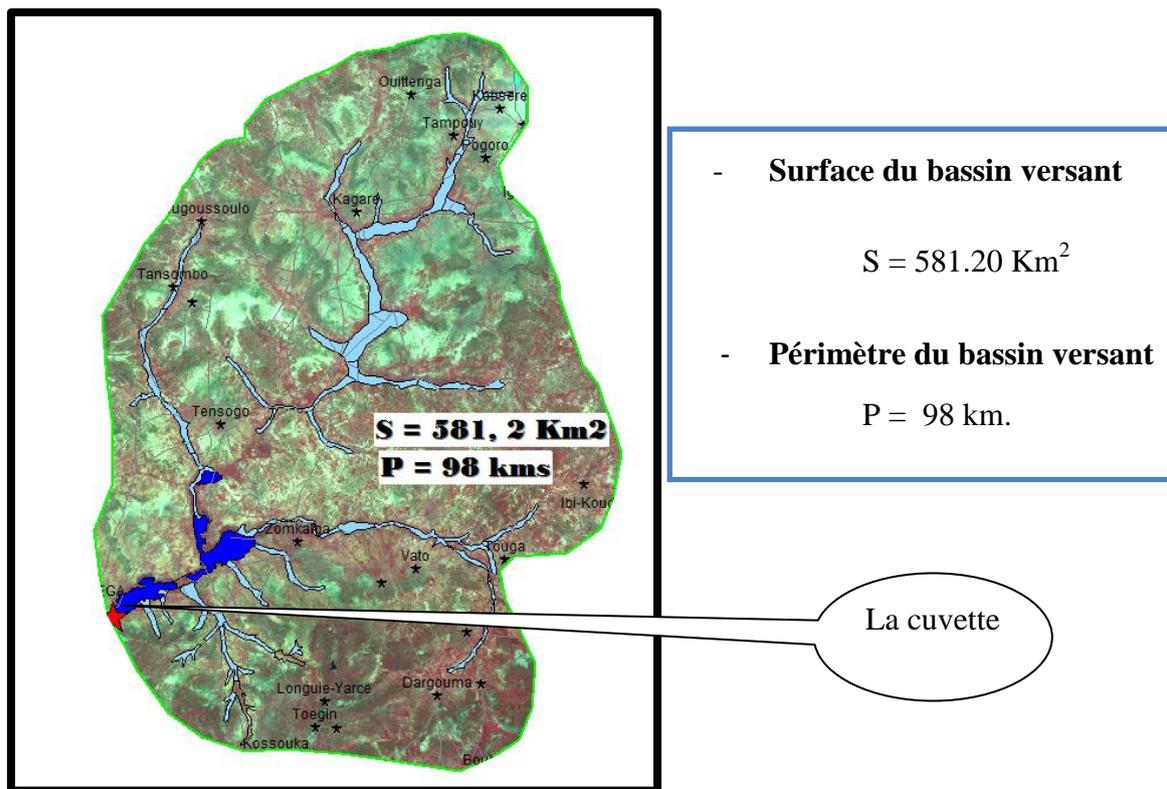
(Source: Direction de la Météorologie Nationale)

CHAPITRE 4 : LES ETUDES DE BASE

I. Hydrologie

I.1. Caractéristiques physiques du bassin versant

Les caractéristiques hydrographiques du bassin versant ont été déterminées par SIG (Mapinfo) de la BNDT du Burkina Faso.



(Source : Zoungrana D. et al.)

Figure 2 : Délimitation du bassin versant

- Indice global de pente

C'est un indice qui caractérise le relief du bassin versant. Il est défini par la formule suivante : $I_g \text{ (m/km)} = D/L$

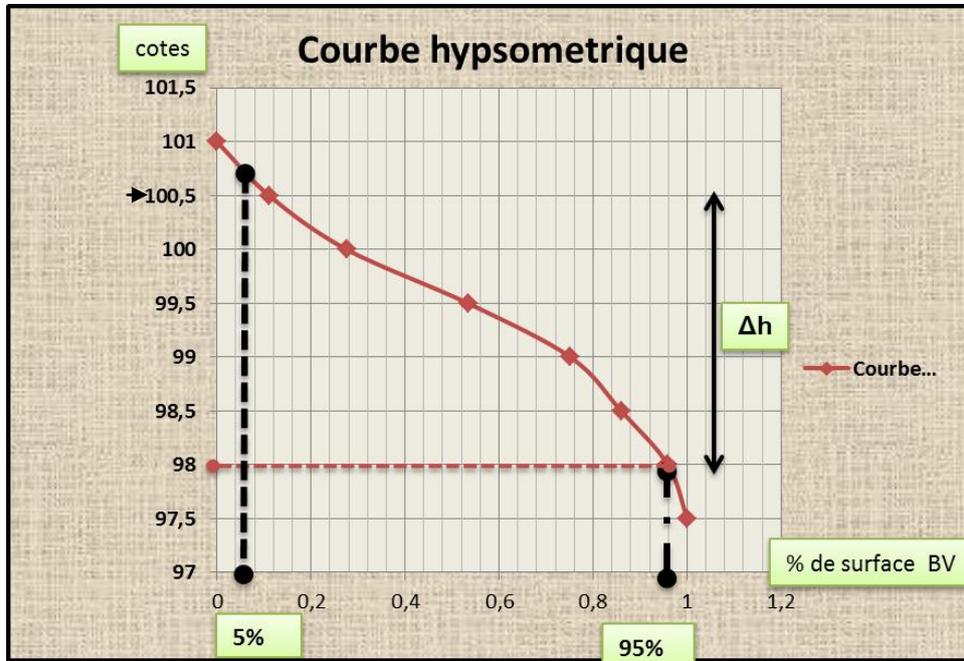
Où :

-D (m) représente la dénivelée séparant les altitudes ayant approximativement 5% et 95% de la surface (Bulletin FAO N°54. 1996). Ces altitudes sont déterminées sur la courbe hypsométrique;

-L est la longueur du rectangle équivalent en km.

- **Courbe hypsométrique du bassin versant**

La courbe hypsométrique (figure 3) est la répartition de la surface du bassin versant en fonction de l'altitude. Le tableau 3 ci-dessous résume le pourcentage des surfaces partielles cumulées.



(Source : Zoungrana D. et al.)

Figure 3 : Courbe hypsométrique

Tableau 2 : récapitulatif des paramètres de la courbe hypsométrique

95% =	98	m
5% =	100,75	m
Δh =	2,75	m
L =	3,63678955	km
Ig=	0,75616143	m/km

- **Indice de compacité**

C'est un coefficient de forme correspondant au rapport du périmètre du bassin à celui d'un cercle de même superficie. On le détermine par la formule de

Graveluis :

$$I_c = 0,282 * P * S^{-0.5}$$

$$I_c = 1,1$$

- **Longueur du rectangle équivalent**

C'est un rectangle qui a la même superficie, le même indice de compacité et la même distribution hypsométrique que le bassin versant.

$$L = (P + (P^2 - 16 S)^{0.5}) / 4 \quad \text{d'où } L = 28,86 \text{ km}$$

- **Classe de perméabilité**

Compte tenu des caractéristiques physiques, géologiques et pédologiques du site, son indice d'infiltrabilité est de classe P3 (relativement imperméable).

- **Classe du bassin en fonction de la pente**

Le bassin versant est de la classe R3 (pente modérée comprise entre 0.5% à 1%) (AUVRAY C. et RODER J. 1965).

Tableau 3 : récapitulatif des paramètres essentiels du bassin versant

Paramètres	Unité	Symboles	Valeurs
Superficie	Km ²	S	581.20
Périmètre	Km	P	98.00
Indice global de pente	m/km	I _g	0.75
Long. Rectangle équivalent	Km	L _r	28.86
Indice de compacité	—	I _c	1.15
Classe de perméabilité	—	P3	—
Classe de pente	—	R3	—

I.2. Estimation de la crue décennale

La crue décennale est la crue que l'on risque d'observer en moyenne tous les dix. Dans le cadre de notre projet, la crue décennale a été déterminée par deux méthodes qui sont validées en zone sahélienne et zone tropicale sèche (*Bulletin FAO N°54. 1996*).

I.2.1. Méthode ORSTOM

Cette méthode a été mise au point à partir de 65 bassins versants de superficie inférieure à 120 km² ont une trentaine en zone soudano-sahélienne. La méthode ORSTOM s'applique théoriquement à toute l'Afrique de l'Ouest (entre 150 et 1600 mm de pluie annuelle).

- Coefficient d'abattement de Vuillaume

$$A = 1 - (((161 - 0,042 * P_{an}) / 1000) * \log S)$$

$$P_{an} = 640.056 \text{ mm et } S = 581.20 \text{ km}^2 \text{ on a } A = 0,63$$

- Coefficient de ruissellement

$$I_g = 0.75 \text{ ‰ inférieur à } 3 \text{ ‰}$$

Le calcul du coefficient de ruissellement donne :

pour $I_g = 3 \text{ ‰}$ En régime sahélien, on a :

$$K_{r70}(I_g 3) = (164 / (581.20 + 17)) + 10,5 = 10,77 \%$$

$$K_{r100}(I_g 3) = (250 / (581.20 + 20)) + 12 = 12,42 \%$$

Par interpolation entre K_{r70} et K_{r100} , nous avons le coefficient de ruissellement

$$\underline{K_r(P_{10} = 86,8 / I_g 3) = 11,69 \%$$

- Temps de base

$$\text{Pour } I_g = 3 \text{ ‰ et } S > 7 \text{ km}^2, \text{ on a: } T_{b10} = 250 \times S^{0,35} + 300$$

$$\text{Soit } T_{b10}(I_g 3) = 250 \times S^{0,35} + 300 = 250 \times 581.20^{0,35} + 300 = 2620 \text{ mn}$$

- Temps de montée

De même pour $I_g = 3 \text{ ‰}$ et $S > 11 \text{ km}^2$, on a : $T_{m10} = 100 \times S^{0,35} + 75$

Soit $T_m(Ig3) = 100 \times 581.20^{0,35} + 75 = 1003 \text{ mn}$

Le débit de pointe dû au ruissellement retardé est donné par la formule suivante :

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

Tableau 4 : récapitulatif du débit décennal ruisselé par méthode ORSTOM

A	P ₁₀	K _{r10}	S	α ₁₀	T _{b10}	T _{m10}	Q _{r10}	Q ₁₀
0,63	86,8 mm	11,69 %	581.20 km ²	2,6	2620 mn	1003 mn	61.45 m ³ /s	63.3 m³/s

$$Q_{r10} = 0,63 \times 86,8 \times 0,1169 \times 581.20 \times 10000 \times 2,6 / (2620 \times 60) = 61.45 \text{ m}^3 / \text{s}$$

Le débit de pointe dû au ruissellement est majoré du débit d'écoulement retardé pour estimer le débit de pointe maximal total décennal.

En zone sahélienne et pour un indice d'infiltrabilité RI, on considère que

$$Q_{10} = 1,03Q_{r10}$$

I.2.2. Méthode CIEH

La méthode CIEH propose plusieurs régressions pour le calcul des débits de crue décennale; deux (2) formules ont été retenues après examen de quatre (4) régressions favorables. Le critère de choix était la qualité de la corrélation, puis le nombre d'échantillon ayant permis la détermination de la régression. Les résultats issus des régressions retenues sont :

$$\text{N}^\circ 12 : Q_{10} = 0,095 \times S^{0,643} \times I_g^{0,406} \times K_{r10}^{1,038}$$

$$\text{N}^\circ 39 : Q_{10} = 0,410 \times S^{0,425} \times K_{r10}^{0,923}$$

Tableau 5 : récapitulatif du débit décennal par la méthode CIEH

régression	a	s	I _g	P _{an}	P _{m10}	K _{r10}	Dd	Q ₁₀ (m ³ /s)
12	0,095	0,643	0,406	-	-	1,038	-	75,86
39	0,410	0,425	-	-	-	0,923	-	59,79

La valeur moyenne des deux régressions correspond à : $Q_{10} = 67,82 \text{ m}^3/\text{s}$

Les deux résultats étant proches l'un de l'autre, la moyenne des deux méthodes sera considérée pour l'évaluation de la crue de projet : $(61,45+67,82)/2 = \underline{64,65 \text{ m}^3/\text{s}}$

I.2.3. Crue du projet

La crue du projet est la crue contre laquelle l'on choisit de protéger les ouvrages projetés sur le site (*Compaoré M.L. 1996*). Il s'agit donc de la crue qui servira de base au dimensionnement de tous les ouvrages hydrauliques.

