



**ETUDES D'ACTUALISATION, DE SUPERVISION ET  
CONTROLE D'EXECUTION DU BARRAGE DE BIGTOGO DANS  
LA COMMUNE RURALE DE PABRE – REGION DU CENTRE**

**MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU  
MASTER D'INGENIERIE  
EN GENIE DE L'EAU ET DE L'ENVIRONNEMENT**

*Option « Irrigation et eaux de surface »*

-----

Présenté et soutenu publiquement le 22 Juin 2012 par

**Ousmane Roland YONABA**

**Travaux dirigés par :**

- **Dr. Ismaïla GUEYE**, Enseignant-chercheur (UTER-ISM / Fondation 2iE),
- **M. Oumar ZAI**, chargé des Etudes à « *Emergence Ingénierie* ».

*Jury d'évaluation du stage :*

**Président du Jury :** Dr. Harouna KARAMBIRI

**Membres du Jury :** M. Da Silveira Sewa  
M. Lawani MOUNIRI

**Promotion [2011/2012]**

**CITATION**

*« La maîtrise de l'eau constitue la clé du problème sahélien »  
(Global Water Partnership (GWP/AO), 2009).*

## **REMERCIEMENTS / DEDICACE**

Je dédie ce travail :

- A ma famille, pour m'avoir soutenu depuis toujours ;
- A mes encadreurs de stage, M. Oumar ZAI et Dr. Ismaïla GUEYE, pour les précieux conseils, leur indéfectible disponibilité et leur patience ;
- A M. François D. OUANGO, directeur du bureau d'études « *Emergence Ingénierie* » et de manière plus large, à l'ensemble du personnel qui a su m'accueillir, m'intégrer au sein de leur équipe et qui n'ont ménagé aucun effort pour m'assurer la logistique requise afin mener à bien les activités prévues pendant cette période de 3 mois et demi de stage ;
- A l'ensemble du corps professoral et administratif de la Fondation 2iE, plus particulièrement à tous ceux qui ont été mes enseignants.

## **RESUME**

Le présent mémoire traite des résultats de l'étude de conception d'un barrage à vocation hydro-agricole au bénéfice des populations de cinq villages situés dans la commune de PABRE, région du centre, au Burkina Faso. L'aménagement est ici proposé dans un contexte de pénurie d'eau.

La digue est à remblai homogène, de 720m de long pour 5m de hauteur (niveau fini de crête : 302m). La cuvette se situe à l'exutoire d'un bassin versant de 302 km<sup>2</sup>. Le déversoir est frontal, en béton et conçu pour évacuer une crue centennale de 255m<sup>3</sup>/s. Un ouvrage de prise (servant de vidange), calé à la côte 298,37m permettra l'irrigation d'un futur périmètre en aval. Les prospections pédologiques définissent une superficie exploitable de 67 ha.

L'ouvrage proposé permettra de stocker 2 260 955m<sup>3</sup> d'eau (au PEN). Outre les besoins en eaux domestiques de 12 000 personnes (40l/j/hab.) et pastoraux (cheptel de 5000 têtes à raison de 40l/j/tête) qui pourront être satisfaits sur vingt années, le barrage servira de support pour l'irrigation. L'option finale, calée suivant les habitudes culturelles des populations dans la zone, est la culture de riz en semi-pluvial en irrigation d'appoint en saison pluvieuse (20 ha), couplé au maraîchage en saison sèche (17 ha). L'ouvrage est proposé à un coût général actualisé de 375 939 757 FCFA TTC toutes composantes confondues (le montant initial du marché étant de 347 845 620 FCFA).

Les différentes parties prenantes à l'exécution du projet, ainsi que des notes de suivi du chantier de travaux et l'état d'avancement sont présentées à l'issue de l'étude de conception.

### **Mots-clés :**

---

- 1 - Barrage**
- 2 - Irrigation**
- 3 - Maraîchage**
- 4 - BIGTOGO**
- 5 - PABRE**

## **ABSTRACT**

This document discusses the results of the study design of a dam with hydro-agricultural purposes, to the benefit of five villages in PABRE department (central region, Burkina Faso). The project arises here in a context of water scarcity.

The dam dyke is homogeneous, 720-meters long and 5-meters high (finite level peak: 302m). The basin is located at the outlet of a catchment area of 302 sq. km. The flood sluice is frontal, concrete-made and designed to vent a century flood of 255m<sup>3</sup>/s. An intake structure (for watering), is keyed at 298.5m level altitude and allows watering downstream. Soil surveys early conducted in the area defined a usable area of 67 ha suitable for farming.

The dam will store 2 260 955m<sup>3</sup> of water (at the normal water plane level). In addition to the domestic water needs of 12 000 people (40l/day/Hab.) and pastoral needs (herd of 5000 heads with a specific need of 40l/day/head) which can be met in twenty years, the dam will provide support for irrigation. The final option, wedged along the cropping patterns of populations in the area, is the cultivation of rice in semi-pluvial supplemental irrigation during rainy season (50 ha), coupled to gardening in dry season (30 ha). The overall updated cost of the project 375 939 757 CFA TTC (in opposition to the initial cost of the project which was 347 845 620 FCFA).

Stakeholders in the project, and notes about supervision of work and progress will be presented at the end of the study design.

### **Keywords:**

---

**1 - Dam**

**2 - Irrigation**

**3 - Gardening**

**4 - BIGTOGO**

**5 - PABRE**

## **LISTE DES ABREVIATIONS**

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

**BUNASOLS** : Bureau National des Sols

**BUNED** : Bureau National d'Evaluation Environnementale et Développement

**CIEH** : Comité Interafricain des Etudes Hydrauliques

**CRC** : Conseil Régional du Centre

**DRAH(C)** : Direction Régionale de l'Agriculture et de l'Hydraulique (du Centre)

**EIER** : Ecole Inter-Etats des Ingénieurs de l'Equipement Rural

**FAO**: Food and Agriculture Organization

**GID** : Générale de l'Ingénierie pour le Développement (Sarl)

**IRD**: Institut de Recherche pour le Développement

**MEMO** : Mission d'Etudes et de Maîtrise d'Ouvrage

**ORSTOM** : Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-mer (alias IRD)

**PBE** : Plus Basses Eaux

**PEN** : Plan d'Eau Normal

**PGES** : Plan de Gestion Environnemental et Social

**PHE** : Plus Hautes Eaux

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

**USCS**: Unified Soils Classification System

## **SOMMAIRE**

<b>Citation</b> .....	<b>I</b>
<b>REMERCIEMENTS / DEDICACE</b> .....	<b>II</b>
<b>RESUME</b> .....	<b>III</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>IV</b>
<b>LISTE DES ABREVIATIONS</b> .....	<b>V</b>
<b>SOMMAIRE</b> .....	<b>1</b>
<b>LISTE DES TABLEAUX</b> .....	<b>1</b>
<b>LISTE DES FIGURES ET EQUATIONS</b> .....	<b>2</b>
<b>I. Introduction</b> .....	<b>3</b>
<b>II. Contexte d'étude</b> .....	<b>5</b>
<b>II.1. Objectifs de stage</b> .....	<b>5</b>
<b>II.2. Caractérisation de la zone de projet</b> .....	<b>6</b>
II.2.1. Localisation .....	6
II.2.2. Climat, sols et végétation .....	7
II.2.3. Relief et hydrographie .....	7
II.2.4. Milieu sociodémographique .....	7
II.2.5. Activités et ressources .....	9
II.2.6. La ressource en eau dans la commune .....	9
<b>III. Synthèse des études de base</b> .....	<b>10</b>
<b>III.1 Etude socio-économique</b> .....	<b>10</b>
III.1.1. Agriculture.....	10
III.1.2. Elevage .....	11
III.1.3. Attitude des populations par rapport au projet .....	11
<b>III.2 Synthèse de l'étude géotechnique</b> .....	<b>12</b>
III.2.1. Sol de fondation sous la digue .....	12
III.2.2. Zones d'emprunts .....	13
III.2.3. Zone d'approvisionnement des autres matériaux .....	13
<b>III.3 Synthèse de l'étude pédologique</b> .....	<b>14</b>
<b>III.4 Notice d'Impact Environnemental (NIE)</b> .....	<b>15</b>
III.4.1. Les activités susceptibles d'impacter sur l'environnement .....	15
III.4.2. Activités pouvant générer des impacts négatifs sur l'environnement.....	15
III.4.3. Composantes du Plan de Gestion Social et Environnemental .....	15

<b>IV.</b>	<b>Résultats d'étude de conception.....</b>	<b>16</b>
IV.1	Fiche synoptique du barrage de BIGTOGO .....	16
IV.2	Etude hydrologique.....	17
IV.2.1.	Caractérisation du bassin versant .....	17
IV.2.2.	Pluviométrie .....	18
IV.2.3.	Prédétermination de la crue de projet .....	18
IV.2.4.	Etude des apports.....	21
IV.3	Etude de la cuvette .....	23
IV.2.1.	Courbes hauteur – volume et hauteur-surface .....	23
IV.2.2.	Calage du Plan d'Eau .....	24
IV.2.3.	Lame d'eau déversante .....	24
IV.2.4.	Revanche libre .....	25
IV.2.5.	Calage du Plan d'Eau Normal (PEN).....	25
IV.2.6.	Volume utile de la retenue.....	25
IV.2.7.	Niveau des Plus Basses Eaux (PBE) .....	27
IV.4	Etude de la digue et des ouvrages annexes .....	27
IV.3.1.	Tranchée d'ancrage .....	27
IV.3.2.	Infiltration à travers la digue .....	28
IV.3.3.	Tapis filtrant .....	29
IV.3.4.	Protection de la digue .....	29
IV.3.5.	Evacuateur de crue .....	30
IV.3.6.	Dissipation d'énergie.....	30
IV.3.7.	Chenal d'évacuation.....	31
IV.3.8.	Ouvrage de prise et de vidange.....	32
IV.3.9.	Calcul de stabilité .....	32
IV.3.10.	Avant-métré et coût général de l'ouvrage .....	33
<b>V.</b>	<b>Synthèse du suivi de chantier et discussion.....</b>	<b>34</b>
V.1	Données de projet.....	34
V.2	Planning des travaux .....	35
V.3	Exécution des travaux.....	36
V.4	Recommandations de la mission de contrôle.....	38
<b>VI.</b>	<b>Conclusions .....</b>	<b>40</b>
<b>VII.</b>	<b>Recommandations et perspectives .....</b>	<b>41</b>
	<b>Bibliographie.....</b>	<b>42</b>
	<b>Annexes .....</b>	<b>44</b>

## **LISTE DES TABLEAUX**

<b>Tableau I</b> : Evolution de la population de la commune de PABRE.....	8
<b>Tableau II</b> : Grandes retenues d'eau présentes dans la commune de PABRE .....	9
<b>Tableau III</b> : Spéculations et rendements dans la commune de PABRE.....	10
<b>Tableau IV</b> : Cheptel recensé dans la zone de projet .....	11
<b>Tableau V</b> : Fiche synoptique du barrage de BIGTOGO.....	16
<b>Tableau VI</b> : Coordonnées du barrage (Borne B1 en rive gauche).....	17
<b>Tableau VII</b> : Caractéristiques du bassin versant du barrage de BIGTOGO.....	17
<b>Tableau VIII</b> : Choix de la crue de projet (G. DEGOUTTE, 1997).....	20
<b>Tableau IX</b> : Apports du bassin versant de BIGTOGO .....	22
<b>Tableau X</b> : Caractéristiques de la côte PHE .....	24
<b>Tableau XI</b> : Caractéristiques du PEN .....	25
<b>Tableau XII</b> : Caractéristiques géométriques du remblai de digue [...].....	27
<b>Tableau XIII</b> : Caractéristiques géométriques de l'évacuateur de crue [...].....	30
<b>Tableau XIV</b> : Caractéristiques géométriques du bassin de dissipation.....	31
<b>Tableau XV</b> : Caractéristiques du chenal d'évacuation.....	31
<b>Tableau XVI</b> : Planning des travaux de réalisation du barrage de BIGTOGO.....	35
<b>Tableau XVII</b> : Travaux réalisés par le groupement d'entreprises GTB/SAT .....	36
<b>Tableau XVIII</b> : Suivi de la mission de contrôle .....	39

## **LISTE DES FIGURES ET EQUATIONS**

<b>Figure 1</b> : Carte de situation de la commune de PABRE .....	6
<b>Figure 2</b> : Courbes Hauteur-Surface et Hauteur-Volume de la cuvette [...].....	23
Équation 1 : Débit de la crue décennale (EIER/CIEH).....	18
Équation 2 : Débit de retour de la crue décennale (ORSTOM) .....	19
Équation 3 : Débit de la crue décennale (ORSTOM).....	19
Équation 4 : Coefficient majorateur du GRADEX .....	21
Équation 5 : Apports (RODIER).....	22
Équation 6 : Profondeur minimale d'ancrage .....	27
Équation 7 : Débit de fuite à travers une digue en terre homogène (DARCY).....	28
Équation 8 : Débit de fuite à travers une digue en terre homogène (KOZENY) .....	28
Équation 9 : Epaisseur du tapis filtrant (POST-LONDE).....	29

## **I. INTRODUCTION**

Disposer d'eau en quantité suffisante demeure une préoccupation en Afrique de l'Ouest et plus particulièrement dans les pays sahéliens. En effet, l'action conjuguée de plusieurs facteurs y contribue fortement : aléas climatiques, démographie galopante, mauvaise stratégies de gouvernance, etc. En définitive, la *maitrise de l'eau constitue la clé du problème sahélien* (*Global Water Partnership (GWP/AO), 2009*).

Au Burkina Faso, ce problème constitue un véritable frein au développement, sous toutes ses formes, surtout lorsque l'on sait que l'activité économique principale est l'agriculture (emploi 84,1 % de la population active). Afin d'atteindre les objectifs en matière de sécurité alimentaire, le gouvernement, avec l'appui de ses partenaires œuvre à la réalisation de petits barrages et retenues d'eau, avec périmètres aménagés en aval. Par la suite, la production agricole qui se développe autour de ces ouvrages attire de la main d'œuvre et des investisseurs, fixe les autochtones dans leur terroir et contribue de manière significative à la réduction de la pauvreté en milieu rural (*Aupelf-Ept, 1983*)

C'est dans cet ordre d'idées que le Conseil Régional du Centre (CRC) a entrepris diverses actions d'accompagnement des communautés de son ressort territorial afin de réorganiser et d'optimiser l'aménagement de cet espace. Les principaux objectifs visés sont, à long terme, le désenclavement, la construction de retenues d'eau, l'aménagement de périmètres irrigués, de bas-fonds et la construction d'infrastructures. L'un des projets d'études ainsi initié, portant sur la réalisation d'un barrage et d'un aménagement, a été conduit pour la commune rurale de PABRE. Le potentiel en termes de stockage du site retenu est de 2 millions de m<sup>3</sup> et devra permettre aux localités avoisinantes de conduire en continu la production agro-pastorale, des activités de contre-saison et de subvenir aux besoins en eau domestiques.

Le Marché n° CR/03/05/01/03/2011/00115 du 16 novembre 2011, faisant objet de « *Travaux de construction du barrage de BIGTOGO dans la commune rurale de PABRE, région du centre* » pour un délai d'exécution de six (06 mois), à hauteur de 347 845 620 FCFA TTC a été ainsi approuvé par le Conseil Régional du Centre, pour l'exercice 2011/2012, qui en assume ainsi la maîtrise d'ouvrage. L'exécution des travaux a été confiée au groupement conjoint et solidaire des entreprises GTB et SAT International. L'étude technique, réalisée en amont par les bureaux d'études conjoints GID/MEMO a permis de poser les bases des travaux d'exécution, dont le contrôle des travaux d'exécution revient au bureau d'études « EMERGENCE INGENIERIE », structure qui nous a accueillis pendant la période de stage.

Le présent mémoire d'ingénierie retrace l'ensemble des activités que nous avons mené de fin Février à début Juin, sur le thème « ***Etudes d'actualisation, de supervision et de contrôle d'exécution du Barrage de BIGTOGO dans la Commune Rurale de PABRE – Région du Centre*** ». L'objectif général était de produire à une étude de conception de l'ouvrage, avec actualisation, au regard de quelques changements techniques intervenus dans le projet ainsi que le suivi de chantier assuré par la maîtrise d'œuvre. Dans les lignes qui suivront, nous ferons une présentation de la zone, ainsi que du contexte du projet. Nous présenterons ensuite la démarche, les moyens et méthodes employées pour la collection des données nécessaires à la conception de l'ouvrage puis la synthèse du dimensionnement. Nous formulerons enfin les informations relatives à l'avancée du chantier, appuyées par des recommandations en dernier lieu.

## **II. CONTEXTE D'ETUDE**

### **II.1. OBJECTIFS DE STAGE**

La construction du barrage de BIGTOGO ainsi que l'aménagement d'un périmètre irrigué est un projet né sous l'impulsion du Conseil Régional du Centre (CRC), dans la dynamique des actions qu'il a entrepris pour le développement rural des zones sous son ressort.

Il est cependant important de préciser que ce projet possède deux composantes principales : la **construction d'un barrage d'environ 2 millions de m<sup>3</sup>** en constitue la première, **l'aménagement du périmètre irrigué** en est la seconde. Notre étude a porté essentiellement sur la première composante, celle qui a fait l'objet d'une passation de marché à la date 16 novembre 2011. L'étude technique, réalisée en amont par le groupement de bureaux d'études **GID/MEMO** a permis d'aboutir à un Avant-Projet détaillé. Toutefois, par la suite, un certain nombre d'amendements, ainsi que quelques propositions de modification dans la conception ont été proposées par la mission de contrôle. Notre objectif premier, en tant que stagiaire a été de refaire à l'étude de conception, en intégrant ces nouveaux aspects, tout en participant au suivi de chantier.

Les objectifs spécifiques, qui renvoient par la même occasion à l'ensemble des tâches qui ont constitué notre apport personnel à ce projet, sont les suivants :

- produire une de synthèse des études de base, en mettant en relief les paramètres qui serviront au dimensionnement de l'ouvrage,
- reconduire une étude hydrologique et définir la crue de projet,
- revérifier les hypothèses de base, les besoins en eau, les dimensions de l'ouvrage (digue),
- l'actualisation des plans de conception de l'ouvrage,
- la vérification du diamètre de la prise d'eau à la vidange en 3 jours,
- l'actualisation des devis quantitatifs et estimatifs des travaux à réaliser.

## II.2. CARACTERISATION DE LA ZONE DE PROJET

### II.2.1. Localisation

La commune de PABRE est l'une des six communes rurales de la province du KADIOGO, située dans la région du centre. Elle se trouve à 22km de OUAGADOUGOU sur l'axe OUAGADOUGOU-KONGOUSSI. L'accès se fait par la route nationale n°22.

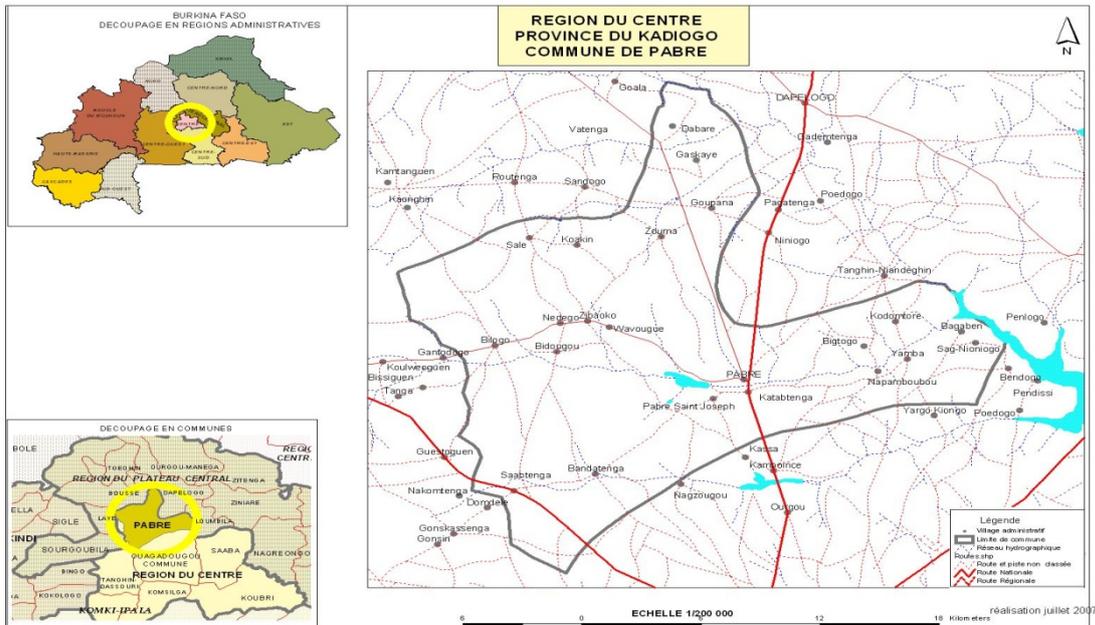


Figure 1 : Carte de situation de la commune de PABRE

La commune a une superficie de 411,27 km<sup>2</sup> et compte 21 villages. Elle est limitée :

- à l'Est par la province d'OUBRITENGA,
- à l'Ouest par la province du KOURWEOGO,
- au Nord par la province du BAM,
- au Sud par les communes urbaines de la ville de OUAGADOUGOU (BASKUY et NONGREMASSOM)

Le site retenu pour réalisation du barrage se situe au sud-est du village de BIGTOGO. Les coordonnées géographiques du site sont **01°30'23,9" Ouest** pour **12°31'30,4" Nord** (référence prise sur une borne (B1) en rive gauche – feuille de OUAGADOUGOU au 1/200000<sup>ème</sup> ND-30-V).

## **II.2.2. Climat, sols et végétation**

Située en zone dite soudano sahélienne, la commune de PABRE se caractérise par un climat de type tropical à deux principales saisons en alternance : une saison sèche de 8 mois (octobre à mai) et une saison des pluies de 4 mois (juin à septembre). Les mois les plus pluvieux sont ceux de juillet et août. **La moyenne annuelle sur la période 1970 à 2010 est de 699mm.**

Les sols sont essentiellement **ferrugineux tropicaux**, de type latéritique-argileux reposant sur une grande masse de granites fissurés. Ces sols sont **généralement pauvres**, fragiles par conséquent vulnérables à l'érosion (*WaterAid-BF, 2009*).

La formation végétale dominante est la **savane arbustive claire** parsemée de quelques grands arbres et une strate herbacée. Ce couvert végétal se compose essentiellement :

- d'arbres (*Acacia sp. Balanites aegyptiaca* (kiegliga), *Tamarindus indica* (pousga), *Lannea microcarpa* (noabga), *Bombax costatum* (voaka) ; *Butyrospermum paradoxum* (taanga), *Mitragyna inermis*(yilga) et *Parkia Biglobosa* (rôaaga).);
- d'arbustes, notamment des épineux ;
- d'herbacées annuelles dont une partie est très utilisée dans la confection des pailotes (toitures de cases, de greniers ou de hangars, etc.).

## **II.2.3. Relief et hydrographie**

Le relief de la commune est celui du **plateau central** caractérisé par une pénéplaine peu élevée (300 à 400 mètres d'altitude) et des plateaux cuirassés.

Le réseau hydrographique est marqué par l'absence de cours d'eau permanents. Le bassin versant est constitué de quelques cours d'eau temporaires et des affluents du Nakambé. (*WaterAid-BF, 2009*)

## **II.2.4. Milieu sociodémographique**

Les résultats du dernier recensement démographique (RGPH 2006) faisaient état de **28 422 habitants (+3,7% par an) en 2006** (69 habitants au km<sup>2</sup>). Suivant le genre, la tranche de femmes est dominante (52,8%). La population est plutôt jeune avec 48% de la population ayant moins de 15 ans (*INSD, 2006*).

L'ethnie la plus représentée dans la commune est l'ethnie **Mossi (94,8%)**. En outre, l'on retrouve aussi des Samos, Peulhs, Bissa, Dagari et Gorunsis.

Tableau I : Evolution de la population de la commune de PABRE

Villages	Hommes (2006)	Femmes (2006)	Total (2006)	Total (2012)	Total (2012+20)
Bendatoega	818	849	1 667	2 073	4 287
Bidougou	349	399	748	930	1 924
<b>Bigtogo</b>	<b>648</b>	<b>662</b>	<b>1 310</b>	<b>1 629</b>	<b>3 369</b>
Bilogo	897	1 036	1 933	2 404	4 971
Dabaré	324	334	658	818	1 692
Gaskaye	459	569	1 028	1 278	2 644
Goupana	1 123	1 455	2 578	3 206	6 630
Katabtenga	366	403	769	956	1 978
Koakin	224	251	475	591	1 222
Kodemtoré	82	82	164	204	422
Napamboubou	58	88	146	182	375
Nedego	883	983	1 866	2 321	4 799
Pabré centre	1 498	1 589	3 087	3 839	7 939
Pabré Saint- Joseph	904	930	1 834	2 281	4 717
Sabtenga	402	472	874	1 087	2 248
Sag-Nioniogo	1 108	1 077	2 185	2 717	5 620
Salé	1 487	1 735	3 222	4 007	8 287
Wavougue	367	408	775	964	1 993
Yamba	372	406	778	968	2 001
Zibako	434	491	925	1 150	2 379
Zouma	609	791	1 400	1 741	3 601
<b>Total</b>	<b>13 412</b>	<b>15 010</b>	<b>28422</b>	<b>35346</b>	<b>73098</b>

**Note** : les noms de localités figurant en encadré sont les villages directement bénéficiaires du présent projet, du fait de leur proximité de l'ouvrage.

## **II.2.5. Activités et ressources**

L'économie de la commune de PABRE, comme la plupart des communes rurales du pays est **essentiellement basée sur l'agriculture et l'élevage**. Les résultats des enquêtes ménages montrent que **l'agriculture occupe 97 % des personnes** (contre 95,1 % en 2009). Seulement 2% (contre 2,6% en 2009) pratiquent l'élevage comme principale activité. (*WaterAid-BF, 2009*).

## **II.2.6. La ressource en eau dans la commune**

Les eaux de surface sont la principale ressource exploitée dans la commune. Il existe trois retenues d'eau dont les caractéristiques figurent dans le tableau ci-dessous (*Office National des Barrages et des Aménagements Hydro-Agricoles., 1987*).