Concernant les méthodes CIEH et ORSTOM, la crue décennale ci-dessus déterminée, peut être adoptée comme crue de projet. Cependant, il est généralement conseillé d'appliquer à cette valeur un facteur de sécurité qui est fonction du niveau des investissements prévus et des risques encourus par les populations et les infrastructures situées en aval en cas d'accident sur les ouvrages projetés. Aussi, il a été retenu comme coefficient de sécurité $C = 2$. Cette valeur est comprise dans un intervalle généralement adopté pour les petits barrages (*GRESILLON J.M. 1976*),

d'où $Q_{\text{projet}} = Q_{10} \times 2$ soit $Q_{\text{projet}} = 64,65 \times 2 = 129,30$ arrondi à $130 \text{ m}^3/\text{s}$.

$$\underline{\underline{Q_{\text{projet}} = 130 \text{ m}^3/\text{s}}}$$

- Hydrogramme de crue

L'hydrogramme de la crue de projet est donné par l'hydrogramme schématique en tronçons linéaires proposés par GRESILLON, HERTER et LAHYAYE. Cet hydrogramme en trois (03) tronçons linéaires est construit à partir des paramètres suivants :

- ✓ le temps de base $T_b = 2620 \text{ mn}$
- ✓ le temps de montée $T_m = 1003 \text{ mn}$

Le changement de pente de la décrue s'effectue à un débit Q_d dit débit de discontinuité défini par la formule suivante :

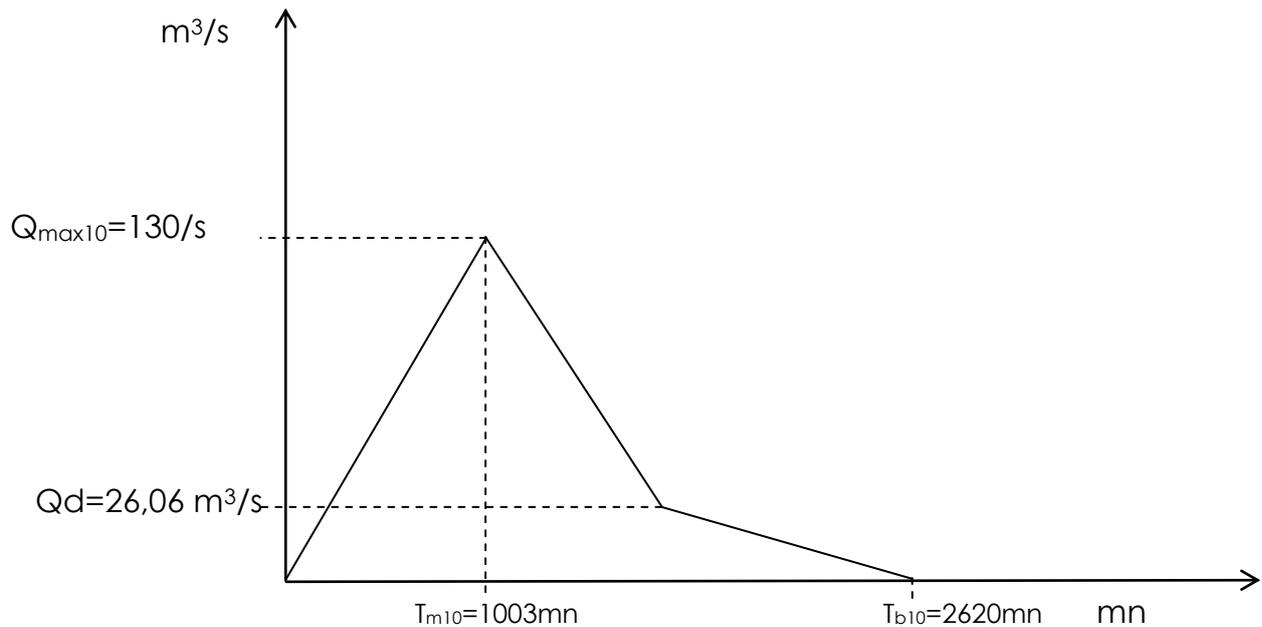
$$Q_d = 2 T_{b10} - \alpha_{10} T_{m10}$$

$$----- = ---- \times -----$$

$$Q_{proj} = \alpha_{10} T_{b10} - 2T_{m10}$$

où α_{10} = Coefficient d'affinité = 2,6

On a : $Q_d = 26,06 \text{ m}^3/\text{s}$



(Source : GRESILLON, HERTER et LAHYAYE.)

Figure 4 : Hydrogramme de crue

- Laminage de la crue de projet

En général, on ne dimensionne pas un déversoir pour évacuer la totalité de la crue de projet car cela conduit à un surdimensionnement (Ismaila Gueye et Harouna Kaambirri. 2011). En effet, il y a le phénomène de laminage qui fait que la crue qui passe à l'exutoire est moindre par rapport à celle qui arrive à l'entrée de la cuvette.

Nous partons de cette hypothèse et nous procédons au laminage par la méthode dite du coefficient X_0 ou de l'EIER – CIEH sur la base d'une lame d'eau de 0,70 m. A la septième itération, la convergence intervient avec $\beta = 84,60\%$ et on obtient une crue laminée $Q_{laminé} = 110 \text{ m}^3/\text{s}$ et $L_{déversoir} = 106 \text{ m}$.

(Voir notes de calculs en annexe)

I.3. L'EVACUATEUR DE CRUE

En générale, les évacuateurs de crue sont des dispositifs de sécurité placés dans les barrages pour assurer convenablement l'évacuation des trop-pleins et leur restitution adéquate dans le « thalweg » en aval. Ce trop-plein est calculé sous forme de crues exceptionnelles (*Compaoré M.L. 1996*). Les évacuateurs sont donc nécessaires pour que les ouvrages ne soient pas endommagés par des déversements non contrôlés. Un évacuateur de crue est constitué de deux parties principales :

- ✓ un organe de contrôle du débit : le déversoir ;
- ✓ un dissipateur d'énergie installé au pied du coursier.

Le calcul de laminage donne un débit laminé ($Q_{\text{laminé}}$) de 110 m³/s et une longueur de déversoir de 106 m pour une hauteur d'eau de 0,70 m.

La dénivelée entre la cote de la digue (101,77m) et celle du déversoir (100,50m) est de 1,27 m. La lame d'eau étant de 0,70 m, il reste 0,57 m comme revanche ; ce qui est une valeur généralement admise pour les petits barrages en terre au Burkina Faso.

I.3.1. Le bassin de dissipation

Le bassin de dissipation permet de dissiper l'énergie de l'eau de déversement et d'éviter les affouillements dangereux à l'aval du barrage. Il est caractérisé par sa largeur l , sa longueur L et sa profondeur D .

✓ *La longueur du Bassin*

La longueur du bassin de dissipation doit être au moins égale à la longueur du seuil déversant. Pour respecter donc cette règle tout en minimisant les coûts de l'ouvrage, on suggère donc que la longueur du bassin de dissipation soit égale à la longueur du déversoir.

Longueur du bassin de dissipation : **$L = 106 \text{ m}$**

✓ *La largeur du bassin*

La largeur (l) du bassin de dissipation doit être telle que le ressaut de l'eau de chute soit totalement absorbée dans la fosse.

La largeur du bassin de dissipation : **$l = 3.20 \text{ m}$**

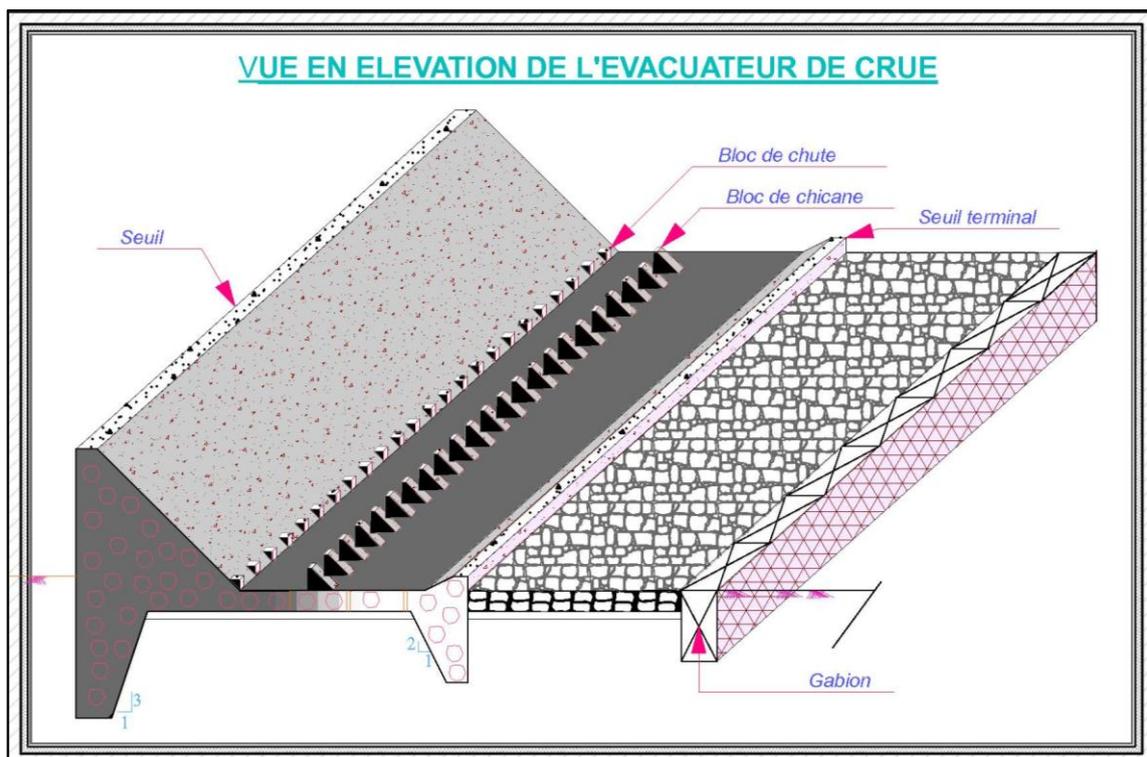
✓ *La profondeur du bassin*

La profondeur du matelas d'eau dans la fosse dépend de la hauteur de la lame déversant **H**, de la hauteur du déversoir par rapport au terrain naturel **H₀**, de la profondeur de la fosse **D** et de l'épaisseur de la lame d'eau dans le lit aval **Y_n**.

La profondeur du bassin de dissipation : **D = 0.20 m**

I.3.1. Les blocs de chute et blocs de chicane

Les blocs de chute et les blocs de chicane sont des dispositifs sur le bassin de dissipation qui freine l'écoulement dans ce tronçon afin de le maintenir dans la largeur du bassin.



Source : Zoungrana D. et al.

Figure 5 : Vue en élévation de l'évacuateur de crue

I.4. Evaluation des apports en eau

Les volumes des apports liquides annuels du bassin versant au droit du barrage sont estimés par la formule suivante:

$$V = K_e \times S_{bv} \times P$$

Avec

- P : pluviométrie annuelle
- S_{bv} : superficie du bassin versant
- K_e : Coefficient d'écoulement.

Le manque de relevés hydrométriques rend difficile et très aléatoire l'estimation de l'écoulement annuel d'un bassin-versant à un exutoire considéré. Les coefficients d'écoulement utilisés sont ceux déterminés à partir de l'étude réalisée par l'ORSTOM dans la région de Tikaré qui est distant de 32 Km du site de Séguénéga, dans l'ouvrage 'Evaluation de l'écoulement annuel dans le sahel tropical africain ;1975.

Il est à noter que les hydrologues conviennent que :

- K_e quinq sèche = 0,5 à 0,75 k_e (coef d'écoulement annuel)
- K_e déc humide = 1,7 à 2 k_e .

Ainsi par analogie et par extrapolation, nous retiendrons pour le barrage de Séguenega les coefficients d'écoulements suivants :

- année moyenne K_e = 3,0%
- année décennale humide K_e = 5,1 %
- année décennale sèche..... K_e = 2 %
- année quinquennale humide K_e = 3,5 %
- année quinquennale sèche..... K_e = 2,5 %

L'application de la formule des apports citée plus haut permet d'avoir les données suivantes :

- année moyenne : 11 159 040 m³
- année décennale humide : 18 970 368 m³
- année décennale sèche..... : 7 439 360 m³
- année quinquennale humide : 13 018 880 m³
- année quinquennale sèche..... : 9 299 200 m³

En considérant les volumes écoulés calculés, nous nous rendons compte que la retenue se remplira même en années quinquennale sèche et décennale sèche.

I.5. ETUDE DE LA RETENUE

I.5.1. Courbe hauteur – volume – surface

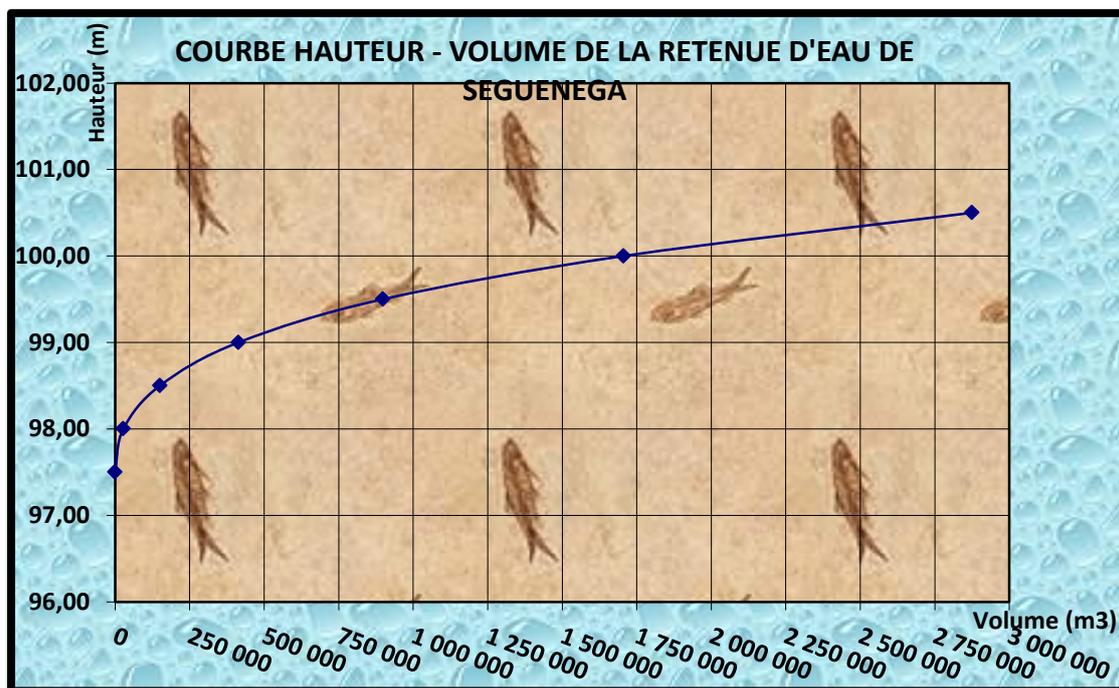
Le tableau suivant donne les éléments caractérisant le volume et la surface de la cuvette à différents niveaux d'altitude. La superficie totale du bas-fond (projection horizontale) à sa côte la plus élevée 100,5m est de 271,18 ha et le volume correspondant est de 2 875 000 m³.

L'ancien déversoir étant calé à la côte 100, la quantité d'eau retenue est de 1 700 000 m³.

Afin d'augmenter la capacité de la retenue, le nouveau déversoir sera calé à la cote 100,50 d'où une quantité d'eau à retenir de 2 875 000 m³

Tableau 6 : données hauteur - volume - surface de la retenue d'eau de Séguénéga

Cote (m)	Surface (ha)	Volume cumulé (m ³)
97,50	00	00
98,00	11,10	27 750
98,50	38,02	150 550
99,00	67,39	414 075
99,50	126,48	898 750
100,00	196,43	1 706 025
100,50	271,18	2 875 050



(Source : Zoungana D. et al.)

Figure 6 : Courbe – Hauteur - Volume

I.6. Evaluation des pertes

Le plan d'eau que constituera la retenue subira un certain nombre de perte. Leur évaluation permettra de déterminer par la suite le volume net de la retenue ou de simuler l'utilisation des eaux stockées.

I.6.1. Pertes par évaporation et par infiltration dans la cuvette

Plusieurs méthodes de calcul permettent d'approcher les valeurs de l'évaporation que subit un plan d'eau libre.

Dans notre cas nous retenons la méthode de BERNARD POUYAUD basée sur des travaux de recherche sur le lac Bam de Kongoussi. Il préconise que l'évaporation sur les plans d'eau libre peut être considéré comme représentant 70 à 75% des valeurs de l'évaporation lue sur le bac "A".

$$E_{\text{Lac}} = 0,75 \times E_{\text{Bac}} \quad \text{avec}$$

E_{Lac} : l'évaporation de la nappe d'eau libre ;

E_{Bac} : l'évaporation du bac classe A.

Ainsi les valeurs de l'évaporation à considérer pour la retenue de Séguénéga sont celles du tableau ci-dessous.

En ce qui concerne l'infiltration, sa valeur ira en décroissance, compte tenu des dépôts d'éléments fins qui viendront année après année colmater la cuvette. Il est souvent conseillé de retenir pour l'évaluation des pertes par infiltration des valeurs situées entre 2 mm/j et 3 mm/j . Nous retenons la valeur de 2 mm/j ; ce qui donne des pertes mensuelles variant entre 60 mm à 62 mm.

Le tableau suivant donne les pertes par évaporation et infiltration :

Tableau 7 : Pertes en eau de la retenue de Séguénéga

	janv.	févr.	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	Total
Nombre de jours/mois	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	
Evap Bac (mm)	275.6	293.0	356.8	358.8	352.1	300.1	234.4	182.3	180.9	237.2	267.2	265.6	2947.2
Evapo retenue (mm)	206,7	219,8	267,6	269,1	264,08	225,08	175,8	136,73	135,68	177,9	200,4	199,2	2210,4
Infiltration (mm)	62	56	62	60	62	60	62	62	60	62	60	62	730
Pertes	268,7	275,8	329,6	329,1	326,08	285,08	237,8	198,73	195,68	239,9	260,4	261,2	2940,4

1.6.2. Pertes par dépôt solide

L'eau de ruissellement entraîne avec elle, des matériaux solides qu'elle arrache sur son parcours. Ces matériaux se déposent dès que la vitesse de l'eau devient inférieure à un seuil donné.

L'envasement de la retenue est dû aux apports solides provenant de divers types de sols transportés par l'eau de ruissellement. Les apports solides sont déterminés par les formules de GOTTSCHALK et de GRESILLON (*GRESILLON J.M. 1976*).

- *Formule de Gottschalk*

$$D = 260 \times S^{-0,1} \text{ et } V = D \times S$$

Avec D = dégradation spécifique

S = superficie du bassin versant (km²)

V = apports solides

- *Formule du CIEH- EIER*

$$D = 700 \times (P/500)^{-2,2} \times S^{-0,1} \text{ et } V = D \times S$$

Avec D = dégradation spécifique

S = superficie du bassin versant (km²)

P = pluviométrie moyenne annuelle

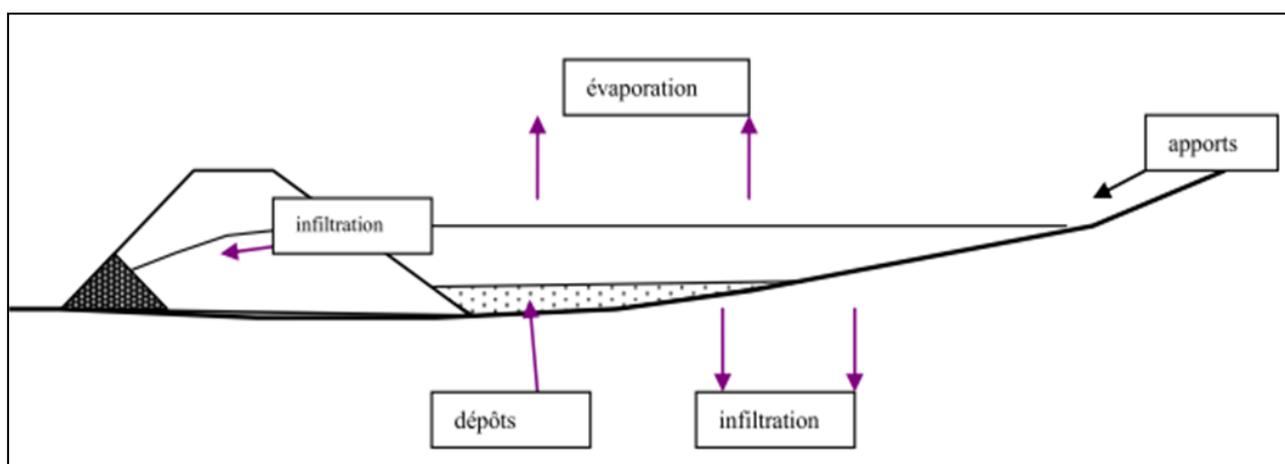
V = apports solides

Les apports solides sont déterminés par les formules de GOTTSCHALK et de GRESILLON (CIEH – EIER).

Ainsi les quantités de sédiments susceptibles de se déposer dans la cuvette sont :

Tableau 8 : Récapitulatif des pertes par dépôt solide

Formule	Valeur (m ³ /an/Km ²)	Sur tout le bassin (m ³ /an)
GOTTSCHALK	137,575401	79 958,82
GRESILLON (CIEH – EIER).	215,1393976	125 039,02
Moyenne	176,3573993	102 498,92



(Source : Zoungrana D. et al.)

Figure 7 : Coupe de la cuvette

II- Simulation de l'utilisation de la retenue d'eau

Pour vérifier l'adéquation du potentiel capacitif de la cuvette avec les besoins en eau théoriques, puis par la suite pour gérer au mieux l'eau disponible en tenant compte des différentes pertes, une simulation de l'utilisation de la retenue est indispensable. On définira donc dans un premier temps, la destination de l'ouvrage, puis dans un deuxième temps, on estimera les besoins en eau (les pertes ayant été estimées ci-dessus).

II.1. Utilisation de la retenue

L'eau de la retenue est utilisée pour divers besoins dont l'abreuvement des animaux et l'agriculture : le maraîchage (en contre saison).

Les besoins en eau sont estimés comme suit :

II.1.1- Estimation des besoins en eau

II.1.1.1 Besoins en eau pastoraux

D'après l'étude socioéconomique, l'estimation du cheptel de la commune est de 55 000 têtes de bétail soit 11000 UBT.

NB : 1 UBT = 5 têtes de petit bétail

Comme la commune dispose de trois (03) plans d'eau, nous allons considérer que seul le tiers (1/3) du cheptel s'abreuve à ce barrage.

Les besoins par UBT sont pris égal à 40 litres par jour

Les besoins pastoraux sont alors de :

$$40 \text{ l/j} \times 11\,000 \text{ UBT}/3 = 147\,000 \text{ litres/j} = 147 \text{ m}^3/\text{j} \text{ soit } 4\,410 \text{ m}^3/\text{mois}$$

Cette consommation ne sera considérée que pendant la saison sèche sur la période de novembre à avril. Pendant l'autre période de l'année, l'eau est disponible un peu partout et les prélèvements sont compensés par les apports dus à la pluie. Durant cette période, la quantité prise en compte sera la moitié de la normale.

II.1.1.2. Besoins en eau agricoles

Les besoins en eau sont évalués en tenant compte de :

- de la surface à irriguer ;
- de la culture elle-même ;
- de l'évapotranspiration potentielle du lieu (ETP).

Les cultures les plus fréquentes en maraîchage sont l'oignon et la tomate. Après simulation, la consommation maximale en eau se situe au mois de janvier lorsque l'on sème en novembre.

La consommation par campagne est de 8200 m³/ha.