**Tableau II : Grandes retenues d'eau présentes dans la commune de PABRE**

<b>Villages</b>	<b>Nombre de retenues</b>	<b>Capacité de mobilisation</b>
Gaskaye	1 Barrage	1 000 000 m <sup>3</sup>
Pabré Centre	1 Barrage	1 800 000 m <sup>3</sup>
Zibako	1 Barrage	500 000 m <sup>3</sup>

### III. SYNTHÈSE DES ETUDES DE BASE

#### III.1 ETUDE SOCIO-ECONOMIQUE

##### III.1.1. Agriculture

Les informations qui suivront sont les résultats de l'enquête socio-économique menée sur un échantillon de 74 personnes en Mai 2011, répartis dans cinq villages autour de la zone de projet : **BIGTOGO, YAMBA, NAPABOUMBOU, KATABTENGA, BIEGHINTIQUE**. 32 personnes sur cet échantillon sont des exploitants dans la zone de projet. Les exploitations agricoles sont généralement situées autour des maisons (35%), dans la zone de projet (17%). Dans les autres cas, ce sont des exploitations dites « de brousse » (48 %) (*GID et MEMO, 2011*)

Les statistiques concernant les spéculations sur les champs exploités dans la zone de projet figurent dans la table ci-dessous :

Tableau III : Spéculations et rendements dans la commune de PABRE

Spéculation	Surface cultivée (Ha)	Quantités produites/an (Kg)
Mais	3	9 925
Sorgho blanc	24,55	27 600
Sorgho rouge	18,3	22 000
Mil	19,15	24 005
Niébé	15	14 356
Arachide	4,1	9 684
Sésame	4,6	2 279
Pois de terre	3,35	3 104,5
Riz	2,25	2 212
Culture fruitières	0,25	2 300

Au vu de ces données, nous notons la forte prépondérance des cultures céréalières à faible rendement. Cela laisse présager hormis, la rareté des pluies, une **relative pauvreté des sols** ou le **manque d'utilisation d'intrants**.

**La production maraîchère**, sur les champs autour des concessions, développe toutefois un **rendement appréciable** (46 200 kg/an dont 98% destinés à la vente) (*GID et MEMO, 2011*).

### III.1.2. Elevage

Les statistiques (*GID et MEMO, 2011*) faisant état du cheptel des ménages enquêtés dans la zone de projet sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Tableau IV : Cheptel recensé dans la zone de projet

Typé d'élevage	Espèce	Nombre de têtes	Nombre de propriétaires	Effectif moyen
Extensif	Bovin	34	8	0,46
	Ovin	151	20	2,04
	Caprin	483	60	6,53
	Porcin	209	28	2,82
	Asin	48	35	0,65
	Volaille	1 231	68	16,64
Intensif	Embouche bovine	2	2	0,03
	Embouche ovine	15	12	0,20
De trait	Ane de trait	84	66	1,14
	Bœufs	16	13	0,22

Ces effectifs plutôt faibles se justifient par les raisons suivantes :

- vols répétés (facilités par la proximité de la capitale qui constitue un point d'écoulement),
- l'absence de suivi vétérinaire et de soins du cheptel,
- manque d'eau et insuffisance de pâturage.

### III.1.3. Attitude des populations par rapport au projet

L'ensemble des personnes, dans la zone avoisinant le site retenu pour le projet, ont été informées du désir des autorités de financer la réalisation du barrage de BIGTOGO. D'après l'enquête d'opinion, cette décision a été **accueillie favorablement** par les populations, qui se mobilisent même physiquement pour participer aux travaux nécessitant de la main d'œuvre.

Quant aux **exploitants propriétaires** sur la zone du site, ils sont **majoritairement disposés à céder leurs terres (95 %)** (*GID et MEMO, 2011*).

Une fois l'ouvrage réalisé, le comité de gestion, constitué de représentants du CRC et des notables des localités concernées sera mis en place et se chargera de l'aménagement des parcelles, de l'implication de la population, de la mise en œuvre du périmètre et du partage des parcelles en priorisant dans les attributions les exploitants expropriés. Divers appuis seront offerts à ce comité afin de l'accompagner dans ses actions, notamment de l'aide technique, des équipements, des intrants, etc. Le comité de gestion se chargera également de l'entretien du barrage, de l'établissement des règles de gestion, de la collecte des frais d'exploitation et de l'aménagement des abords du barrage.

### **III.2 SYNTHÈSE DE L'ÉTUDE GEOTECHNIQUE**

Ces études ont été menées en vue de définir les caractéristiques du sol de fondation dans l'axe prévu pour la digue du barrage et de définir les zones d'emprunts pour les matériaux de construction viables pour la mise en œuvre des différents ouvrages : digue, déversoir, ouvrages annexes.

#### **III.2.1. Sol de fondation sous la digue**

Cinq (05) sondages ont été réalisés dans l'axe de la digue à des profondeurs allant de 0,6 m (en rive) à 3 m (lit mineur) (cf. [Annexe VI.3](#) et [Annexe VI.5](#))

##### *❖ En rive gauche*

Le matériau retrouvé s'apparente à une **argile limoneuse** :

- *gravier* : 1 % - argiles : 38 % - passant au tamis 80µm : 81 %
- *limite de liquidité (LL)* : 32,6 % - Indice de plasticité (IP) : 14,5 %

Dans la classification USCS, ce matériau se range dans la catégorie des « argiles peu plastiques » (CL), compactes in-situ.

Le coefficient de LANE qui sera employé pour l'étude de la tranchée d'ancrage en rive gauche est : **C = 2,5**.

##### *❖ Au lit mineur*

Le matériau retrouvé dans le lit mineur du cours d'eau s'apparente à une **argile limoneuse** :

- *gravier* : 0 % - argiles : 32,5 % - passant au tamis 80µm : 73 %
- *limite de liquidité (LL)* : 24,6 % - Indice de plasticité (IP) : 10,8 %

Dans la classification USCS, ce matériau se range dans la catégorie des « argiles peu plastiques » (CL), compactes in-situ.

Le coefficient de LANE qui sera employé pour l'étude de la tranchée d'ancrage en rive gauche est : **C = 3**.

❖ En rive droite

Le matériau rencontré est une **argile limoneuse** :

- *gravier* : 5% - argile : 39 % - passant au tamis 80µm : 76 %
- *limite de liquidité (LL)* : 32,8 % - Indice de plasticité (IP) : 14,8 %

Dans la classification USCS, ce matériau se range dans la catégorie des « argiles peu plastiques » (CL), compactes in-situ.

Le coefficient de LANE qui sera employé pour l'étude de la tranchée d'ancrage en rive gauche est : **C = 2,5** (même valeur qu'en rive gauche).

### **III.2.2. Zones d'emprunts**

19 sondages à ciel ouvert ont été réalisés dans la cuvette en amont de la digue (ET1 à ET19, cf. [Annexe VI.4](#)). Les coupes traduisent une stratigraphie faite de **couche de terre végétale** (0,2 à 0,6 m d'épaisseur selon les endroits), surmontant un **matériau argileux viable**, présentant un volume disponible de 46 000 m<sup>3</sup>, après un décapage minimum de 0,2 à 0,3 m.

La caractérisation de ce matériau donne les résultats suivants :

- *gravier* : 3 % - argile : 45 % - passant au tamis 80µm : 82 %
- *dispersion* : 51,1 % - perméabilité : 10<sup>-7</sup> m/s
- *limite de liquidité (LL)* : 30,7 % - Indice de plasticité (IP) : 13,4 %

Il s'agit d'une « **argile peu plastique** » (CL) selon la classification USCS.

### **III.2.3. Zone d'approvisionnement des autres matériaux**

- Le **sable** est présent sur le site dans le lit du cours d'eau, mais en faible quantité. Il sera acheminé depuis des sites d'exploitations proches (SAWANA, OUBRITENGA) pour les éléments de l'ouvrage nécessitant de grandes quantités (filtre, béton, etc.).
- Le **gravier quartziq**ue est disponible dans une zone d'emprunt à 2 km à l'est de BIGTOGO. Il nécessite toutefois un tamisage avant utilisation.

- Les **moellons latéritiques** sont disponibles sur une colline à 3 km au Nord-Ouest du site.

### **III.3 SYNTHÈSE DE L'ÉTUDE PÉDOLOGIQUE**

Une étude pédologique, en vue de définir le potentiel des sols présents sur le site en tant que support viable pour les cultures, a été conduite sur la plaine en aval du site prévu pour le barrage. Nous ferons ici cas, de manière succincte, des résultats obtenus.

La plaine en aval du site a été prospectée sur une **surface de 67 ha**. Elle a permis d'identifier deux unités de sol :

- *unité I* : sols hydromorphes, peu humifères à pseudogley de surface (12,32 ha, soit 18,4 % de la surface prospectée) ;
- *unité II* : sols ferrugineux tropicaux, lessivés à tâches et concrétions (54,68 ha, soit 81,61 % de la surface prospectée).

En se basant sur le système d'évaluation des terres de la FAO (réadapté par le BUNASOLS), le plan d'évaluation des terres suivant a été dressé :

- *Unité I* :
  - sol apte à moyennement apte à la culture du riz ;
  - sol moyennement apte pour le sorgho, les cultures fruitières, maraîchères en contre saison ;
  - inapte pour le maïs et le mil en culture pluviale.
- *Unité II* :
  - sol moyennement apte aux céréales, cultures maraichères et arboriculture ;
  - marginalement apte pour la riziculture.

En définitive, il est recommandé un certain nombre de palliatifs aux contraintes pédologiques des unités de sols présentées ci-dessus :

- drainage des excès d'eau (caractéristique qui d'ailleurs conduit à rejeter les céréales comme le mil et le maïs),
- sous-solage et le labour profond,
- l'apport de matière organique supplémentaire, d'engrais minéraux (complexe NPK),
- la mise en place de dispositifs antiérosifs.

### **III.4 NOTICE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL (NIE)**

#### **III.4.1. Les activités susceptibles d'impacter sur l'environnement**

Les éléments sensibles de l'environnement qui seront les plus affectés par les travaux de chantier sont le sol, les ressources en eau, la végétation (faune et flore), l'air, l'environnement acoustique, les populations riveraines.

#### **III.4.2. Activités pouvant générer des impacts négatifs sur l'environnement**

Les principales sont (cf. [Annexe I.1](#) pour la liste exhaustive) :

- les travaux de préparation et de terrassement dans les diverses superficies,
- l'aménagement des installations de chantier,
- l'ouverture des carrières,
- les déplacements d'engins lourds et des véhicules, les emprunts et le transport des matériaux.

#### **III.4.3. Composantes du Plan de Gestion Social et Environnemental**

Dans l'optique de protéger l'ensemble des ressources naturelles et d'impacter un minimum sur l'écosystème, le plan de gestion mis en place se définit sur trois axes :

- des mesures d'atténuation, de compensation ou de bonification des impacts du projet (cf. [Annexe I.2](#)),
- un programme de surveillance environnemental,
- un plan de suivi environnemental.

Le programme de surveillance environnemental devra impliquer plusieurs acteurs, à savoir la Direction Régionale de l'Agriculture et de l'Hydraulique (DRAH), le Conseil Régional du Centre (CRC), le Bureau National d'Evaluation Environnementale et Développement (BUNED), les entreprises en charge des travaux (GTB/SAT), la Mission de Contrôle des travaux, les autorités de la commune et les populations.

Quant au plan de suivi environnemental (cf. [Annexe I.3](#)), il s'agira ici de **suivre un certain nombre de récepteurs d'impacts** (indicateurs) jugés préoccupants. Ce plan se décompose en activités menées de concert avec les travaux de chantier.

L'ensemble des mesures mises en place pour la réalisation du PGES ont été chiffrés, de manière indicative, à hauteur de **74 104 000 FCFA** (cf. [Annexe I.4](#)) (*GID et MEMO, 2011b*)

## IV. RESULTATS D'ETUDE DE CONCEPTION DE L'OUVRAGE

### IV.1 FICHE SYNOPTIQUE DU BARRAGE DE BIGTOGO

Tableau V : Fiche synoptique du barrage de BIGTOGO

<b><u>Localité</u></b> : BIGTOGO	
<b><u>Commune</u></b> : PABRE (KADIOGO)	
<b><u>Coordonnées du site</u></b> : 3°3'18" Ouest et 12°31'30,4'' Nord	
<b>I. Digue</b>	
Type	Homogène en matériau argileux
Côte de calage	300,25 m
Côte du niveau fini	302 m
Longueur en crête	720 m
Talus amont et aval	2H/1V
Largeur en crête	3,5 m
Revanche	0,75 m
Hauteur maximale de digue	5 m
Largeur maximale d'emprise à la base	23,5 m
Clé d'ancrage	3,5 m
Pente des talus de la tranchée d'ancrage	1H/3V
Hauteur du tapis filtrant	0,5 m
<b>II. Déversoir</b>	
Type	Trapézoïdal
Position	frontale
Longueur du seuil déversant	125 m en gueule
Côte PEN	300,25 m
Hauteur au PEN	3,25 m
Capacité cuvette au PEN	2 160 955 m <sup>3</sup>
Surface au PEN	168,3 ha
Niveau PHE	301,75 m
Crue de projet	Centennale Q = 255 m <sup>3</sup> /s
Lame d'eau déversante maximale	1 m

<b>III. Ouvrage de prise</b>	
Diamètre	300 mm
Longueur	28 ml
Matériau	Fonte
Côte de calage	298,37 m
Hauteur d'eau au-dessus de la prise au PEN	1,88 m
Position de la prise	Entre les profils P11 et P12 (à 15 m du profil P12)

## IV.2 ETUDE HYDROLOGIQUE

### IV.2.1. Caractérisation du bassin versant

L'exutoire du bassin versant en amont de la cuvette est défini aux coordonnées :

Tableau VI : Coordonnées du barrage (Borne B1 en rive gauche)

Longitude	Latitude	Description
01°30'23,9'' Ouest	12°31'30,4'' Nord	Coordonnées de la Borne B1 en rive gauche

Les caractéristiques du bassin versant sont les suivantes (cf. [Annexe VI.1](#)) :

Tableau VII : Caractéristiques du bassin versant du barrage de BIGTOGO

Climat	Sahélien
<i>Classe de perméabilité</i>	RI (P3)
<i>Surface (km<sup>2</sup>)</i>	302
<i>Périmètre (km)</i>	85
<i>Typologie du bassin suivant la taille</i>	Grand bassin versant
<i>Typologie du réseau hydrographique</i>	Dendritique
<i>Coefficient de compacité de GRAVELIUS</i>	1,38
<i>Longueur du rectangle équivalent (km)</i>	33,5
<i>Largeur du rectangle équivalent (km)</i>	9
<i>Indice global de pente (M/ km)</i>	1,5

Indice de pente transversale (M/ km)	8
Indice global de pente corrigé (M/km)	3,1
Pente moyenne du réseau hydrographique (M/km)	1,35
Dénivelée spécifique (M)	54,31
Typologie du relief	Relief modéré

Le détaillé des calculs figure en [Annexe II.2](#).