La consommation mensuelle de pointe est de 2910 m³/ha.

Le tableau 10 récapitule les besoins en eau des cultures suivant les différents mois.

Tableau 9 : Récapitulatif des besoins en eau

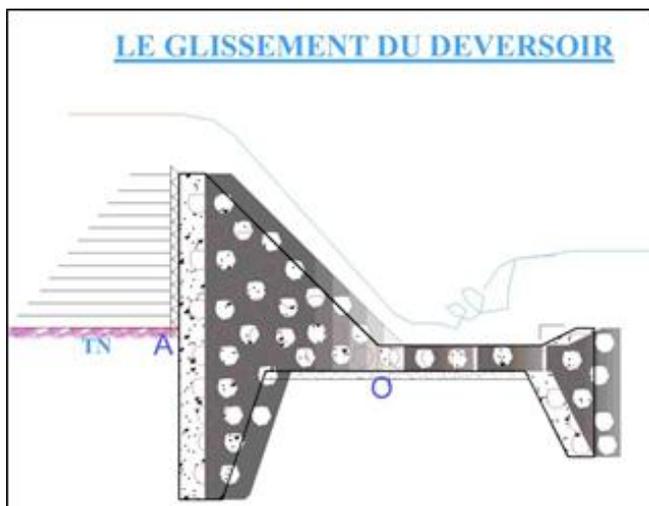
Mois	Nombre de jours/mois	Besoins en eau pastoraux (m3)	Besoins en eau des cultures les plus contraignantes (m3/ha)	
			Riziculture	Maraîchage
Janvier	31	4 557		2910
Février	29	4 263		2460
Mars	31	4 557		
Avril	30	4 410		-
Mai	31	4 557		-
Juin	30	2 205		-
Juillet	31	2 279		-
Août	31	2 279		-
Septembre	30	2 205		-
Octobre	31	4 557		-
Novembre	30	4 410		1040
Décembre	31	4 557		1735

III- Etude de stabilité du déversoir poids en béton

L'étude de stabilité des déversoirs poids en béton concerne l'équilibre d'ensemble de l'ouvrage. L'ouvrage doit résister au glissement sur la fondation et au renversement, de même que sa stabilité interne : résistance aux contraintes développées dans sa masse doit être assurée (*Compaoré M.L. 1996*).

III.1. Stabilité au glissement

Les forces horizontales telles que la poussée de l'eau et des terres qui s'exercent sur le déversoir tendent à le déplacer vers l'aval. La résistance à ces forces horizontales est offerte par les fondations grâce à leur cohésion (c) et à leur coefficient de frottement ($\text{tg}\varphi$). En général, on néglige la cohésion car c'est une caractéristique variable aléatoire dont la pérennité en milieu saturé n'est pas assurée (



(Source : Zoungrana D. et al.)

Figure 8 : Schémas du glissement du déversoir

Forces horizontales

-poussée de l'eau

$$P'e = \frac{1}{2} \gamma \cdot w \cdot (H + 2h)H$$

$$P'e = 31.69 \text{ KN/ml}$$

-l'action des sédiments

$$PT = \frac{1}{2} \gamma_i h^2 \text{tg}^2\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\phi}{2}\right)$$

$$P_T = 0.4166 \text{ KN/ml}$$

Forces verticales

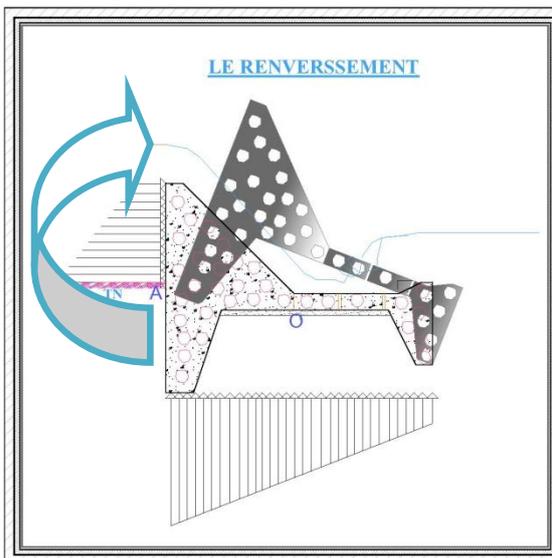
-poids du déversoir : 105.84 KN/ml

-la sous pression : 48.070 KN/ml

$$F = \frac{C.S + \sum (w - u) \text{tg} \varphi}{\sum P} = 1,72 ; \text{ ainsi la stabilité au glissement est assurée.}$$

III.2. Stabilité au renversement

La cause d'une rupture par renversement est l'existence de forces horizontales suffisamment grandes comparées aux forces verticales pour amener la résultante de toutes les forces agissant sur le barrage y compris les forces de sous-pression, en dehors des limites de la surface de base de l'ouvrage. Lorsque la résultante s'approche du pied aval du déversoir, les contraintes de compression dans le béton augmentent rapidement. Ainsi, la rupture par renversement serait précédée et accélérée par une rupture locale par compression du pied aval de l'ouvrage.



En fait, lorsque la résultante passe de façon appréciable à l'extérieur du tiers central de la section de base, une fissure horizontale de traction peut apparaître en amont, ce qui réduit considérablement la résistance au cisaillement et augmente la sous – pression.

(Source : Zougrana D. et al.)

Figure 9 : schémas du renversement du déversoir

Une première approche de l'étude de stabilité au renversement pourrait consister à calculer, par rapport au point B, les moments de forces appliquées (forces motrices et forces résistantes).

On calculerait alors un coefficient de sécurité F défini par :

$$\frac{\text{Moments stabilisants}}{\text{Moments renversants}} \geq 1.5$$

$$\frac{92.86 \text{ KN.m}}{32.80 \text{ KN.m}} = 2.85 ; \text{ d'où la stabilité au renversement est assurée}$$

III.3. Stabilité au poinçonnement

Le poinçonnement consiste à vérifier la règle du tiers central et aussi s'assurer que les contraintes sous la semelle sont inférieures à la contrainte admissible du sol de fondation.

- *Vérification de la règle du tiers central*

$-\frac{b}{6} \leq e \leq \frac{b}{6}$ avec e = excentricité du point d'application de la résultante R par rapport au centre de gravité de la surface de base et $b = 2.3$ m base au sol du déversoir.

$$-0,38 \leq e \leq 0,38$$

$$e = \frac{\Sigma \text{moment}}{\Sigma \text{effort}}$$

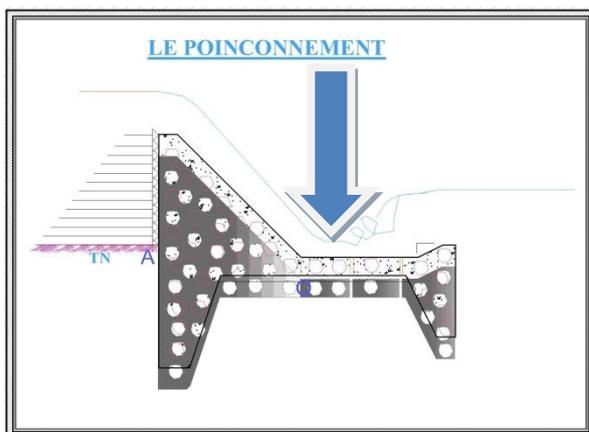
$e = 0,30$ Le barrage est stable au renversement

La contrainte maximale sous la semelle

$$\sigma_{max} = \frac{N}{B} \left(1 + \frac{6e}{B}\right) = 44,80$$

La contrainte minimale sous la semelle

$$\sigma_{min} = \frac{N}{B} \left(1 - \frac{6e}{B}\right) = 5,46$$



(Source : Zougrana D. et al.)

Figure 10 : schémas du poinçonnement du déversoir

-La contrainte admissible du sol

$$q_{adm} = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot N_{\gamma} + C \cdot N_c + \gamma \cdot D \cdot N_q$$

$$q_{adm} = 1316,1 \text{ kN/m}^2$$

-La vérification du poinçonnement

$$\sigma_{3/4} < q_{adm}$$

$$\sigma_{3/4} = \frac{3}{4} \sigma_{max} \rightarrow 33,6 < q_{adm}$$

Le barrage est stable au

Poinçonnement.

IV. Etude topographique

Le rehaussement de la digue ou sa réhabilitation, nécessite la connaissance d'un certain nombre de caractéristiques physiques du bas-fond.

Ainsi, les informations sur la topographie du terrain sont fondamentales pour statuer sur les travaux à entreprendre sur le barrage, le choix et le dimensionnement des ouvrages de l'aménagement.

IV.1. Objectif

L'objectif poursuivi était de vérifier les bornes établies sur le plan de masse de la zone du projet avec des courbes de niveau ainsi que les cotes de calage des ouvrages de protection pour éviter d'éventuelles inondations.

IV.2. Méthodologie et résultats

Les études topographiques ont été conduites selon la méthodologie ci-dessous :

- parcours et notation de la zone à lever indiqués par l'ingénieur du génie rural ;
- pour la cuvette, les études topographiques ont consisté à constater l'existence des bornes de référence indiquée dans le plan de masse et de vérifier leurs côtes.

Ensuite un diagnostic a été fait sur l'étendue du plan d'eau (PHE) en cas de crue maximale prévu et a montré qu'une partie de la ville de Séguénéga sera inondée. Pour cela, bon nombre de solutions ont été envisagés et la solution retenue était de prolonger la digue de protection jusqu'à l'embouchure. Dans ces nouvelles mesures un cheminement et un nivellement ont été faits sur une longueur d'environ 800 ml.

**3ème partie : OBSERVATIONS ET RECOMMANDATIONS
SUR L'APD**

CHAPITRE 5 : OBSERVATIONS ET RECOMMANDATIONS SUR L'APD

I. Observations et recommandations

I.1. Analyse des pluies

L'échantillon de pluie considéré dans l'APD était de la station de Ouahigouya et se limite à la période 1923 à 2001. Nous avons dans un premier temps cherché des données plus proches du site qui sont celles de Séguénéga. Ainsi l'échantillon est le mieux proche des conditions in situ.

-pluie décennale (P10) = 86.8 mm contre 81.32mm dans l'APD

I.2. Les paramètres du bassin versant

-le réseau hydrographique de la zone du projet a été bien localisé dans le bassin versant.
-les caractéristiques morphologiques du bassin ont été déterminées par SIG à partir de la BNDT du Burkina Faso.

-superficie (S) = 581.20 Km² contre 630 km² indiqué à l'APD

-périmètre (P) = 98 Km contre 110 Km dans l'APD

Au regard de la méthode utilisée dans l'APD (planimètre pour la superficie et curvimètre pour le périmètre), sur carte au 1/200 000 : moins précise que par SIG s'expliqueraient ces écarts.

Tableau 10 : Comparatif des paramètres du BV de l'APD et Actualisé

Caractéristique du bassin versant	Unités	Résultats	
		APD	Actualisation
Superficie	Km ²	630	581,2
Périmètre	Km	110	98
Indice global des pentes	-	1,04	0,75
Long du rectangle équivalent	km	38,28	28,86
Indice de compacité	-	1,23	1,15
coefficient de ruissellement	-	11,36	11,69
Temps de base	mn	1686	2620
Temps de monté	mn	1029	1003
Débit calculé	m ³ /s	63,41	64,65
Débit de projet	m ³ /s	127	130

I.3. Le déversoir

Le choix de l'évacuateur de crue a été guidé entre autres par le souci de minimiser le coût de réalisation de l'ouvrage. Le déversoir sera de type seuil poids et aura une longueur de 106 ml. Cependant, au regard des corrections apportées sur la valeur du crue de projet (127 m³/s à APD), la longueur du déversoir est diminuée de 14 ml.

En outre la crue de sécurité de 130m³/s doit être évacuée sans dépassement de la cote de danger.

Il apparaît alors que déversoir tel que proposé par l'APD est surdimensionné pour évacuer la crue de projet.

Le bassin de dissipation de l'évacuateur de crue prévue à l'APD ne protège pas l'ouvrage contre le ressaut hydraulique. Ainsi sur le bassin nous proposons des dispositifs comme les blocs de chute et les blocs de chicane pour atténuer le phénomène de ressaut.

I.4. Le barrage

Dans le cadre du rehaussement du déversoir du barrage, son étanchéité sera renforcée avec un remblai argileux le long du talus amont jusqu'à la côte existante.

Pour cela le perré sec sera entièrement déposé. Au pied amont de la digue existante, une tranchée d'ancrage de 1,50 m de profondeur en rive droite et au voisinage du nouveau déversoir sera réalisée. En rive gauche, elle aura une profondeur de 2,50 m.

De même un remblai argileux de 1,5 m de large sera réalisé en redans sur le talus amont jusqu'à la cote actuelle et protégé par une couche de pose surmontée de perré sec. Pour cela, la digue sera d'abord 'tailler' en redans. Ce remblai sera compacté à 95% de l'OPN.

Les teneurs en eau de compactage de la zone d'emprunt identifiée peuvent varier entre -2 et +1 de la teneur en eau à l'OPN. Le compactage se fera par couches de 20 à 25 cm d'épaisseur si le compacteur est du type JV 100 pieds de mouton ou compacteur 815 pieds de mouton.

Une couche de couronnement sera posée sur l'ancienne crête de la digue et la crête du nouveau remblai afin d'avoir une côte uniforme de 101,77 m sur la longueur de la digue ; l'épaisseur de la couche de couronnement varie selon les profils.

Le talus amont sera protégé par du perré sec posé sur une couche de pose 10 cm d'épaisseur. Le talus aval sera nettoyé (les arbres seront coupés) et taillé suivant la pente. Il sera recouvert par une couche de revêtement latéritique 15 cm d'épaisseur.

.

I.5. La digue de protection

Le diagnostic sur la topographie montre qu'en cas de crue de projet de 130 m³/s une partie de la ville de Séguénéga sera inondée (plus de 90 ménages). Pour éviter des sinistres, nous avons proposé que la digue de protection soit prolongée jusqu'à une embouchure (sur environ 800 m), contraignant les eaux à contourner les habitations. Ce tronçon sera calé à la côte 101.25 en vue de minimiser les coûts supplémentaires. Pour l'ancienne digue de protection, la couche de la crête sera enlevée et un remblai argileux sera posé sur l'ancien remblai après un léger décapage jusqu'à la côte 101.77. Ce remblai sera compacté à 95% de l'OPN.

Les teneurs en eau de compactage de la zone d'emprunt identifiée peuvent varier entre -2 et +1 de la teneur en eau à l'OPN. Le compactage se fera par couches de 20 à 25 cm d'épaisseur si le compacteur est du type JV 100 pieds de mouton ou compacteur 815 pieds de mouton.

Après le compactage, les protections des talus seront complétées jusqu'à la nouvelle crête et la couche de couronnement sera reprise. Elle aura une épaisseur de 20 cm.

I.6. Evaluation du coût de la réhabilitation du barrage de Séguénéga

Le montant des travaux de réhabilitation du barrage de Séguénéga s'élève à Quatre cent cinquante-quatre million quatre cent soixante-quatorze mille deux cent vingt-sept Sept (454 474 227) francs CFA TTC. Ce montant est un montant net d'impôts, de droits et de taxes, que nous avons estimés par ailleurs à soixante-neuf million trois cent vingt-six cinq cent soixante-dix-sept (69 326 577) francs CFA.

Tableau 11 : Récapitulatif du coût du projet

RECAPITULATIF GENERAL DU MARCHÉ DE SEGUENEGA	
Montant du marché de base (F. CFA HT-HD)	336 894 600
Montant de l'avenant projeté (F. CFA HT-HD)	48 253 050
Nouveau montant du marché (FCFA HT-HD)	385 147 650
Taxes sur la valeur ajoutée	69 326 577
Montant total TTC	454 474 227

CHAPITRE 6 - ETUDES D'IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT

I. Caractéristiques du site

Le barrage est un ouvrage dont les alentours immédiats en aval comme en amont sont fortement exploités à des fins agricole et arboricole sans aménagement hydro agricole.

La végétation présente est fortement dominée par les arbres fruitiers des vergers notamment les manguiers aussi bien en amont qu'en aval et quelques *Acacias*. En aval on rencontre quelque *Mitragyna inermis*, sous forme de relique.

Le barrage abrite un peuplement de crocodiles estimé à plus de 200 individus protégés par la population. La présence d'un boa sacré est signalée dans les abords de l'aval du barrage.

La faune halieutique est présente mais difficilement quantifiable car l'exploitation n'est pas organisée. Les eaux du barrage sont utilisées pour satisfaire divers besoins dont l'abreuvement du bétail, l'orpaillage, et la confection de briques.

II. Résultats de l'étude

Le présent paragraphe présente les résultats de la notice d'impact sur l'environnement du projet de réhabilitation du barrage et de réalisation d'un périmètre hydro agricole à Séguénéga.

Les résultats sont présentés en tenant compte des sources des impacts qui pourraient être induites par l'exécution du projet avant de proposer une synthèse globale des impacts du projet.

Les effets sont appréciés en prenant notamment en compte leur nature, leur importance et leur durée. Cette analyse a permis d'aboutir à une appréciation des effets du projet sur l'environnement physique et biophysique, humain et social de la réhabilitation de la digue et de la réalisation du périmètre hydro agricole à Séguénéga. Cet exercice d'analyses et de prévisions couvre aussi bien l'étape de chantier de reconstruction de la digue et du périmètre hydro agricole que celle de l'exploitation des ouvrages par les bénéficiaires.

II.1. Les impacts sur l'Environnement induits par le projet

Composantes Environnementales	Construction de la retenue et du périmètre	Exploitation de la retenue et du périmètre
Sols	Déstructuration du sol	Inondation de sols cultivables
Végétation	Destruction de l'habitat de la faune	Inondation de végétation, développement de l'arboriculture
Eaux de surface	Nul	Augmentation du volume d'eau disponible
Eaux souterraines	Nul	Amélioration du niveau de la nappe phréatique
Population	Génération d'emplois et de revenus Augmentation temporaire de la densité de la population	Développement d'activités sociales et économiques
Santé humaine	Accident de chantier, Propagation de MST/VIH SIDA	Développement de maladies hydriques
Habitat	Nul	Nul
Élevage	Nul	Développement de l'élevage,
Agriculture et habitudes culturelles	Nul	Développement de l'arboriculture
Gestion du reste du terroir	Nul	Nul
Villages voisins	Nul	Nul

II.2. Analyse des impacts significatifs du projet

Composantes	Impacts identifiés	Évaluation de l'impact identifié
Environnementales		
Sols	Déstructuration de sols	Impact négatif, moyen, certain, durable
Végétation	Développement de l'arboriculture	Impact positif, moyen, certain, durable,
Population	Génération d'emplois et de revenus,	Impact positif, moyen, certain, durable, court terme
Santé humaine	Accident de chantier	Impact négatif, mineur, probable, réversible, immédiat, évitable partiellement
	Propagation de MST/VIH SIDA	Impact négatif, moyen, probable, réversible, immédiat, évitable partiellement
Élevage	Développement de l'élevage	Impact positif, majeur, probable, durable, court terme,
Eaux de surface	Amélioration de la disponibilité en eau de surface	Impact positif, majeur, certain, immédiat, court terme
Eaux souterraines	Amélioration du niveau de la nappe phréatique	Impact positif, moyen, certain, durable, long terme,
Agriculture et habitudes culturelles	Développement de l'arboriculture fruitière	Impact positif, moyen, durable, long terme
	Développement de la pisciculture	Impact positif, moyen, certain, durable, long terme

II.3. Mesures de mitigation/renforcement des impacts significatifs du projet

Composantes Environnementales	Impact identifié	Résumé de l'impact	Mesures de mitigation des impacts	Coût estimé des mesures de mitigation	Responsabilité dans la mise en oeuvre
Sols	Déstructuration de sols	Impact négatif, moyen,	Aménagement des sites d'emprunt en boulis ou rebouchage après extraction du matériau	Cette mesure n'engendrera pas de coûts spécifiques au projet	Service local de l'environnement
Végétation	Développement de l'arboriculture	Impact positif, moyen,	Éviter autant que possible le terrassement d'arbres pendant les travaux, en raison de l'érosion forte	Cette mesure n'engendrera pas de coûts spécifiques au projet	Service local de l'Environnement
Population	Génération d'emplois et de revenus,	Impact positif, moyen,	Employer autant que possible la main d'œuvre locale dans l'exécution des travaux	Cette mesure n'engendrera pas de coûts spécifiques	Maître d'ouvrage
Santé humaine	Accident de chantier	Impact négatif, mineur, probable,	Sensibiliser la population et les ouvriers sur les normes de sécurité sur le chantier et les appliquer	Cette mesure n'engendrera pas de coûts spécifiques dans sa mise en œuvre.	Entreprise et représentant de la population pendant l'installation du chantier
	Propagation de MST/VIH SIDA	Impact négatif, moyen, probable,	Sensibiliser la population et les ouvriers sur l'existence de ce risque.	100.000 1 séance d'animation sur le SIDA (chantier /village)	Service local de santé à l'installation du chantier.

Élevage	Développement de l'élevage	Impact positif, majeur,	Action à soutenir par l'amélioration de la santé animale qui sera menacée par la concentration des troupeaux locaux et transhumants par la conduite de séances de vaccination du bétail	Cette mesure n'engendrera pas de coûts spécifiques dans sa mise en œuvre.	Service local de l'élevage
Eaux de surface	Amélioration de la disponibilité en eau de surface	Impact positif, majeur, certain,	Conduire des séances de sensibilisation des bénéficiaires sur la nécessité d'une gestion durable de la ressource par l'application de bonnes pratiques d'utilisation de l'eau à travers un comité de gestion de l'eau	200.000 (Séances de sensibilisation)	Service local de l'agriculture ou prestataire en collaboration avec le CLE (Comité Local de l'Eau)
Agriculture et habitudes culturelles	Développement de l'arboriculture fruitière	Impact positif, moyen,	Soutenir les actions individuelle et collective pour l'arboriculture notamment fruitière (notamment la pépinière locale existante)	300.000 (Appui en intrants de production)	Responsabilité individuelle de particuliers intéressés par l'activité
	Développement de la pisciculture	Impact positif, moyen,	Activité à initier et à développer en profitant du plan d'eau	Cette activité sera à développer en fonction des potentialités de la retenue.	Service local de l'environnement et le groupement de pêcheurs

L'ensemble des coûts des mesures de renforcement et d'atténuation des impacts du projet sont estimés à six cent mille (600 000 F CFA). Ces coûts ne comportent que des frais de prise en charge du personnel technique local qui aura à intervenir dans la mise en œuvre des mesures de mitigation.

Ce budget très réaliste, la mise en œuvre participative proposée et l'accompagnement de proximité offrent de bonnes perspectives de durabilité au projet.

III. Recommandations

La mise en œuvre du projet de réhabilitation du barrage de Séguénéga et de réalisation d'un périmètre hydro-agricole est d'un grand intérêt pour les populations de Séguénéga et des villages environnants.

Sa mise en œuvre n'engendrera pas sur le plan environnemental, des impacts négatifs significatifs au point de compromettre sa réalisation. L'étude a révélé quelques impacts négatifs moyens dont les mesures de mitigation sont proposées dans le plan de mitigation.

En effet, les impacts de la réalisation de l'ouvrage sont globalement positifs et les bénéfiques sur l'homme et son environnement sont de loin supérieurs aux impacts négatifs prévisibles qui sont mineurs, de portée très limitée et de courte durée.

En raison de l'importance socio-économique de ce projet, nous recommandons fortement la mise en œuvre de ce projet sous réserve d'une application des mesures de mitigation proposées dans le cadre de la présente étude.

CONCLUSION

De l'examen du dossier d'APD réalisé par le bureau d'étude, il ressort que les études sont complètes mais ont été faussées en raison des données erronées issues des études de base sur la climatologie et l'hydrologie.

Les études menées par l'actualisation ont permis de corriger les données hydrologiques puis d'améliorer la sécurité du barrage contre les crues. Le phénomène du laminage a permis de diminuer la longueur du déversoir.

La prise en compte de différentes corrections entraîne une augmentation d'environ 14% du coût prévisionnel facturé par l'entreprise.