#### IV.2.2. Pluviométrie

L'analyse statistique de la série de pluies a été conduite sur deux échantillons de données pluviométriques recueillies à la station synoptique de PABRE :

- série des pluies moyennes annuelles : 1970 – 2010 (40 valeurs), ajustement à la loi de GAUSS
- série des pluies maximales journalières : 1970 – 2010 (40 valeurs), ajustement à la loi de GUMBEL

Les résultats, consignés en [Annexe II.1](#), permettent de définir pour les **moyennes annuelles** et les **maximales journalières** les quantiles caractéristiques, à un niveau de confiance de 95 %.

#### IV.2.3. Prédétermination de la crue de projet

Le bassin versant n'ayant pas été jaugé, les méthodes ad hoc sont celles de prédétermination des débits de crue et des apports. Les deux méthodes ici employées sont les méthodes CIEH et ORSTOM. Les principaux paramètres ayant conduit à leur détermination sont ici présentés. Le détail de calcul est fourni en [Annexe II.3](#).

##### ❖ *Méthode CIEH ou « méthode statistique » (Puech et Chabi Gonni)*

Cette méthode peut être employée sur des bassins allant jusqu'à 1000 km<sup>2</sup>, relevant de la zone tropicale sèche ou sahélienne de l'Afrique de l'Ouest et du Centre (Puech et al., 1983). Elle donne des résultats satisfaisants pour des bassins présentant des conditions de perméabilité et de relief « moyennes », des valeurs extrêmes pouvant biaiser fortement les calculs.

$$Q_{10} = aS^b P_{an}^c I_g^d K_{r10}^e Dd^f P_{m10}^g$$

Équation 1 : Débit de la crue décennale (EIER/CIEH)

$Q_{10}$  : Débit de crue décennal (m<sup>3</sup>/s)  
 a, b, c, d, e, f, g : Coefficients de régression multiple  
 S : superficie du bassin : 302 km<sup>2</sup>  
 $P_{an}$  : Pluies moyenne annuelle (mm) : 699 mm  
 $I_g$  : Indice global de pente (si corrigé, se référer à la valeur corrigée) : 3,1 m/km  
 $K_{r10}$  : Coefficient de ruissellement décennal, déterminé sur des abaques ORSTOM: 11,6 %  
 Dd : Densité de drainage : 0,2318 km<sup>-1</sup>  
 $P_{m10}$  : Pluie journalière décennale rabattue : 54 mm

Les équations sélectionnées pour l'application de la méthode CIEH sont les équations N°10, 15, 40, 42. Les coefficients et exposants de chacun des paramètres requis par ces équations sont fournies en annexe. La valeur que nous avons retenue est celle de la tendance moyenne, soit:  $Q_{(10, CIEH)} = 55,3 \text{ m}^3/\text{s}$ .

❖ Méthode ORSTOM révisée 1993

La méthode s'applique à des bassins dont la superficie s'étale de 1500 km<sup>2</sup> à quelques dizaines d'hectares, relevant de la zone sahélienne et de la zone tropicale sèche (Puech et al., 1983).

$$Q_{r10} = AP_{10}K_{r10}\alpha_{10}S/T_{b10}$$

Équation 2 : Débit de retour de la crue décennale (ORSTOM)

Etant situé en zone sahélienne, avec un bassin de classe d'infiltrabilité I, nous considérons :

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

Équation 3 : Débit de la crue décennale (ORSTOM)

$Q_{r10}$  : Débit de pointe du ruissellement superficiel décennal (m<sup>3</sup>/s)  
 $Q_{10}$  : Débit de crue décennal par la méthode ORSTOM (m<sup>3</sup>/s)  
 A : Coefficient d'abattement de VUILLAUME : 0,67  
 $P_{10}$  : Pluie journalière décennale (mm), atlas CIEH (1985) : 79,5 mm  
 $K_{r10}$  : Coefficient de ruissellement décennal, obtenu par interpolation  $K_{r70} - K_{r100}$  : 11,6 %  
 $\alpha$  : coefficient de pointe de la crue décennale, généralement pris égal à 2,6.  
 S : Superficie du bassin versant : 302 km<sup>2</sup>  
 $T_{b10}$  : temps de base de la crue décennale : soit 46,2 heures, soit 166320 s.

$$Q_{10,ORSTOM} = 31 \text{ m}^3/\text{s}$$

❖ Débit de crue décennal retenu

L'application des deux méthodes de prédétermination donne deux débits assez différents. En effet, une bonne partie du bassin versant est urbanisée (tracé de routes, aménagement, villages), facteur qui pourrait être responsable d'une certaine incertitude sur les paramètres ayant servi à évaluer les débits.

Toutefois, en s'appuyant sur la check-list de la FAO, la typologie du bassin versant laisse présager un débit de crue décennal proche du débit de crue par la méthode CIEH. La valeur maximale obtenue par les deux méthodes sera retenue, soit le débit de crue retourné par la méthode CIEH.

$$Q_{10} = 55,3 \text{ m}^3/\text{s}$$

❖ Durée de retour de la crue de projet

Pour un dimensionnement allant dans le sens de la sécurité, G. DEGOUTTE (1997) recommande le choix de la durée de retour de la crue de projet suivant les situations suivantes :

**Tableau VIII : Choix de la crue de projet (G. DEGOUTTE, 1997)**

$H(m)^2$ $/\sqrt{V(hm^3)}$	< 5	5 - 30	30 - 100	100 - 700	> 700
Période de retour (ans)	100	500	1 000	5 000	10 000

Dans notre cas, nous définissons un volume prévisionnel maximal de 2 000 000 m<sup>3</sup>, pour une hauteur de digue de 5 m, soit un ratio  $H^2/\sqrt{V}$  égal à 35. Une crue de 1 000 ans est donc recommandée. Mais de façon pratique, nous y avons préféré une crue centennale pour des questions de coûts, mais aussi du fait que par sa taille l'ouvrage reste assez modeste.

❖ Crue de projet

Le débit de crue centennal est obtenu à partir du débit de crue décennal par la méthode du GRADEX, via un coefficient majorateur :

$$C = 1 + \frac{P_{100} - P_{10}}{P_{10}} * \frac{(T_b/24)^{0,12}}{K_{r10}}$$

Équation 4 : Coefficient majorateur du GRADEX

C : Coefficient majorateur

P<sub>100</sub> : Pluie journalière maximale centennale : 111 mm

P<sub>10</sub> : Pluie journalière maximale décennale : 80 mm

T<sub>b</sub> : temps de base de la crue décennale : 46,2 heures

K<sub>r10</sub> : Coefficient de ruissellement décennal : 11,6 %

$$C = 4,6$$

$$Q_{100} = C Q_{10}, \text{ soit } Q_{100} = 255 \text{ m}^3/\text{s}$$

#### IV.2.4. Etude des apports

L'objectif de cette démarche est de nous assurer qu'en toute saison, les apports du bassin versants sont susceptibles de remplir la cuvette. Ces apports sont évalués par la méthode de RODIER. C'est un modèle d'évaluation s'appuyant sur la notion de bassin-type. Nous avons identifié le bassin-type de *Binndé* (Manga) comme étant celui se rapprochant le plus du bassin versant nous concernant. En s'appuyant sur la courbe de distribution des lames écoulées pour des quantiles critiques secs et humides, ainsi que la pluie médiane annuelle, nous obtenons des écoulements générés par ces quantiles sur le bassin versant. (*Compaore, 1996; Karambiri, 2005; Durand, 1996; Gresillon, 1975*).

$$V = K_e * P * S_{BV}$$

**Équation 5 : Apports (RODIER)**

V : Volume des apports (m3)

S<sub>BV</sub> : Surface du bassin versant : 302 km<sup>2</sup>

P : Quantile pluviométrique considéré (mm)

K<sub>e</sub> : Coefficient d'écoulements obtenus par les abaques de RODIER

En année moyenne, les apports sont de 8 443 920 m3 (cf. [Annexe II.4](#))

**Tableau IX : Apports du bassin versant de BIGTOGO**

<i>Année cinquantennale humide (m3)</i>	20 034 378	<i>Année quinquennale sèche (m3)</i>	2 850 095
<i>Année décennale humide (m3)</i>	15 474 480	<i>Année décennale sèche (m3)</i>	4 099 650
<i>Année quinquennale humide (m3)</i>	12 090 570	<i>Année cinquantennale sèche (m3)</i>	5 403 384

### IV.3 ETUDE DE LA CUVETTE

#### IV.2.1. Courbes hauteur – volume et hauteur-surface

Après l'implantation de l'axe de la digue, le tracé des courbes « hauteur – volume » et « hauteur-surface » a été obtenu en estimant les surfaces moyennes entre les plans définis par courbes de niveau se refermant sur l'axe du barrage sur le plan topographique (cf. [Annexe III.1](#) et [Annexe VI.2](#)).

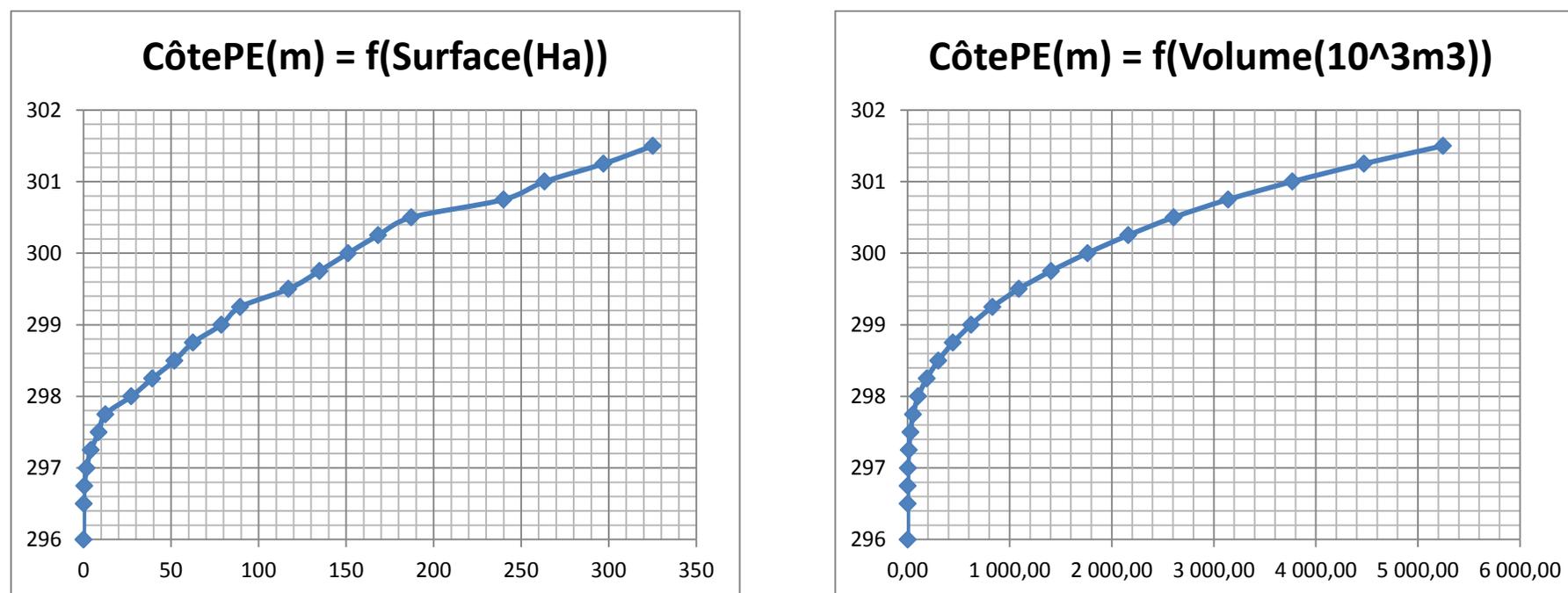


Figure 2 : Courbes Hauteur-Surface et Hauteur-Volume de la cuvette du barrage de BIGTOGO

#### **IV.2.2. Calage du Plan d'Eau**

Le calage du Plan d'Eau Normal (PEN) permet de définir la capacité de stockage de la retenue. Ainsi donc, il doit tenir compte, dans le principe, des besoins en eau.

Mais la présence de certains éléments sur l'espace occupé par la cuvette doit aussi être prise en compte.

- Les locaux de la brigade de gendarmerie sont calés à la côte **302,87 m**,
- La route **RN22** (axe OUAGADOUGOU - KONGOUSSI) est une limite primaire franchissant le cours d'eau à la côte **302,00 m**. Le niveau fini (remblai de la route) est à la côte **303,00 m**.

Il existe par ailleurs d'autres éléments ne constituant pas des facteurs limitatifs, tels deux (02) forages, des pistes et plantations d'arbres présents dans la cuvette.

Il a fallu tenir compte également de la lame d'eau déversante, ainsi que de la revanche libre à adopter. L'idée est de se fixer une côte maximale pour les plus hautes eaux qui n'entraînerait pas de submersion de la RN22). En supposant une **revanche maximale admissible de 75 cm**, ceci étant communément admis pour les petits barrages, nous avons :

$$PHE = 301,25 m$$

Nous avons effectué l'adéquation de cette limite aux besoins en eau domestiques, des animaux et pour l'irrigation (qui sont présentés dans la suite).

Les caractéristiques du plan d'eau à cette côte sont les suivantes :

Tableau X : Caractéristiques de la côte PHE

Désignation	Côte (m)	Surface du plan d'eau (ha)	Volume stocké (m3)
Plus Hautes Eaux (PHE)	301,25	297,08	<b>4 469 080</b>

#### **IV.2.3. Lame d'eau déversante**

Le laminage des crues a été conduit dans l'hypothèse pessimiste de l'**arrivée de la crue de projet au moment où le niveau d'eau dans la retenue atteint le PEN**. L'objectif du calcul est de définir deux paramètres clés qui sont :

- la longueur du seuil déversant,
- la lame d'eau maximale passant par-dessus le seuil déversant.

Il est possible de se fixer une longueur de seuil déversant, et de déterminer par itération la lame d'eau déversante. A l'inverse, la méthode EIER-CIEH (encore dite méthode du « x0 ») permet de déterminer, toujours itérativement, la longueur du seuil déversant une fois que l'on s'est fixé une lame d'eau déversante (cf. [Annexe III.2](#)) (*J-M Durand, 1996; J-M Gresillon 1975*).

Dans le cas présent, la contrainte se situe au niveau de la hauteur. Le choix a été donc porté sur la méthode du « x0 » qui a conduit aux résultats suivants :

- *longueur du seuil déversant* :  $L = 135$  m,
- *lame d'eau déversante* :  $h = 1$  m.

#### **IV.2.4. Revanche libre**

Elle a été définie par la relation de GAILLARD sur la base d'une hauteur de vagues obtenue par la relation de MOLITOR. La valeur retenue pour la revanche libre est de 75 cm (cf. [Annexe III.3](#)) (*M. L. Compaore, 1996*).

#### **IV.2.5. Calage du Plan d'Eau Normal (PEN)**

Le PEN se retrouve à la côte :

$$PEN = PEmax - R - h = (302 - 0.75 - 1) = \mathbf{300,25\ m}$$

Les caractéristiques du plan d'eau à cette côte sont les suivantes :

Tableau XI : Caractéristiques du PEN

Désignation	Côte (m)	Surface du plan d'eau (ha)	Volume stocké (m3)
Plan d'Eau Normal (PEN)	300,25	168,29	<b>2 160 955</b>

#### **IV.2.6. Volume utile de la retenue**

##### *❖ Conjonction avec l'étude des apports en eau du bassin versant*

L'étude des apports en eau du bassin versant, précédemment abordée dans l'étude hydrologique, permet de conclure que les conditions de remplissage de la cuvette sont satisfaisantes. **Le volume d'eau requis au PEN peut être atteint au minimum en une année sèche.**

❖ *Pertes par dépôts solides*

L'estimation de la dégradation spécifique annuelle du bassin versant a été faite par la formule de H. KARAMBIRI (*Karambiri, 1998*). Il a été retenu une valeur moyenne **81,62 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>/an**, soit un volume annuel de dépôts solides de **24 657 m<sup>3</sup>** à la première année.

Nous avons ensuite émis l'hypothèse d'une décroissance à 70% les années suivantes, car d'une année à l'autre, les apports de sédiments diminuent progressivement, du fait des dépôts, du pavage de fond et de l'épilage sur la cuvette. En considérant une durée de vie de 20 ans d'exploitation pour la retenue, le volume cumulé total de **352 582 m<sup>3</sup>** ramène à la côte 298,58 m (cf. [Annexe II.5](#)).

❖ *Pertes par évaporation*

L'évaporation d'un plan d'eau libre se fait à partir des mesures d'évaporation au bac « Classe A » et de la relation de B. POUYAUD (*Gueye, 2005*). Les calculs, (consignés en [Annexe III.4](#)), conduisent à une évaporation totale de 2,168 m sur l'année.

❖ *Pertes par infiltration*

L'infiltration moyenne journalière au Burkina est comprise entre 1 et 5mm. Cependant, l'infiltration est un processus non constant, **qui diminue avec le temps** du fait des dépôts argileux au fond de la cuvette (envasement) (*J-M Gresillon, 1975*).

Par souci de simplification des calculs, nous avons considéré la valeur moyenne de **2,5 mm/j** constante tout au long de la durée de vie de l'ouvrage. En saison des pluies, l'infiltration sera compensée et les pertes ne seront donc à considérer que pendant les **212 jours de saison sèche**, soit une hauteur annuelle de **530 mm** (cf. [Annexe III.5](#)).

❖ *Evaluation du potentiel d'irrigation*

De tout ce qui précède, nous avons établi une simulation de calcul visant à définir les surfaces pouvant être irriguées en riziculture et en maraîchage à partir du volume utile de la retenue.

Il n'est pas possible d'envisager deux campagnes dans l'année. L'option retenue est la **riziculture en semi-pluvial** avec l'eau du barrage. Les calculs de simulations (cf. [Annexe III.6](#)) ont montré que le potentiel d'irrigation du barrage permettrait de couvrir **20 ha** en saison des pluies (irrigation d'appoint) et **17 ha de maraîchage** en contre saison (*GID et MEMO, 2011c*)

#### **IV.2.7. Niveau des Plus Basses Eaux (PBE)**

Les besoins étant entièrement définis, le tracé de la courbe d'exploitation, partant de la cote du PEN (en début septembre) à la cote des **Plus Basses Eaux** (PBE, en fin avril) permettent de définir la cote de la prise d'eau à **298,63 m**.

#### **IV.4 ETUDE DE LA DIGUE ET DES OUVRAGES ANNEXES**

La digue du barrage sera homogène, **en remblai argileux compacté à 95% l'OPN**. Il est à préciser qu'elle est à vocation routière. Il est également prévu un déversoir trapézoïdal, un ouvrage de prise d'eau (qui fera office de vidange).

Les caractéristiques géométriques du remblai de la digue sont ainsi définies :

**Tableau XII : Caractéristiques géométriques du remblai de digue du barrage de BIGTOGO**

<i>Hauteur maximale du remblai de digue (m)</i>	5
<i>Largeur en crête (m)</i>	3,50
<i>Pente des talus (amont et aval)</i>	2H/1V
<i>Largeur maximale en base (m)</i>	23,5
<i>Longueur de la digue (m)</i>	718,91

**Note** : cf. [Annexe IV.1](#) pour les détails concernant la hauteur maximale du remblai. Cf. [Annexe VI.6](#) et [Annexe VI.7](#) pour les schémas de détails de la digue.

#### **IV.3.1. Tranchée d'ancrage**

La tranchée d'ancrage sera remblayée en matériau étanche, afin de lutter contre les lignes préférentielles d'infiltration le long. Le calcul de la tranchée se fait suivant la règle de LANE (cf. [Annexe IV.2](#)). Le rapport d'études géotechnique recommandait comme pour coefficient de LANE les valeurs de 2,5 (en rive gauche), 3 (milieu de digue) et 2,5 (en rive droite).

$$P_{min} = \frac{CH - \frac{L_h}{3} - \sum L_v}{2}$$

**Équation 6 : Profondeur minimale d'ancrage**

Pmin : Profondeur minimale de la tranchée d'ancrage (m)

C : Coefficient de LANE

Lh : longueur des cheminements horizontaux (m)

Lv : longueur des cheminements verticaux (m)

La tranchée sera de forme **trapézoïdale**, avec comme pente de talus **1H/3V** (ce qui facilitera la mise en œuvre par les engins de chantier). La profondeur obtenue est de **1 m**, pour une **clé d'ancrage (largeur en gueule) de 3,5 m**.

#### **IV.3.2. Infiltration à travers la digue**

Le débit d'eau s'infiltrant à travers la digue peut être évalué par deux approches. La première est empirique et s'appuie directement sur le **gradient hydraulique et la loi de DARCY** (M. L. Compaore, 1996; Dr. Harouna Karambiri et Dr. Ismaila Gueye, 2005; J-M Durand, 1996; J-M Gresillon, 1975) :

$$q = K_h H \left( \frac{H}{L} \right)$$

Équation 7 : Débit de fuite à travers une digue en terre homogène (DARCY)

Kh : perméabilité de la digue (m/s), ici prise égale  $10^{-7}$  m/s (digue en matériau du groupe CL)

H : hauteur d'eau en amont de la digue, égale à 5 m.

L : longueur du chemin d'écoulement, prise égale à 25 m

$$q = 10^{-7} \text{ m}^3/\text{s}/\text{ml}$$

Une autre approche de ce même débit peut être faite par la **parabole de KOZENY** (M. L. Compaore, 1996; Dr. Harouna Karambiri et Dr. Ismaila Gueye, 2005; J-M Durand, 1996; J-M Gresillon, 1975), qui produit rigoureusement le même résultat :

$$q = K_r y_0$$

Équation 8 : Débit de fuite à travers une digue en terre homogène (KOZENY)

Les paramètres essentiels au tracé de cette parabole peuvent s'évaluer comme suit :

- $b = H * m_{amont} = 5 * 2 = 10 \text{ m}$
- $d = l_b - 0,7b - l_f = 25 - 0,7 * 10 - 6 = 12 \text{ m}$
- $y_0 = (H^2 + d^2)^{0,5} - d = 1,00 \text{ m}$

L'équation de la parabole de KOZENY est :  $y^2 = 1 - 2x$ . On obtient le débit de fuite :

$$q = 10^{-7} \text{ m}^3/\text{s}/\text{ml}$$

Nous pouvons donc prévoir un débit d'infiltration à travers la digue de  $Q = 7,2.10^5 \text{ m}^3/\text{s}$ , soit un volume infiltré à travers la digue de **2267,15 m<sup>3</sup>/an** (0,1% du volume de la cuvette), ce qui reste négligeable.

### **IV.3.3. Tapis filtrant**

En supposant une perméabilité de type  $K_f = 100K_r$  pour le matériau filtrant, nous pouvons évaluer l'épaisseur à donner au tapis-filtrant par la formule de POST-LONDE (M. L. Compaore, 1996; Dr. Harouna Karambiri et Dr. Ismaila Gueye, 2005; J-M Durand, 1996; J-M Gresillon, 1975) :

$$e = \sqrt{\frac{q(l_f - \frac{q}{K_r})}{K_f}}$$

Équation 9 : Epaisseur du tapis filtrant (POST-LONDE)

La valeur retenue est de **0,5 m** d'épaisseur pour une longueur de **6 m**. Le filtre sera en sable tamisé). Il ne devra contenir aucun élément plus gros que 75 mm, avec moins de 5% des éléments inférieurs à 80 µm.

**Le filtre sera placé uniquement qu'aux endroits où la charge d'eau est supérieure à 2,5 m aux PHE** (sur une longueur de 190 m, des profils P11 à P19).

### **IV.3.4. Protection de la digue**

#### **❖ Crête**

La couche supérieure du remblai sera constituée de tout-venant graveleux latéritique compacté (épaisseur de 20 cm). Elle aura une pente transversale de 3% vers l'aval pour éviter les stagnations d'eau sur la crête et les désagréments liés au ruissellement sur le talus aval.

- Côte de la crête en aval : 302 m
- Côte de la crête en amont : 302,11 m

Un mur de crête en maçonnerie de moellons en prolongement du talus amont de dimensions 30cm (hauteur) x50cm (épaisseur) est également prévu en amont de la digue.

❖ Talus

Le talus amont sera recouvert de perré sec fait de moellons latéritiques d'épaisseur 25 cm minimum. La couche de transition sera en tout venant latéritique, d'épaisseur 10 cm. Le perré sera bloqué par une butée de pied de forme triangulaire (largeur en gueule de 1,5m pour une profondeur de 0,5m – talus 2H/1V côté digue et 1H/1V côté eau).

Le talus aval sera recouvert d'une couche de matériaux latéritiques de 20 cm d'épaisseur (compactés à 98% de l'OPN). Un drain de pied sera aménagé en pied de talus pour la collecte des eaux pluviales et des eaux percolant à travers le remblai. Il sera rempli d'enrochements rangés à la main et de même caractéristiques géométriques que la butée de pied amont.

### **IV.3.5. Evacuateur de crue**

La digue est de type routier, comportant un déversoir-radier. Cela permettra de faciliter le trajet entre BIGTOGO en droite gauche et les villages avoisinants, en rive gauche. Le déversoir sera en position **centrale**, ce qui permet d'utiliser le lit naturel comme chenal d'évacuation des crues. Le périmètre irrigué sera positionné en rive gauche, à l'aval. Le déversoir a été calé à la côte PEN, soit **300,25 m**. Les caractéristiques du déversoir sont les suivantes :

Tableau XIII : Caractéristiques géométriques de l'évacuateur de crue du barrage de BIGTOGO

<i>Longueur en base (m)</i>	75
<i>Hauteur, incluant la revanche libre (m)</i>	1,88
<i>Pente des rampes (%)</i>	8
<i>Longueur des rampes (m)</i>	25
<i>Longueur en gueule (m)</i>	125

Note : cf. [Annexe VI.8](#), [Annexe VI.9](#) et [Annexe VI.10](#) pour les schémas de détail.

### **IV.3.6. Dissipation d'énergie**

Le bassin de dissipation servira à amortir l'énergie de chute et son action érosive. Il doit pouvoir contenir le ressaut hydraulique à l'aval.

Les étapes de calcul ainsi sont consignées en ([Annexe IV.3](#)) (*M. L. Compaore, 1996*). En rappel, la cure de projet de 255 m<sup>3</sup>/s est laminée à **241,4 m<sup>3</sup>/s**. Il a été retenu un **bassin à ressaut de type II** (en considérant le Nombre de Froude supérieur à 4,5 et la vitesse d'entrée

inférieure à 15 m/s).

**Tableau XIV : Caractéristiques géométriques du bassin de dissipation**

Longueur du bassin de dissipation (m)	5
Profondeur du bassin de dissipation (m)	0,6
Epaisseur du bassin de dissipation (m)	0,25
Hauteur du seuil terminal (cm)	60
Hauteur des blocs chicanes (cm)	45
Distance entre blocs chicanes (cm)	30

Pour la mise en œuvre, il est envisagé une couche de sable filtrante de 10 cm d'épaisseur en dessous du béton cyclopéen et des barbacanes traversant ledit béton. A l'aval sera aménagé une rangée de gabions de blocage (2 x 1 x 0,5m, ancrés à 30 cm), qui agira comme un dispositif « contre-digue ».