On note cependant que le devis du DAO ayant servi au choix de l'entreprise en charge des travaux est différent du cadre de devis de l'APD mais présente par contre de faibles écarts avec les valeurs actualisées. Bien que le montant du marché pourrait s'exécuter dans les prévisions financières règlementaires.

Le dossier d'APD pour la construction du barrage de Séguénéga peut ainsi être validé par l'actualisation, moyennant la prise en compte des corrections et recommandation ci-dessus.

BIBLIOGRAPHIE

Anon.J.Schleiss et Henri Pougatsch. (2011), Traité de Génie Civil; volume 17; ISBN 978-88074-831-9.

AUVRAY C. et RODER J. (1965), Estimation des débits de crues décennales pour les bassins versants de superficie inférieure à 200 km² en Mique Occidentale, ORSTOM, 30 p.

BECOM. (1981), Hydraulique Routière, Ministère français de la coopération et du développement, 342 p., 1981.

Bulletin FAO N°54. (1996), Crues et apports, Manuel pour l'estimation des crues et des apports annuels pour les petits bassins versants non jaugés de l'Afrique sahélienne et tropicale sèche, CIEH - ORSTOM - CEMAGREF.

Compaoré M.L. (Novembre 1996), cours de barrage 2^{ème} édition.

Daniel Lautrin. (2002) ; Vieillessement et réhabilitation des petits barrages en terres ; Camagref édition ISBN 2-85362-597-4.

DURAND J.M. (Janvier 1995), petits barrages et digues déversantes pour l'aménagement rural.

Dysli M. (1991), Le gel et son action sur les sols et les fondations, Compléments au traité de génie civil, Presses polytechniques et universitaires romandes, (Vente des cours EPFL).

Ernest P.LAUZON et Roger DUQUETTE. (1980), Topométrie générale ; édition de l'école polytechnique de Montréal, ISBN 2-553-00158-4.

GRESILLON J.M. (1976), "Petits barrages en terre en Afrique Occidentale " - Polycopié de cours EIER, 155p.

Harouna Karambiri et Dial Niang. (2009), cours d'analyses fréquentielle de 2iE, Ouagadougou
Burkina Faso.

Sylvain BERTON. (Février 1988), LA MAITRISE DES CRUES DANS LES BAS-FONDS
(Petits et micro barrages en Afrique de l'ouest).

Ismaïla Gueye et Harouna Kaambirri. (2011), cours de Barrage 2iE, Ouagadougou Burkina
Faso.

Maaccaferri. (2011). les ouvrages hydrauliques cours de 2iE, Ouagadougou Burkina Faso.

M.a.J. par M. CALLAUD. (décembre 2003), COURS DE MECANIQUE DES SOLS, Tome I,
Propriétés des sols

M. Dysli. ed(Mai 1997), Cycle postgrade : Géologie Appliquée à l'Ingénierie et à
l'Environnement ; Module B2-2: Mécanique des sols.

ANNEXE 2 : NOTE DE CALCUL

NOTE DE CALCUL DE LA CRUE DU DEVERSOIR DU BARRAGE DE SEGUENEGA

1- Calcul de l'hydrogramme de la crue

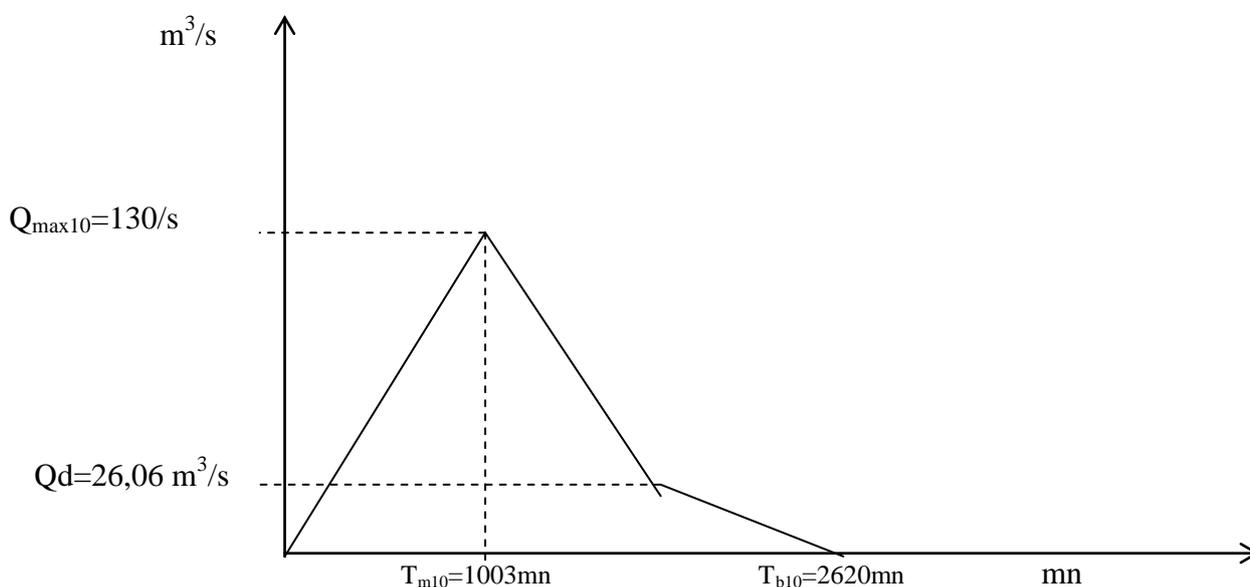
On a $Q_{max10} = 130 \text{ m}^3/\text{s}$ (débit de projet).

Le changement de pente s'effectue au débit Q défini par la relation

$$\frac{Qd}{Q_{max10}} = \frac{2}{\alpha_{10}} \times \frac{T_{b10} - \alpha_{10} T_{m10}}{T_{b10} - 2T_{m10}}$$

Avec $\alpha_{10} = 2,6$ = coefficient de pointe de la crue décennal
 $T_{b10} = 2620 \text{ mn}$
 $T_{m10} = 1003 \text{ mn}$

$$\underline{Qd = 26,06 \text{ m}^3/\text{s}}$$



2- Laminage de la crue

Sans l'effet de laminage, on a :

$$Q_{\max} = m l_1 h \sqrt{2gh} = 127 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\Rightarrow l_1 = \frac{Q_{\max}}{mh \sqrt{2gh}} = \frac{130}{0,40 \times 0,7 \times \sqrt{2 \times 9,81 \times 0,7}} = 125,28$$

avec une lame d'eau de 0,7 m au-dessus du déversoir.

Nous utiliserons la méthode dite du « coefficient X_0 ou méthode EIER – CIEH.

$$\text{On a } X_0 = \frac{m^2 g L^2 Q_{\max} T_m^3}{s^3}$$

- l_1 = longueur approchée du déversoir (m)
- s = surface du plan d'eau (m^2)
- $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$
- m = coefficient de débit de l'évacuation = 0,4
- T_m = temps de montée des eaux en seconde

A.N $X_{01} = 25,55$

$$\log_{10} X_{01} = 1,40$$

$$\Rightarrow \beta_1 = 84,07 \%$$

$$Q_{\text{emax}} = 84,07\% * Q_{\max} = 109,29 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\Rightarrow l_2 = \frac{109,29}{0,4 * 0,7 \sqrt{2 * 9,81 * 0,7}} = 105,32 \text{ m}$$

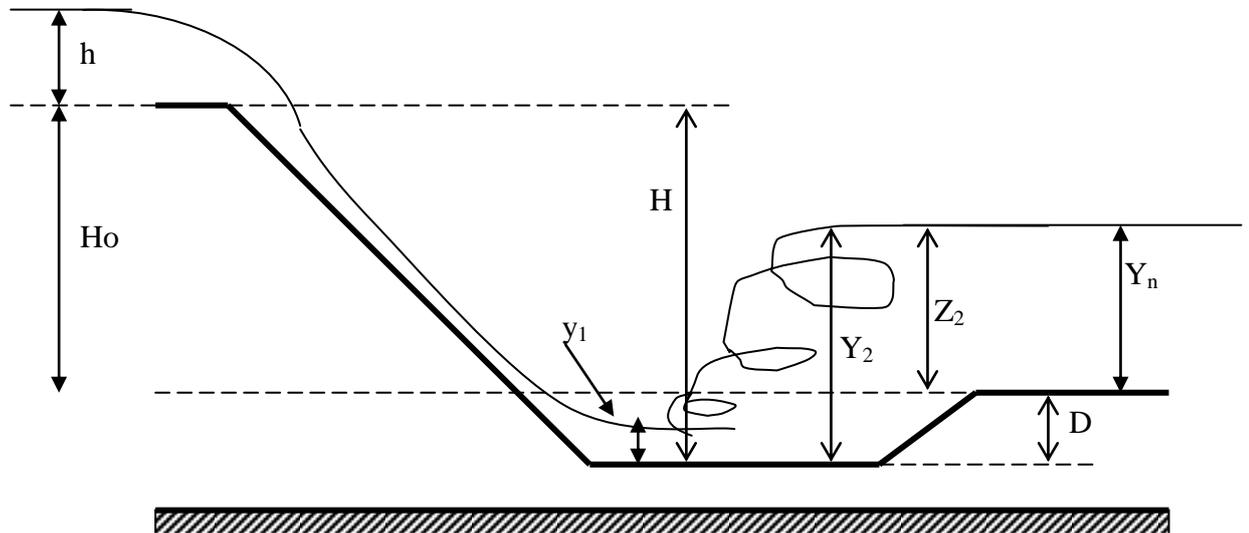
Les résultats du laminage et des valeurs résultants des itérations et interpolations sont regroupés dans le tableau suivant :

i	X_{0i}	Log₁₀(X_{0i})	β_i	Q_{maxi}	L_i
1	35,001	1,544	85,44%	111,07	107,04
2	25,55	1,40	84,07%	109,29	105,32
3	24,74	1,39	83,93%	109,11	105,15
4	24,65	1,39	83,91%	109,09	105,1357
5	24,62	1,39	83,91%	109,09	105,1339
6	24,64	1,39	83,91%	109,09	105,1337

Ce qui correspond à un laminage de 83,91%

Ce résultat cadre avec les limites de validités de l'abaque de détermination de l'effet de laminage.

NOTE DE CALCUL DU BASSIN DE DISSIPATION DU DEVERSOIR DU BARRAGE DE SEGUENEGA



1. Caractéristiques

Crue de projet $Q_p = 130 \text{ m}^3/\text{s}$

Débit laminé $q = 110 \text{ m}^3/\text{s}$

Epaisseur de la crête du déversoir $B = 0,3 \text{ m}$

Longueur du déversoir $L = 106 \text{ m}$

Hauteur de la lame d'eau déversante $h = 0.70 \text{ m}$

Hauteur maximale de l'eau à l'amont du déversoir $H_o = 1,8 \text{ m}$

2. Calculs

On assimile le chenal immédiat après le bassin de dissipation à un canal de Bresse

La profondeur normale Y_n (profondeur qui apparaît pour le débit Q et la pente 1 du chenal si l'écoulement était uniforme) se déduit de la formule de Manning-Strickler :

$$Q = K_s * S * R^{2/3} * I^{1/2}$$

$$Q \text{ évacuateur} = 110 \text{ m}^3/\text{s}$$

- R = Rayon hydraulique en m
- 1 = Pente en m/m
- S = Section mouillée en m^2
- K_s = Coefficient de rugosité

La surface du chenal est en béton donc $K_s = 70$ et pour plus d'efficacité, la pente sera très faible donc $I = 0,1\%$.

A l'aide du solveur, on détermine la profondeur normale on a : **$Y_n = 0,64 \text{ m}$**

D'après l'abaque permettant de déterminer l'enfoncement de la fosse de dissipation D en fonction de la profondeur normale et de la hauteur de la lame d'eau au dessus du seuil déversant (voir manuel Technique des petits barrages en Afrique Sahélienne et Equatoriale, page 128).