#### **IV.3.7. Chenal d'évacuation**

Les eaux déversées seront acheminées par un chenal d'évacuation de **50 m de long**, longeant le périmètre en rive gauche et délimité par des **diguettes de protection**. Les caractéristiques du chenal ont été définies par les lois d'écoulement en surface libre (*Amadou Lamine MAR, 2004*). Le détail de calcul est consigné en [Annexe IV.4](#).

**Tableau XV : Caractéristiques du chenal d'évacuation**

<i>Pente longitudinale (m/km)</i>	4
<i>Pente des talus</i>	1H/1V
<i>Profondeur (m)</i>	2
<i>Ks</i>	25
<i>Largeur en gueule (m)</i>	25
<i>Tirant d'eau maximal (m)</i>	1,6
<i>Débit maximal (m<sup>3</sup>/s)</i>	258
<i>Vitesse d'écoulement (m/s)</i>	2,11

#### **IV.3.8. Ouvrage de prise et de vidange**

L'ouvrage de prise fera office de vidange et sera localisé en rive gauche, en amont du périmètre, **entre les profils P11 et P12** (à 15 m du profil P12). Il se composera des ouvrages suivant (de l'amont vers l'aval) :

- **un bac de réception en amont** en béton armé, protégé par une grille à mailles serrées en fer D10. La côte d'entrée de l'eau dans ce bac est de 297,87 m. La charge utile d'eau est de 2 m au PEN (contre 13 cm aux PBE). Le bac sera équipé d'un escalier pour la descente en acier HA10,
- **une conduite en fonte D300** enrobée dans un massif de 20 cm de béton ordinaire, en **penne longitudinale de 1‰**, de longueur totale 28m,
- **deux (02) écrans anti-renards** en béton armé, de dimensions 80cm (hauteur) x 70 cm (largeur) x 20 cm (épaisseur).
- **un bac de réception en aval** en béton armé composé d'une chambre de vannes, d'une chambre de réception et d'un mur-impact en béton armé. Il sera équipé de deux échelles de descente en acier HA12, la chambre de vannes étant fermée par une grille en acier HA10.

En se basant sur un modèle de vidange d'un réservoir, les lois de débit écoulant sous charge permettent de vérifier l'aptitude du diamètre choisi (*Amadou Lamine MAR, 2003*) pour la conduite à la vidange de la retenue. Les détails de calculs sont consignés en [Annexe IV.5](#).

**Note** : cf. [Annexe VI.11](#), [Annexe VI.12](#) et [Annexe VI.13](#) pour les schémas de détail.

#### **IV.3.9. Calcul de stabilité**

Les études de stabilité permettent de vérifier que la structure d'ensemble résiste aux phénomènes de renversement et de glissement sous l'action des sollicitations extérieures ainsi que l'adéquation des pentes de talus.

Pour ce faire nous avons conduit cette étude de la manière suivante :

- **une étude de stabilité pour le déversoir**, qui se compose d'une vérification de la stabilité au renversement et au glissement,
- **une étude de stabilité pour la digue**, qui se compose d'une étude de stabilité des talus par la méthode des cercles de glissement.

Les résultats permettent de valider les caractéristiques géométriques définies précédemment (cf. [Annexe IV.6](#)) (J-M Durand, 1996).

#### **IV.3.10. Avant-métré et coût général de l'ouvrage**

L'avant-métré a permis de définir les cubatures de la tranchée d'ancrage (cf. [Annexe V.1](#)) et de digue (remblai et béton pour le déversoir, cf. [Annexe V.2](#)), ainsi que les surfaces de talus pour l'estimation des couches de pose.

Le devis estimatif des travaux se chiffre à **375 939 757 FCFA (TTC)** après actualisation. Le devis détaillé figure en [Annexe V.3](#).

## **V. SYNTHÈSE DU SUIVI DE CHANTIER ET DISCUSSION**

Nous présenterons dans cette partie les différentes parties prenantes dans l'exécution du présent projet, ainsi que des moyens matériels mis en œuvre. Nous ferons une synthèse de l'état d'avancement des travaux. Nous terminerons par des remarques et des recommandations formulés par la mission de contrôle des travaux à l'endroit de l'entreprise exécutant le présent marché.

### **V.1 DONNEES DE PROJET**

Les données techniques du présent marché sont, de manière succincte :

- la réalisation d'une digue homogène en terre de 720 m,
- la réalisation d'un déversoir de 125 m de long,
- la réalisation d'un ouvrage de prise de 28 ml.

Les différentes parties prenantes impliquées dans l'exécution du présent projet sont :

- *Maîtrise d'ouvrage* : **Conseil Régional du Centre (CRC)**,
- *Maîtrise d'ouvrage déléguée* : **Direction Régionale de l'Agriculture et de l'Hydraulique du Centre (DRAHC)**,
- *Ingénierie, supervision et contrôle des travaux* : **Emergence Ingénierie**,
- *Entreprise* : groupement conjoint et solidaire **GTB/SAT-International**.

Les références du marché de travaux :

- *Contrat* : N°CR/03/05/01/03/2011/00115 ;
- *Attributaire* : groupement conjoint et solidaire **GTB/SAT-International** – par notification à la date du 16/11/2011 ;
- *Durée d'exécution* : 6 mois ;
- *Financement* : budget du conseil régional du centre – exercice 2011/2012 ;
- *Montant* : 347 845 620 FCFA (TTC) ;
- *Démarrage des travaux* : 02/02/2012.

## V.2 PLANNING DES TRAVAUX

Le planning proposé au démarrage des travaux et validé au dossier d'exécution s'étale sur le délai contractuel de 6 mois.

Tableau XVI : Planning des travaux de réalisation du barrage de BIGTOGO

Activités	Mois 1				Mois 2				Mois 3				Mois 4				Mois 5				Mois 6			
	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S2	S2	S2	S2	S2
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4
Installation d'ouvrages - Gerbage du matériau latéritique																								
Débroussaillage - Décapage - Abattage d'arbres																								
Terrassements et déblai aux engins																								
Déblai manuels																								
Béton et béton armé																								
Remblai compacté - Couronnement																								
Gabions et matelas																								
Perré maçonné, enrochements																								
Enrochements en vrac																								
Joints, bitumineux, water-stops, divers																								
Nettoyage, réception et repli																								

### V.3 EXECUTION DES TRAVAUX

La synthèse des travaux réalisés, durant les trois premiers mois se présente comme suit :

Tableau XVII : Travaux réalisés par le groupement d'entreprises GTB/SAT

Périodes	Février 2012	Mars 2012	Avril 2012
<b>Tâches effectuées</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaboration des documents contractuels</li> <li>• Implantation de l'axe de la digue</li> <li>• Nettoyage de l'emprise</li> <li>• Ouverture de la tranchée d'ancrage</li> <li>• Approvisionnement du chantier en agrégats (Moellons : 1285m3, Sable : 14m3, Gravier : 28 m3)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Exécution de la tranchée d'ancrage</li> <li>• Remblai de la tranchée</li> <li>• Gerbage du matériau argileux</li> <li>• Remblaiement du corps de la digue en rive gauche et en rive droite</li> <li>• Nettoyage de la zone d'emprunt du matériau argileux</li> <li>• Approvisionnement du chantier en agrégats (Moellons : 1623 m3, Sable : 400 m3, Gravier : 14 m3)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Remblaiement de la tranchée d'ancrage au droit du lit mineur</li> <li>• Gerbage du matériau argileux</li> <li>• Remblaiement du corps de la digue</li> <li>• Implantation et fouille de l'ouvrage de prise</li> <li>• Abattage d'arbres dans la cuvette</li> <li>• Approvisionnement du chantier en agrégats (Moellons : 2250 m3, Sable : 639 m3, Gravier : 254 m3)</li> </ul>
<b>Délai consommé</b>	17 %	33 %	50 %

<b>Taux d'exécution</b>	7 %	19,38 %	32,37 %
<b>Observations</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pannes répétées des engins de chantier mobilisés par l'entreprise</li> <li>• Manque d'organisation dans la gestion du chantier</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Quelques ruptures dans la disponibilité des matériaux pour le remblai, l'eau, carburant,...</li> <li>• Manque de motivation du personnel de chantier</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nette progression, mais la cadence générale des travaux reste lente</li> </ul>

L'équipe en charge des travaux se compose d'un conducteur de travaux, d'équipes topographique et géotechnique, ainsi que des conducteurs d'engins, chauffeurs, manœuvres, gardiens et commis.

Le matériel mobilisé sur le chantier se compose de bulldozers, pelles chargeuses et pelles excavatrices, camions-bennes et citernes, de compacteurs, de niveleuses ainsi que de lots de matériel géotechnique et topographique.

#### **V.4 RECOMMANDATIONS DE LA MISSION DE CONTROLE**

Dans l'ensemble, depuis le démarrage du chantier jusqu'alors, le constat évident est un retard dans l'avancement des travaux. **À 50% du délai contractuel consommé, l'état d'avancement général des travaux est de 32,34%.**

La raison la plus évidente se retrouve dans l'état du matériel employé par l'entreprise. Bien que la quantité d'engins mobilisés soit nettement supérieure aux besoins réels, les engins tombaient (très) fréquemment en panne, ralentissant la cadence des travaux, surconsommant le carburant pendant les deux premiers mois de chantier.

Il a été aussi noté quelques manquements dans l'organisation de la vie de chantier, entre autres : *absence de réunions de chantier, plannings hebdomadaires et mensuels souvent incohérents, absence d'évaluation personnelle et d'introspection par l'équipe en charge du chantier, manque de méthode dans le prélèvement des matériaux des zones d'emprunts, entreposage des agrégats provenant de différentes zones sans identification claire, trop grande tendance à l'optimisme dans les prévisions sur l'évaluation des travaux, etc.*

La mission de contrôle n'a pas manqué de relever tous ses manquements lors de chaque visite hebdomadaire de chantier, remarques reprises et consignées dans les procès-verbaux. A l'issue de ces trois premiers mois (50 % du délai consommés), l'idée a été émise de renforcer le personnel de chantier, et également de proposer une mesure de protection contre la saison des pluies déjà avancées, de sorte à pouvoir continuer les travaux.

En outre, la mission de contrôle a affecté des réceptions et approbations, ainsi que des activités de contrôle à pied d'œuvre, au fur et à mesure de l'avancée du chantier. La synthèse figure dans le tableau ci-dessous :

Tableau XVIII : Suivi de la mission de contrôle

	Février 2012	Mars 2012	Avril 2012
<b>Approbation de documents</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Approbation du dossier d'exécution</li> <li>• Formulations d'observations à l'endroit dudit document</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Validation du dossier d'exécution finalisé</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Approbation des résultats des analyses géotechniques de l'extension de la zone d'emprunt d'argile</li> </ul>
<b>Contrôle à pied d'œuvre et réceptions</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Suivi de l'implantation de l'axe de la digue</li> <li>• Suivi des travaux de fouille et de transport</li> <li>• Contrôle du dépôt effectif des produits de déblais dans les zones agréées par les riverains</li> <li>• Suivi de la préparation de la zone d'emprunt</li> <li>• Réception des travaux d'implantation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Suivi de l'excavation et du remblaiement de la tranchée d'ancrage et du corps de la digue</li> <li>• Suivi du déboisement</li> <li>• Contrôle du dépôt effectif des produits de déblais dans les zones agréées par les riverains</li> <li>• Suivi de la préparation de la zone d'emprunt (argile et latérite)</li> <li>• Réception des côtes de fond de fouille et de la compacité des remblais</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Suivi de l'excavation et du remblaiement de la tranchée d'ancrage et du corps de la digue</li> <li>• Suivi de l'implantation de fouille de l'ouvrage de prise</li> <li>• Suivi de la préparation de la zone d'emprunt</li> <li>• Réception des travaux d'implantation</li> <li>• Réception des compacités de remblai</li> </ul>

## **VI. CONCLUSIONS**

Le projet présent projet de construction de barrage et aménagement, initié par l'Etat, à travers le Conseil Régional du Centre, devrait permettre, à terme, l'essor socio-économique pour l'ensemble de la commune de PABRE. De l'étude, que nous venons de présenter dans les détails, l'ouvrage mobilisera plus de 2 millions de mètres cube d'eau et offrira ainsi aux populations locales une source pérenne en eau qui devrait faciliter les activités actuelles et en susciter de nouvelles. Il appartient aux bénéficiaires, en grande partie tout au moins, de s'approprier l'ouvrage et de s'impliquer dans sa gestion, afin de rentabiliser au mieux le potentiel qu'il représente.

Cependant, le présent projet n'est qu'une étape. La pleine exploitation de la ressource nécessite de passer à une seconde phase, qui la mise en œuvre du périmètre. Dans le corps de l'étude, nous avons abordé la question en définissant le potentiel exploitables en terres à l'aval, ainsi que les solutions possibles à partir de la retenue : riziculture en semi-pluvial et maraichage en contre-saison. Ces activités cadrent avec les habitudes des populations locales, ce qui devrait faciliter la mise en œuvre et l'effectivité du périmètre aménagé. Un avant-projet détaillé devra être mené à ce sujet afin de statuer sur la conception de l'aménagement et proposer un dimensionnement final pour le réseau d'irrigation. Par suite, la question d'écoulement sur le marché des produits de culture ne se pose pas (sinon presque), du fait de la proximité immédiate d'un grand point de consommation : OUAGADOUGOU.

A terme, le présent projet nous a non seulement permis de mettre en application l'ensemble de nos acquis et compétences en sciences et techniques de l'ingénieur, mais aussi et surtout de nous frotter à un cas tangible : une expérience riche que nous entendons mettre au service de nos populations.

## **VII. RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES**

Le présent projet de réalisation, économiquement et techniquement viable, ne doit pas se limiter à la simple exécution. Pour qu'il soit une réussite, à tous points de vue, il est nécessaire que les parties prenantes mènent ensemble des actions ciblées et concertées.

Une fois l'ouvrage réalisé, il est recommandé de mettre en application un dispositif d'entretien de l'ouvrage. Le barrage de BIGTOGO se range dans la catégorie des petits barrages et ne nécessite donc que d'un suivi **léger**, mais **nécessaire** (Royet, 1994).

Ainsi donc, les exploitants de la zone veilleront à constituer un **comité de surveillance et d'entretien** qui héritera d'un certain nombre de prérogatives :

- un suivi de la limnimétrie de la retenue,
- l'observation régulière de l'ouvrage afin de détecter rapidement les défauts visibles (détériorations, fissures, inégalités de tassement, fuites, éboulements, érosion régressives) et saisir rapidement les autorités chargées de l'hydraulique,
- surveillance du respect de la bande de servitude à l'aval de la digue par les autres exploitants,
- la construction et l'entretien de diguettes antiérosives en amont de la cuvette afin de limiter l'envasement de la cuvette.

Il appartient également aux autorités communales de s'investir dans la gestion de l'ouvrage, d'élaborer, en accord avec les villages concernés, les modalités de sa gestion.

Enfin, s'il est vrai que le barrage en lui-même représente une indéniablement une ressource susceptible de donner un regain à l'activité de la région, il n'en est pas moins vrai que la fonction première du barrage de BIGTOGO est de fournir un support pour l'irrigation. En conséquence, il appartient aux autorités en charge (Conseil Régional du Centre et ses démembrements) d'envisager au plus tôt l'aménagement du périmètre irrigué prévu en aval.

## BIBLIOGRAPHIE

### Ouvrages et articles

- Amadou Lamine MAR, (2003). *Cours d'hydraulique : Ecoulements en charge*. EIER. : ISBN ET HG(61).  
ET HG(61)
- Amadou Lamine MAR, (2004). *Cours d'hydraulique : Ecoulements à surface libre*. EIER-ETSHER. : ISBN ET HG (67).  
ET HG (67)
- Aupelf-Ept, (1983). *Barrages en terre et développement en zones rurales en Afrique*. AUPELF-EPT. : ISBN CI-00809.  
CI-00809
- C. Puech, D. Chabi-Gonni, (1983). *Méthode de calcul des débits de crue décennale pour les petits et moyens bassins versants en Afrique de l'Ouest et centrale*. CIEH. : ISBN ET GEOP1(25).  
ET GEOP1(25)
- Cefigre, (1987). *Un exemple de courbe d'objectif de remplissage de barrage - Réservoir*. 1987: CEFIGRE.  
CI-11111.2
- Cieh, Orstom et Lct-Cemagref-Enagref, (1994). *Crues et apports : Manuel pour l'estimation des crues décennales et des apports annuels pour les petits bassins versants non jaugés de l'Afrique sahélienne et tropicale sèche*. In : *Bulletin FAO d'irrigation et de drainage*. 1994. n° 54.
- Dr. Harouna Karambiri et Dr. Ismaila Gueye, (2005). *Petits barrages en terre*. 2005. UTER GVEA/UTER ISM (2iE).
- F. Certain, (1987). *Laminage de crue à la traversée d'un barrage*. CEFIGRE. : ISBN CI-11111.14.  
CI-11111.14
- GID et MEMO, (2011) (a). *Etude d'avant-projet détaillé du barrage de BIGTOGO : Etude socio-économique*. 2011.
- GID et MEMO, (2011) (b). *Etude d'avant-projet détaillé du barrage de BIGTOGO : Notice d'Impact environnemental*. 2011.
- GID et MEMO, (2011) (c). *Etude d'avant-projet sommaire du périmètre irrigué de BIGTOGO*. 2011.
- Global Water Partnership (GWP/AO), (2009). *Evaluation de la gouvernance de l'eau au Burkina Faso : Analyse de la situation et actions prioritaires*. 2009. GWP/AO.
- INSD, (2006). *Recensement Général de la Population et de l'Habitat*. 2006.
- J. Rodier et C. Auvray, (1965). *Estimation des débits de crues décennales pour les bassins versants de superficie inférieure à 200 km<sup>2</sup> en Afrique occidentale*. ORSTOM: ISBN ER 0257.  
ER 0257
- J-M Durand, (1995). *La pathologie, l'entretien, le suivi et l'exploitation des petits barrages en Afrique – Memento à l'usage du technicien supérieur*. ETSHER. : ISBN ER 6325.  
ER 6325
- J-M Durand, (1996). *Petits barrages pour l'équipement rural en Afrique*. ETSHER. : ISBN ER 6325.
- J-M Gresillon, (1975). *Barrages en terre*. EIER. : ISBN CI-08396.  
CI-08396
- M. L. Compaore, (1996). *Cours de barrages*. 1996: EIER.

ET GENI2(351)

Ministère de l'Eau. Office National des Barrages et des Aménagements Hydro-Agricoles.  
Ouagadougou / BF, (1987). *Barrage de Gaskaye : département de Pabré, province  
d'Oubritenga*. ONBAH. : ISBN ER 1322.

ER 1322

P. Ribstein, (1987). *Prédétermination des crues sur petits bassins ruraux*. CEFIGRE. :  
ISBN CI-11111.7.

CI-11111.7

P. Royet, (1994). *La surveillance et l'entretien des petits barrages : guide pratique*.  
CEMAGREF. : ISBN 978-2-85362-383-4.

ER 1988

WaterAid-BF et Emesa, (2009). *Plan Communal de Développement Sectoriel -  
Approvisionnement en Eau Potable et Assainissement de la commune de PABRE*.  
2009.

## ANNEXES

<b>Annexe I : Plan de Gestion Environnemental et Social (PGES).....</b>	<b>45</b>
I.1 Tableau I : Grille d'évaluation des impacts .....	45
I.2 Tableau II : Plan de mise en œuvre des mesures d'atténuation.....	47
I.3 Tableau III : Plan de Suivi Environnemental et Social .....	49
I.4 Tableau IV : Evaluation du coût du PGES.....	51
<b>Annexe II : Etude hydrologique .....</b>	<b>52</b>
II.1 Synthèse de l'analyse fréquentielle des pluies .....	52
II.2 Caractérisation du bassin versant .....	53
II.3 Détermination de la crue de projet.....	54
II.4 Apports en eau du bassin versant .....	55
II.5 Dépôts solides .....	56
<b>Annexe III : Etude de la cuvette .....</b>	<b>57</b>
III.1 Données de tracé des courbes caractéristiques de la cuvette.....	57
III.2 Laminage de crue .....	57
III.3 Revanche libre .....	58
III.4 Evaporation .....	59
III.5 Infiltration .....	59
III.6 Exploitation de la retenue .....	59
<b>Annexe IV : Dimensionnement de la digue et ANNEXES.....</b>	<b>62</b>
IV.1 Hauteur de digue .....	62
IV.2 Tranchée d'ancrage .....	62
IV.3 Bassin de dissipation.....	62
IV.4 Chenal d'évacuation.....	63
IV.5 Ouvrage de prise et de vidange .....	64
IV.6 Etudes de stabilité .....	65
<b>ANNEXE V : METRE ET DEVIS .....</b>	<b>69</b>
V.1 Tranchée d'ancrage .....	69
V.2 Digue.....	70
V.3 Devis quantitatif et estimatif des travaux .....	72
<b>Annexe VI : Cartes et Plans .....</b>	<b>75</b>
VI.1 Bassin Versant en amont de la cuvette.....	75
VI.2 Plan topographique de la cuvette .....	76
VI.3 Sondages dans l'axe de la digue.....	77
VI.4 Sondages dans la cuvette pour la détermination des zones d'emprunt.....	77
VI.5 Coupes des sondages AT1 à AT5 (dans l'axe de la digue) .....	78
VI.6 Profil en long de la digue .....	79
VI.7 Vue en plan et coupe de la digue .....	80
VI.8 Vue en plan du déversoir .....	81
VI.9 Coupe du déversoir – Bassin de dissipation.....	82
VI.10 Plan de détails de ferrailage .....	83
VI.11 Vue en plan de l'ouvrage de prise.....	84
VI.12 Vue en coupe de la prise d'eau .....	85
VI.13 Plans de ferrailage des bacs amont et aval .....	86

**ANNEXE I : PLAN DE GESTION ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL (PGES)**

**I.1 Tableau I : Grille d'évaluation des impacts**

Sources d'impacts		Récepteurs d'impacts												
		Milieu physique et biologique							Milieu humain					
		Qualité de l'air	Eaux de surface	Eaux souterraines	Sols	Végétation	Faune/Microfaune	Paysage	Santé publique	Emploi	Circulation	Activité économiques	Patrimoine culturel	Qualité de vie
Phase de démarrage	Installation chantier	N	O	O	N	N	O	N	N	P	O	P	O	O
	Transport et circulation de main d'œuvre, machines et matériaux	N	O	O	N	N	N	N	N	P	N	P	O	N
	Déblais, mise en dépôt tout venants	N	O	O	N	N	N	N	N	O	O	O	O	N
	Exploitation emprunts et carrières	N	O	O	N	N	N/P	N	N	P	N	O	O	N
	Remblaiement des digues	N	N	O	N	N	N	N	N	O	N	P	O	O
Phase de travaux	Dessouchage dans l'aire du barrage et du périmètre	N	O	O	N	N	N	N	O	P	N	O	O	O
	Maçonnerie des ouvrages	N	N	O	-	N	O	N	N	P	N	P	O	O
	Construction ouvrages connexes (drains, protections)	N	N/P	O	N	N	N	N	N	P	N	O	O	O

*Etude d'actualisation, de supervision et contrôle d'exécution du barrage de BIGTOGO*

<b>Phase de travaux</b>	<b>Repli de chantier</b>	N	N	O	N	N	N	N	O	O	O	O	O	O
	<b>Plantation d'arbres</b>	O	O	O	N	P	P	P	O	P	O	P	O	P
	<b>Déplacement et réinstallation des populations</b>	O	O	N	N	N	O	N	N	P	O	N/P	O	N/P
<b>Phase d'exploitation</b>	<b>Entretien courant</b>	N	N	O	N	O	O	O	N	P	N	O	O	N/P

**Légende** : N = Négatif, P = Positif, N/P = Positif et Négatif, O = Nul ou négligeable

**I.2 Tableau II : Plan de mise en œuvre des mesures d'atténuation**

Impacts (positifs et négatifs)	Mesures d'atténuation	Responsabilités		Phase de projet
		Planification	Mise en œuvre	
Risques d'accidents lors du débroussaillage, dessouchage, remblaiement, déblaiement	Sensibiliser les ouvriers, les doter d'équipement de protection et de trousse de soins	BUNED, MDC, entreprise	Entreprise	Pendant les travaux
Transmissions de MST	Sensibilisation du personnel de chantier et des populations	MAH, Entreprise	MAH, entreprise	Avant et pendant les travaux
Nuisances diverses,	Gestion efficace des déchets solides et liquides, arrêt des travaux de nuit sauf dérogation	Entreprise, population	Entreprise	Avant et pendant les travaux
Détérioration de la qualité de l'air ambiant	Arrosage périodique des pistes	MAH, BUNED, MDC	Entreprise	Pendant les travaux
Destruction de la végétation	Sensibiliser le personnel de chantier sur le respect de l'environnement, reboisement en guise de compensation sur les barrages du barrage en fin de travaux, Restaurations des carrières et zones d'emprunts	BUNED, MAH, MDC, entreprise, population	MAH, BUNED, MDC, Entreprise, population	Pendant et après les travaux

*Etude d'actualisation, de supervision et contrôle d'exécution du barrage de BIGTOGO*

Braconnage	Interdiction d'abattage des animaux	Direction de l'environnement, MAHRH, BUNED, Entreprise	Direction de l'environnement, Entreprise	Pendant les travaux
Diminution de la ressource en eau exploitée	Prélèvement interdits sur les points d'eau sensibles pour les travaux	MAH, BUNED, MDC, entreprise et populations	Entreprise	Pendant les travaux
Pollution du milieu par les activités de chantier	Sensibilisation du personnel de chantier, plan de gestion des déchets	MAH, BUNED, MDC, entreprise	MAH, entreprise	Pendant les travaux
Perte de plantations, maisons et terrains	Indemnisation des propriétaires Réinstallation sur d'autres sites	MAH, Commune, entreprise	Commune, entreprise	Démarrage des travaux

### **I.3 Tableau III : Plan de Suivi Environnemental et Social**

<b>Composante du milieu</b>	<b>Activité à mener</b>	<b>Paramètres et indicateurs de suivi</b>	<b>Période</b>	<b>Responsabilité</b>
Santé publique et sécurité	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Campagne de sensibilisation sur les IST/VIH-SIDA</li> <li>• Sensibilisation sur l'hygiène et l'assainissement</li> <li>• Mise en place d'une unité de santé pour la prise en charge rapide des accidents de chantier</li> <li>• Mise en place de balises, de signalisations et de panneaux de chantier</li> <li>• Dotation d'équipements adéquations</li> <li>• Interdictions de travaux de nuits, de consommations d'alcool et excitants par le personnel</li> <li>• Information et sensibilisation des populations sur les risques liés à la présence du chantier</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maladies respiratoires</li> <li>• Qualité de l'air ambiant</li> <li>• Nombre d'accidents observés</li> <li>• Aptitude à la prise en charge des accidents de chantier</li> <li>• Nombre de séances de sensibilisation</li> </ul>	Avant et pendant les travaux	MDC, Comité de suivi