$Y_n / H_0 = 0,35$ et $h / H_0 = 0,39$ donne $D / H_0 = 0,27$ d'où $D = 0,48 \text{ m}$ soit $D = 0,5 \text{ m}$

Caractéristiques d'entrée du ressaut

- Vitesse au-dessus du seuil V

$$V = Q / (h \times L) = 1,48 \text{ m/s}$$

- Ligne d'eau H_e

$$H_e = h + V^2 / (2 \times g) = 0,82 \text{ m}$$

$$H = H_0 + D = 1,8 + 0,50 = 2,30 \text{ m}$$

- Hauteur de chute Z

$$Z = H_e + H = 3,11 \text{ m}$$

- Profondeur d'eau à l'entrée du bassin de dissipation Y_1

$$Y_1 = Q/L [2 \times g \times (Z - Y_n)]^{0,5} = 0,15 \text{ m}$$

- Vitesse à l'entrée du bassin de dissipation V_1

$$V_1 = Q / (Y_1 \cdot L) = 6,90 \text{ m/s}$$

- Nombre de Froude Fr_1

$$Fr_1 = V_1 / (g \times Y_1)^{0,5} = 5,72$$

Le régime de l'écoulement est torrentiel

Caractéristiques de sortie du ressaut

- Profondeur d'eau conjuguée à la sortie du bassin

$$Y_2 = Y_1 / 2 \times [(1 + 8 \times Fr_1^2)^{0,5} - 1] = 1,13 \text{ m soit } Y_2 = 1,20 \text{ m}$$

- Vitesse à la sortie du bassin V_2

$$V_2 = Q / (Y_2 \times L) = 0,86 \text{ m/s}$$

La condition pour que le ressaut ne quitte pas le bassin de dissipation $Y_2 \leq Y_n + D$ étant vérifiée et

$Fr_1 > 4,5$ avec $V_1 < 15$ m/s nous retenons un bassin de type USBR II ayant des caractéristiques déterminées par un abaque (voir manuel Technique des petits barrages en Afrique Sahélienne et Equatoriale, page 134).

- Longueur du bassin de dissipation L_b

$$L_b / Y_2 = 2,50 \Leftrightarrow L_b = 3,00 \text{ m} \Rightarrow L_b \approx 3,20 \text{ m}$$

- Blocs Chicanes

$$\text{Hauteur : } h_2 / Y_1 = 1,60 \Leftrightarrow h_2 = 0,25 \text{ m} \Rightarrow h_2 \approx 0,3 \text{ m}$$

$$\text{Espacement} = 0,75 \times h_2 = 0,22 \text{ m} \approx 0,20 \text{ m}$$

- Blocs de chutes

$$\text{Hauteur, largeur et espacement : } h_1 = Y_1 = 0,15 \text{ m} \Rightarrow h_1 \approx 0,15 \text{ m}$$

- Seuil terminal

$$\text{Hauteur : } h_4 / Y_1 = 1,25 \Leftrightarrow h_4 = 0,19 \text{ m} \Rightarrow h_4 \approx 0,2 \text{ m}$$

NOTE DE CALCUL DE LA STABILITE DU DEVERSOIR DU BARRAGE DE SEGUENEGA

L'étude de stabilité des barrages poids en béton concerne l'équilibre d'ensemble de l'ouvrage. L'ouvrage doit résister au glissement sur la fondation et au renversement, de même que sa stabilité interne (résistance aux contraintes développées dans sa masse doit être assurée).

I. VERIFICATION DE LA PROFONDEUR D'ANCRAGE

La profondeur d'ancrage du bassin de dissipation est dimensionnée en utilisant la règle de Lane

$$\Sigma L_v + 1/3 L_h \geq C * H$$

L_v = longueur verticaux

L_h = longueur horizontaux

H = charge maximal à l'amont du seuil

C = coefficient de Lane

Dimensions : $H = 1.80$ m et $L_h = 2.1$ m et $C = 2$

$$\Sigma L_v = ?$$

$$\Sigma L_v = 2,90 \text{ m}$$

On prendra une profondeur d'ancrage de 1 m.

II. VERIFICATION DE LA STABILITE

1. Bilan des forces agissant sur le déversoir

1.1. les forces horizontales

a. La poussée de l'eau (P'_e)

$$P'_e = \frac{1}{2} \gamma_w (H + 2h) H$$

- γ_w : le poids volumique de l'eau chargée = 11 KN/m^3

- H : Hauteur du déversoir = 1.80 m

- h : la lame d'eau déversante = 70 cm

$$P'_e = 31.68 \text{ kN}$$

NB Le point d'application de cette force est à 0.73 m du TN

b. La poussée des sédiments saturés

Poussée des sédiments au pied amont du déversoir

Il convient de ne pas négliger les efforts notables de poussées des sédiments pouvant s'accumuler au pied amont du déversoir.

$$P_T = \frac{1}{2} \cdot \gamma_i \cdot h_i \cdot tg^2\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\phi}{2}\right)$$

- γ_i : le poids volumique des sédiments saturés = 10 KN/m³

- h_i : épaisseur de la sédimentation = 50 cm

- ϕ : angle de frottement interne des sédiments = 30°

$$P_T = 0.4166 \text{ KN}$$

NB Le point d'application de cette force est à 0.166 m du TN

La somme des forces horizontales est = 32.09 KN

2. Les forces verticales

a. Le poids propre du déversoir

$$P_p \text{ déversoir} = S \cdot e \cdot \gamma_b$$

- S : section transversale du déversoir = 4.41m²

- e : épaisseur de 1 m

- γ_b : le poids volumique du béton cyclopéen

$$P_p \text{ déversoir} = 105.84 \text{ KN}$$

NB Le point d'application de cette force est à 1.486 m du point O

b. La sous pression

Il s'agit des sous pressions hydrostatiques exercées sur l'assise du déversoir

NB: Les fondations homogènes et isotropes ne sont pas traitées. On admet qu'il y a circulation d'eau d'amont en aval avec une pente linéaire. La sous pression décroît linéairement de la valeur

$-\gamma_w \cdot H$, charge aval

$$-u_1 = \gamma_w \cdot (H + h) = 27.50 \text{ KN}$$

$$-u_2 = \gamma_w \cdot h = 14,30 \text{ KN}$$

Le total de la sous pression est

$$U = \left(\frac{27.5 + 14.30}{2} \right) \cdot 2.30 = 48.07 \text{ KN}$$

NB Le point d'application de cette force est à 1.39 m du point O

i. Stabilité au glissement

Les forces horizontales telles que la poussée de l'eau et des terres qui s'exercent sur le déversoir tendent à le déplacer vers l'aval. La résistance à ces forces horizontales est offerte par les fondations grâce à leur cohésion (c) et à leur coefficient de frottement ($\tan \phi$). En général on néglige la cohésion car c'est une caractéristique variable aléatoire dont la pérennité en milieu saturé n'est pas assurée.

$$\phi \text{ pour le béton} = \frac{2}{3} \phi$$

$$F = \frac{C \cdot S + \sum (w - u) \tan \phi}{\sum P}$$

C : la cohésion su sol = 15 KN /m²

S : surface de glissement

$$\frac{15 \cdot 2.3 + (105.84 - 48.07) \cdot 0.36}{32.09} = 1.72 \quad \text{Le barrage est stable au glissement.}$$

ii. Stabilité au renversement

La cause d'une rupture par renversement est l'existence de forces horizontales suffisamment grandes comparées aux forces verticales pour amener, la résultante de toutes les forces agissant sur le barrage y compris les forces de sous-pression, en dehors des limites de la surface de base l'ouvrage. Lorsque la résultante s'approche du pied aval du déversoir, les contraintes de compression dans le béton augmentent rapidement. Ainsi, la rupture par renversement serait précédée et accélérée par une rupture locale par compression du pied aval de l'ouvrage.

En fait, lorsque la résultante passe de façon appréciable à l'extérieur du tiers central de la section de base, une fissure horizontale de traction peut apparaître en amont, ce qui réduit considérablement la résistance au cisaillement et augmente la sous -pression.

Une première approche de l'étude de stabilité au renversement pourrait consister à calculer, par rapport au point B, les moments de forces appliquées (forces motrices et forces résistantes).

On calculerait alors un coefficient de sécurité F défini par :

$$\frac{\text{Moments stabilisants}}{\text{Moments renversants}} \geq 1.5$$

-le moment stabilisant

$$\frac{M_{\text{stabilisant}}}{0} = (105.84 \times 1.486) - (48.07 \times 1.34)$$

$$\frac{M_{\text{stabilisant}}}{0} = 157.278 - 64.41 = 92.86 \text{ KN.m}$$

-le moment renversant

$$\frac{M_{\text{renversant}}}{0} = (31.68 \times 1.03) + (0.4166 \times 0.4166)$$

$$\frac{M_{\text{renversant}}}{0} = 32.63 + 0.173 = 32.80 \text{ KN.m}$$

$$\frac{92.86 \text{ KN.m}}{32.80 \text{ KN.m}} = 2.85 ; \text{ D'où la stabilité au renversement est assurée}$$

iii. Stabilité au poinçonnement

La contrainte admissible du sol

$$q_{adm} = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot N_{\gamma} + C \cdot N_c + \gamma \cdot D \cdot N_q$$

Pour $\theta = 30^\circ$ nous donne sur l'abaque

$$N_c = 30.14; \quad N_q = 18.40; \quad N_{\gamma} = 22.40$$

$$D = 2.00m; \quad \gamma = 18KN:m^3; \quad c = 15$$

$$q_{adm} = 1316.1 \text{ kN/m}^2$$

Vérification de la règle du tiers central

$-\frac{b}{6} \leq e \leq \frac{b}{6}$ avec e = excentricité du point d'application de la résultante R par rapport au centre de gravité de la surface de base et $b = 2.3$ m base au sol du déversoir.

$$-0,38 \leq e \leq 0,38$$

$$e = \frac{\Sigma \text{ moment}}{\Sigma \text{ effort}}$$

$$\text{Moment (Pe)} = \text{distance} \cdot \text{force} = 0,73 \cdot 31,68 = 23,13$$

$$\text{Moment (P}_T) = \text{distance} \cdot \text{force} = 0,166 \cdot 0,416 = 0.069$$

$$\text{Moment (U)} = \text{distance} \cdot \text{force} = -0.1 \cdot 48.07 = - 4.80$$

e = 0,30 Le barrage est stable au renversement

La contrainte maximale sous la semelle

$$\sigma_{max} = \frac{N}{B} \left(1 + \frac{6e}{B}\right)$$

La contrainte minimale sous la semelle

$$\sigma_{min} = \frac{N}{B} \left(1 - \frac{6e}{B}\right)$$

$$-N = 57.8 \text{ KN}$$

$$-M = 18.4 \text{ KN.m}$$

$$\sigma_{max} = \frac{57.8}{2.3} \left(1 + \frac{6 \times 0.3}{2.3}\right)$$

$$\sigma_{max} = 44.80$$

$$\sigma_{min} = \frac{57.8}{2.3} \left(1 - \frac{6 \times 0.3}{2.3}\right)$$

$$\sigma_{min} = 5.46$$

La vérification du poinçonnement

$$\sigma_{3/4} < q_{adm} \quad \sigma_{3/4} = \frac{3}{4} \sigma_{max}$$

$33.6 < q_{adm}$ Le barrage est stable au poinçonnement

ANNEXE 3 : METRE ET DEVIS ESTIMATIF DE LE REHABILITATION DU BARRAGE DE SEGUENEGA

PROJET DE MISE EN VALEUR ET DE GESTION DURABLE DES PETITS BARRAGES (PPB-BAD)
TRAVAUX DE REHABILITATION DU BARRAGE ET DU PERIMETRE DE SEGUENEGA (PROVINCE DU YATENGA)
REVUE DU CALAGE DE LA DIGUE DE PROTECTION POUR MINIMISER L'IMPACT

TABLEAU RECAPITULATIF DU METRE DE LA DIGUE DE PROTECTION DE SEGUENEGA	Variante retenue : Cote finie à 101,25					
	Profil	Distances (m)		Volume (m3)		Surface (m2)
		dist. Partielle	distances cumulées	Remblai argileux	Remblai latéritique	Protection en enrochement
Embranchement route nationale	Départ (Pt1)	0,00	0,00	2516,16	232,26	1300,00
Fin ancienne diguette / Début prolongation initiale	Pt2	430,12	430,12	2741,25	558,32	2530,00
Fin prolongation initiale / Début nouvelle prolongation envisagée	Pt3	454,00	884,12	2837,20	420,55	2131,00
Fin nouvelle prolongation envisagée	Pt4	778,80	1662,92			
TOTAUX			1662,92	8094,61	1211,14	5961,00

TRAVAUX DE REHABILITATION DU BARRAGE ET DU PERIMETRE DE SEGUENEGA DANS LE CADRE DE LA MISE EN ŒUVRE DU PPB-BAD							
TRAVAUX DE REHABILITATION DU BARRAGE ET DU PERIMETRE DE SEGUENEGA (PROVINCE DU YATENGA)							
DEVIS ACTUALISE DES TRAVAUX du Marché n° SE/00/05/01/03/2012/00015/AGETEER/DG							
				MARCHES DE BASE		DEVIS ACTUALISE	
N°	Désignations	Unité	Quantité	Prix unitaire (FCFA HT HD)	Coût total (FCFA HT-HD)	Quantité à exécutée	Coût total (FCFA HT-HD)
0.0	INSTALLATION - REPLI						
0.1	Amenée et repli de chantier	ff	1	15 000 000	15 000 000	1	15 000 000
0.2	Installation chantier	ff	1	5 000 000	5 000 000	1	5 000 000
0.3	Aménagement d'une déviation et entretien	ff	1	2 500 000	2 500 000	1	2 500 000
	Sous total installation				22 500 000		22 500 000
1.	DIGUE						
1.1	Débroussaillage sur talus aval	ff	1	1 000 000	1 000 000	1	1 000 000

Actualisation des études techniques pour la réhabilitation du barrage de Séguénéga,
province du Yatenga

1.2	Démontage perré sec talus amont	m 2	1270	1 500	1 905 000	1450	2 175 000
1.3	Déblai aux engins pour tranchée	m 3	3364	1 800	6 055 200	1730	3 114 000
1.4	Déblai en redans pour talus	m 2	1360	2 250	3 060 000	1263	2 841 750
1.5	Déblai pour butée et drain	m 3	271	1 800	487 800	271	487 800
1.6	Remblai compacté aux engins pour tranchée		3364	4 000	13 456 000	4840	19 360 000
1.7	Remblai compacté en redans pour talus	m 3	1360	4 500	6 120 000	1263	5 683 500
1.8	Remblai compacté sur talus	m 3	2532	4 500	11 394 000	2650	11 925 000
1.9	Couche de pose pour perré	m 3	281	4 000	1 124 000	281	1 124 000
1.10	Perré sec pour talus	m 2	2178	7 000	15 246 000	2600	18 200 000
1.11	Perré maçonné pour talus	m 2	630	12 000	7 560 000	680	8 160 000
1.12	Couche de couronnement	m 3	827	5 000	4 135 000	980	4 900 000
1.13	Revêtement latéritique talus aval (ép = 0,15)	m 3	191	4 500	859 500	567	2 551 500
1.14	Enrochement pour butée et drain	m 3	271	8 500	2 303 500	480	4 080 000
	Sous total digue				74 706 000		85 602 550
2.	EVACUATEUR DE CRUE						
2.1	Fouille pour déversoir TN et fouille gabions	m 3	467	1 800	840 600	720	1 296 000
2.2	Fouille pour déversoir dans la digue	m	22	1 800	39 600	12	21 600

Actualisation des études techniques pour la réhabilitation du barrage de Séguénéga,
province du Yatenga

		3					
2.3	Béton de propreté	m 3	19	36 000	684 000	39	1 404 000
2.4	Béton armé dosé à 350 Kg/m ³ pour déversoir	m 3	688	145 000	99 760 000	786,6	114 057 000
2.5	Enrochement	m 3	350	8 500	2 975 000	500	4 250 000
2.6	Maçonnerie de moellons	m 3	56	45 000	2 520 000	0	-
2.7	Barbacanes	ml	48	5 000	240 000	106	530 000
2.8	Sable pour lit de pose (épais = 10 cm)	m 3	73,3	15 000	1 099 500	146,4	2 196 000
2.9	Joint Waterstop	ml	64	50 000	3 200 000	102	5 100 000
2.10	Fourniture et pose de gabions	m 3	18	30 000	540 000	123	3 690 000
2.11	Fourniture d'une échelle limnimétrique	ml	4	300 000	1 200 000	4	1 200 000
2.12	Joint bitumineux	ml	0	10 000	-	123	1 230 000
2.13	Démolition ancien déversoir	FF	0	1 500 000	-	1	1 500 000
	Sous-total évacuateur de crue				113 098 700		136 474 600
3.	DIGUE DE PROTECTION						
3.1	Travaux sur digue de protection existante						
3.1.1	Décapage	m 2	1000	200	200 000	1125	225 000
3.1.2	Remblai compacté aux engins	m 3	2130	4 000	8 520 000	1427	5 708 000

3.1.3	Perré maçonné pour talus amont	m 2	733	12 000	8 796 000	650	7 800 000
3.1.4	Perré maçonné pour talus aval	m 2	733	12 000	8 796 000	650	7 800 000
3.1.5	Couche de couronnement	m 3	323	5 000	1 615 000	232	1 160 000
3.2	Prolongement de la digue de protection						
3.2.1	Décapage	m 2	2724	200	544 800	7000	1 400 000
3.2.2	Remblai compacté aux engins	m 2	2914	4 000	11 656 000	5827	23 308 000
3.2.3	Perré sec talus amont	m 2	927	8 000	7 416 000	2330, 5	18 644 000
3.2.4	Perré sec talus aval	m 3	927	8 000	7 416 000	2330, 5	18 644 000
3.2.5	Couche de couronnement	m 3	283	5 000	1 415 000	1407	7 035 000
3.2.6a	Dalot à une travée (équipé d'un clapet anti-retour)	U	0	5 100 000	-	2	10 200 000
3.2.6	Conduite en fonte DN 300 y compris accessoires	ml	10	650 000	6 500 000	10	6 500 000
3.2.7	Clapet anti retour DN 300 y compris accessoires	U	1	900 000	900 000	1	900 000
3.2.8	Rampe d'accès coté amont	m 3	125,0 0	5 000	625 000	0	-
3.2.9	Rampe d'accès coté aval	m 3	75,00	5 000	375 000	0	-
3.2.1 0	Perré maçonné de la rampe amont	m 2	7,00	12 000	84 000	0	-
3.2.1 1	Perré maçonné de la rampe aval	m 2	4,00	12 000	48 000	0	-

	Sous-total digue de protection				64 906 800		109 324 000
	TOTAL TRAVAUX AU NIVEAU DU BARRAGE				275 211 500		353 901 150
4.	AMENAGEMENT (Réduit à un bloc de 10 ha)						
4.1	Génie civil de la station						
4.1.1	Déblai pour chenal, puits de pompage et fouille de l'abri de la station	m 3	3914	3 900	15 264 600	1450	5 655 000
4.1.2	Béton armé dosé à 350 kg/m3 pour regard de pompage et chenal	m 3	17	145 000	2 465 000	9	1 305 000
4.1.3	Maçonnerie de 25 cm épaisseur y compris joint en mortier pour chenal	m 2	20	45 000	900 000	10	450 000
4.1.4	Béton cyclopéen dosé à 250 kg/m3 pour fondation de l'abri	m 3	2,4	70 000	168 000	1,2	84 000
4.1.5	Béton armé dosé à 350 kg/m3 pour abri de la motopompe	m 3	5	145 000	725 000	3	435 000
4.1.6	Maçonnerie d'agglos creux 15x20x40 pour les murs de l'abri	m 2	52	6 000	312 000	30	180 000
4.1.7	Enduit au mortier de ciment dosé à 350 kg/m3 pour revêtement	m 2	104	2 500	260 000	60	150 000
4.1.8	Grillage en acier pour fenêtre 1,20*1,5m	U	2	75 000	150 000	1	75 000
4.1.9	Porte 0,8*2,2 m avec fenêtre d'aération	U	2	125 000	250 000	1	125 000
4.1.10	Peinture des murs internes et externes de l'abri	m 2	104	2 000	208 000	60	120 000
4.1.11	Fourniture et pose de toiture y compris toute sujétion	m 2	13	13 500	175 500	7	94 500
4.1.12	Grille 100x100 de protection du regard de pompage	U	2	50 000	100 000	1	50 000
4.1.13	Grille dégrossissante pour chenal	U	2	100	200 000	1	100 000

3				000			
4.1.1	Regard de raccordement	U	2	20 000	40 000	1	20 000
4							
4.2	Motopompe et accessoires						
4.2.1	Motopompe 200 m3/h et 30 HMT, et pièces de rechanges	U	2	3 500 000	7 000 000	1	3 500 000
4.2.2	Coude en acier Ø 200 (aspiration et refoulement)	U	1	300 000	300 000	1	300 000
4.2.3	Té en acier Ø 200 mm pour vanne de vidange	U	1	300 000	300 000	1	300 000
4.2.4	Robinet vanne opercule DN 160 mm à écartement court	U	1	350 000	350 000	1	350 000
4.2.5	Raccord pour conduites Ø 200 mm	U	1	150 000	150 000	1	150 000
5	RESEAU DE DISTRIBUTION						
5.1	Conduite PVC Ø250 mm évacuation	ml	250	10 000	2 500 000	0	-
5.2	Conduite PVC Ø 200 mm PN 3,2	ml	300	8 000	2 400 000	300	2 400 000
5.3	Conduite PVC Ø 160 mm évacuation	ml	255	5 000	1 275 000	250	1 250 000
5.4	Conduite PVC Ø 125 mm évacuation	ml	2705	5 000	13 525 000	1000	5 000 000
5.5	Réducteur PVC 250/x mm PN 3,2	U	1	30 000	30 000	0	-
5.6	Réducteur PVC 200/x mm PN 3,2	U	1	25 000	25 000	0	-
5.7	Té PVC Ø 125 mm, PN 3,2, 3 sorties	U	79	10 000	790 000	36	360 000
5.8	coude1/4 PVC Ø 250 mm évacuation	U	2	25 000	50 000	0	-
5.9	coude1/4 PVC Ø 200 mm évacuation	U	2	15 000	30 000	3	45 000

Actualisation des études techniques pour la réhabilitation du barrage de Séguénéga,
province du Yatenga

5.10	coude 1/4 PVC Ø 160 mm évacuation	U	12	10 000	120 000	8	80 000
5.11	coude 1/4 PVC Ø 125 mm évacuation	U	55	8 000	440 000	26	208 000
5.12	Bassins de partition	U	5	150 000	750 000	3	450 000
5.13	Bassins tout ou rien	U	4	150 000	600 000	1	150 000
5.14	Prise parcellaire	U	45	20 000	900 000	18	360 000
5.15	Rehausse en pvc évacuation (Ø 125 mm)	ml	54	5 000	270 000	18	90 000
5.16	Prise d'alimentation (fabriquée localement)	U	100	10 000	1 000 000	36	360 000
5.17	Grille de protection des pertuis (fabriquée localement)	U	17	5 000	85 000	0	-
6	TRAVAUX COMPLEMENTAIRES						
6.1	Labour des parcelles	ha	27,5	30 000	825 000	10	300 000
6.2	Débroussaillage et repérage	ha	10	425 000	4 250 000	10	4 250 000
6.3	Planage sommaire	ha	10	250 000	2 500 000	10	2 500 000
	TOTAL TRAVAUX AU NIVEAU DU PERIMETRE				61 683 100		31 246 500
	TOTAL GENERAL DES TRAVAUX HT-HD				336 894 600		385 147 650
	Taux d'augmentation (Différence / Devis de base)					14,3%	

RECAPITULATIF GENERAL DU MARCHE DE SEGUENEGA	
Montant du marché de base (F. CFA HT-HD)	336 894 600
<i>Montant de l'avenant projeté (F. CFA HT-HD)</i>	<i>48 253 050</i>
Nouveau montant du marché (FCFA HT-HD)	385 147 650
<i>Taxes sur la valeur ajoutée</i>	<i>69 326 577</i>
<i>Montant total TTC</i>	<i>454 474 227</i>

ANNEXE 5 : Avant métré du barrage et devis quantitatif

ANNEXE 6 : Avant métré du périmètre et devis quantitatif

ANNEXE 7 : Liste des plans