*Etude d'actualisation, de supervision et contrôle d'exécution du barrage de BIGTOGO*

Patrimoine culturel	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Respect des lieux de culte</li> <li>• Signalisation de tout vestige culturel ou archéologique découvert</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adhésion des autorités coutumières</li> <li>• Nombre de site profanés</li> </ul>	Pendant les travaux	Autorités coutumières, MDC, Comité de suivi
Composante du milieu	Activité à mener	Paramètres et indicateurs de suivi	Période	Responsabilité
Emploi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recrutement de la main d'œuvre locale</li> <li>• Développement du petit commerce</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nombre de personnes embauchées</li> </ul>	Pendant les travaux	Entreprise
Circulation	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Signalisations de chantier (balises et panneaux)</li> <li>• Imposition d'une vitesse minimale aux engins de chantier</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Existence d'une signalisation</li> <li>• Nombre d'accidents</li> <li>• Respect des limitations</li> </ul>	Pendant les travaux	MCD, Comité de suivi

**I.4 Tableau IV : Evaluation du coût du PGES**

Mesure	Détail d'évaluation	Unité	Quantité	Coût unitaire (FCFA)	Coût total (FCFA)
Etudes complémentaires	Evaluation précise des biens affectés et des enquêtes complémentaires	U	FF		3 000 000
Suivi environnemental	Suivi mensuel de la mise en œuvre du PGES par le service forestier	Mois	24	100 000	2 400 000
Remise en état du site et des carrières	Remise en état du site avec l'aide des populations, végétalisation des sites	Ha	FF		5 000 000
Sensibilisation	Santé, sécurité				1 000 000
Protection des berges	Aménagement et plantation des berges avec les espèces locales	Ha	FF		10 000 000
Reboisement compensatoire	Reboisement pour composer les arbres abattus lors des travaux par des pépinières				4 000 000
Clôture du périmètre par une haie vive		MI	FF		2 000 000
Indemnisations	Expropriations (plantations, habitations)				10 000 000
Réalisation de forages	3 forages pour les villages riverains	U	3	8 000 000	24 000 000
	Cahier de charges				1 400 000
<b>Total HT</b>					<b>62 800 000</b>
<b>TVA (18%)</b>					<b>11 304 000</b>
<b>Total TTC</b>					<b>74 104 000</b>

## ANNEXE II : ETUDE HYDROLOGIQUE

### II.1 Synthèse de l'analyse fréquentielle des pluies

❖ *Données en entrée :*

- série des pluies moyennes annuelles : 1970 – 2010 (40 valeurs), ajustement à la loi de GAUS : sur ladite série, le mode, la médiane et la moyenne sont proches. Vu la nature des données traduites par cette série (moyennes annuelles), nous avons postulé pour ajustement à la loi normale
- série des pluies maximales journalières : 1970 – 2010 (40 valeurs), ajustement à la loi de GUMBEL, qui se justifie par la nature extrême du phénomène caractérisé par les données (maximales journalières).

❖ *Pluies moyennes annuelles*

<b>Moyenne</b>	699 mm	<b>Minimum</b>	432 mm
<b>Médiane</b>	653 mm	<b>Ecart type</b>	33,4 mm
<b>Maximum</b>	1135,5 mm	<b>Mode</b>	688 mm

<b>Période sèche</b>		<b>Durée de retour (ans)</b>	<b>Période humide</b>	
<b>Fréquence</b>	<b>Pluie (mm)</b>		<b>Pluie (mm)</b>	<b>Fréquences</b>
0,0001	247,3	10000	1149,1	0,9999
0,001	323,6	1000	1073,4	0,999
0,002	349,3	500	1048	0,998
0,005	386	200	1011	0,995
0,008	406	125	990,8	0,992
0,01	416,3	100	980,7	0,99
0,02	449,4	50	947,7	0,98
0,05	499	20	989,1	0,95
0,1	543	10	854	0,9
0,2	596,4	5	800,7	0,8
0,25	616,7	4	780,3	0,75
0,5	698,5	2	698,5	0,5

❖ *Pluies maximales journalières*

Période sèche		Durée de retour (ans)	Période humide	
Fréquence	Pluie (mm)		Pluie (mm)	Fréquences
0,0001	19,4	10000	173,1	0,9999
0,001	23,3	1000	142,1	0,999
0,002	24,7	500	132,8	0,998
0,005	26,8	200	120,4	0,995
0,008	28,1	125	114,1	0,992
0,01	28,7	100	111,1	0,99
0,02	30,9	50	101,7	0,98
0,05	34,5	20	89,2	0,95
0,1	38	10	79,5	0,9
0,2	42,8	5	69,4	0,8
0,25	44,9	4	66	0,75
0,5	54,2	2	54,2	0,5

## II.2 Caractérisation du bassin versant

- Surface : 302 km<sup>2</sup>
- Périmètre : 85 km
- Indice de forme :  $K_g = P / (2\sqrt{\pi * S}) = 1,38$
- Longueur de rectangle équivalent :  $L_{\text{éq}} = \frac{P + \sqrt{P^2 - 16S}}{4} = 33,5 \text{ km}$
- Largeur de rectangle équivalent :  $l_{\text{éq}} = \frac{P}{4} - \sqrt{\frac{P^2}{16} - S} = 9,00 \text{ km}$
- Indice global de pente (formule de GRESILLON) :  $I_g = \frac{0,026}{S^{0,5}} * 1000 = 1,5 \text{ m/km}$
- Pente transversale (obtenue sur 4 transects) : 8 m/km
- Indice global de pente corrigé :  $I_{g\text{corr}} = ((n - 1) I_g + IT) / n = 3,1 \text{ m/km}$
- Longueur du réseau hydrographique : 70,00 Km:
- Densité de drainage :  $Dd = L_{\text{réseau}} / S = 02318$ :
- Dénivelée spécifique :  $D_s = I_{g\text{corr}} \sqrt{S} = 54,31 \text{ m}$
- Typologie du relief : Modéré.
- Climat : Sahélien (Pluviométrie moyenne annuelle = 699 mm)
- Classe d'infiltrabilité : RI(P3)

## II.3 Détermination de la crue de projet

### ❖ Paramètres

- Coefficient d'abattement (VUILLAUME):

$$A = 1 - 0,001(9\log_{10}T - 0,042P_{an} + 152)\log_{10}S = 0,67$$

- Pluie journalière décennale (atlas CIEH) :  $P_{j10}$  : 80 mm
- Pluie journalière décennale abattue :  $PM_{10} = AP_{10} = 54$  mm
- Coefficient de ruissellement décennal :  $Kr_{10}$  ) 11,6 %
  - Classe d'infiltrabilité du bassin : RI(P3) – Régime sahélien
  - Coefficient de ruissellement décennal :  $Kr = a/(S + b) + c$

	<u>a</u>	<u>b</u>	<u>c</u>	<u>Kri (%)</u>	<u>Kr10 (%)</u>
<u>Kr70</u>	164	17	10,5	11%	11,6
<u>Kr100</u>	250	20	12	12,8%	

### ❖ Crue décennale CIEH

Equation N°	r	a	S (Exp)	Ig (Exp)	Pan (Exp)	PM10 (Exp)	Kr10 (Exp)	Dd (Exp)	Q 10 (m3/s)	Q10,CIEH (m3/s)
10	0,806	0,0833	0,696	0,953			0,534		48,61	55,3
15	0,722	55,30	0,54	0,622			0,767		65,12	
40	0,824	0,254	0,462	0,101			0,976		43,60	
42	0,755	0,0912	0,643	0,399			1,019		68,67	

### ❖ Crue décennale ORSTOM

- Temps de base :  $T_b = aS^{-0,36} + b = 166320$  s
- Temps de montée :  $T_m = T_b/3 = 54885$  s
- Lamé d'eau ruisselée décennale :  $L_{r10} = PM_{10} * Kr_{10} = 6,25$  mm
- Volume ruisselé décennal :  $V_{r10} = L_{r10} * S = 1887600$  m<sup>3</sup>
- Débit moyen ruisselé décennal :  $Q_{mr10} = V_{r10}/T_{b10} = 11,35$  m<sup>3</sup>/s
- Part d'écoulement retardé : 3%
- Débit de retour décennal :  $Q_{r10} = Q_{mr10} * \alpha_{10} = 29,51$  m<sup>3</sup>/s
- Débit de crue décennal :  $Q_{10,ORSTOM} = (1 + 3\%)Q_{r10} = 30,4$   $\frac{m^3}{s}$
- Crue décennale retenue :  $Q_{10} = Q_{10,CIEH} = 55,3$  m<sup>3</sup>/s

❖ Crue de projet :

- Crue décennale retenue :  $Q_{10} = 55 \text{ m}^3/\text{s}$
- $Q_{100} = C * Q_{10} = 255 \text{ m}^3/\text{s}$

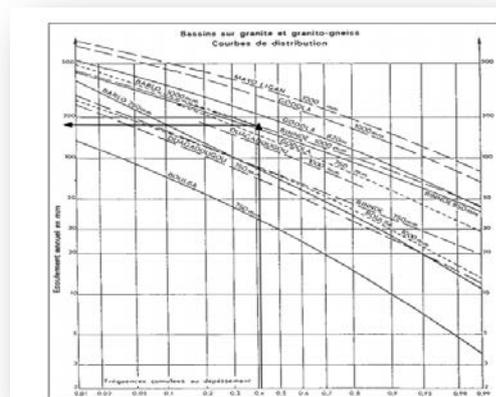
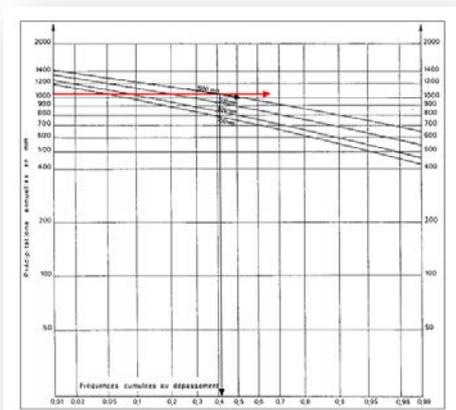
## II.4 Apports en eau du bassin versant

Les quantiles critiques permettent d'évaluer une probabilité cumulée au dépassement. Cette probabilité est convertie en une hauteur d'écoulement annuel en fonction du bassin type choisi par l'abaque de RODIER. Le coefficient d'écoulement est alors défini par :

$$K_e = \frac{\text{Écoulement}}{\text{Quantile}}$$

$$\text{Apport} = K_e * \text{Quantile} * S_{BV}$$

Le bassin type retenu est celui de Binndé (Manga, 1963-1965, Burkina Faso).



En année moyenne : Apport : **8 444 920 m<sup>3</sup> (P = 699mm, Ke = 4%)**

<i>Sèche</i>				<i>T</i> (ans)	<i>Humide</i>			
<i>Fréq.</i>	<i>Pluie</i> (mm)	<i>Ke</i> (%)	<i>Volume</i> (m <sup>3</sup> )		<i>Volume</i> (m <sup>3</sup> )	<i>Ke</i> (%)	<i>Pluie</i> (mm)	<i>Fréq.</i>
0,02	449,4	2,1	2 850 095	50	20 034 378	7	947,7	0,98
0,1	543	2,5	4 099 650	10	15 474 480	6	854	0,9
0,2	596,4	3	5 403 384	5	12 090 570	5	800,7	0,8

## II.5 Dépôts solides

Formule de H. KARAMBIRI :

$$Ds = 137 * \left(\frac{P_{an}}{700}\right)^{-2,2} * S^{-0,05} * (0,25 + 1,13 * (h + r))^{1,15}$$

- h : **paramètre anthropique**, pris égal à 0,25 (bassin versant comportant de petits villages)
- r : **paramètre morphologique**, pris égal à 0,25 (relief peu accidenté)

Soit  $Ds = 82,64 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{an}$ , pour un ratio de décroissance constant de 0,70.

<b><i>T(ans)</i></b>	1	5	10	15	20
<b><i>Cumul (m3)</i></b>	24656,10	93693,17	179989,50	266285,84	352582,17
<b><i>Côte (m)</i></b>	296,95	297,87	298,14	298,38	298,58

## ANNEXE III : ETUDE DE LA CUVETTE

### III.1 Données de tracé des courbes caractéristiques de la cuvette

<u>Côte (m)</u>	<u>Surface PE (ha)</u>	<u>Surface PE(m2)</u>	<u>Volume (m3)</u>	<u>Volume (10<sup>3</sup>m3)</u>
296	0	0	0	0,00
296,5	0,16	1 600	407	0,41
296,75	0,46	4 600	1 185	1,19
297	1,79	17 900	3 998	4,00
297,25	4,15	41 500	11 431	11,43
297,5	8,73	87 300	27 542	27,54
297,75	12,47	124 700	54 044	54,04
298	27,33	273 300	103 794	103,79
298,25	39,36	393 600	187 154	187,15
298,5	51,98	519 800	301 332	301,33
298,75	62,51	625 100	444 455	444,46
299	78,68	786 800	620 948	620,95
299,25	89,53	895 300	831 212	831,21
299,5	117,1	1 171 000	1 089 504	1 089,50
299,75	134,76	1 347 600	1 404 331	1 404,33
300	151,12	1 511 200	1 761 685	1 761,69
300,25	168,29	1 682 900	2 160 955	2 160,96
300,5	187,22	1 872 200	2 605 338	2 605,34
300,75	239,95	2 399 500	3 139 300	3 139,30
301	263,4	2 634 000	3 768 488	3 768,49
301,25	297,08	2 970 800	4 469 080	4 469,08
301,5	325,23	3 252 300	5 246 965	5 246,97

### III.2 Laminage de crue

Formulation du problème de laminage :  $(Q_c(t) - Q_e(z)) dt = A(z)dz$

Loi de débit :  $Q = mL\sqrt{2gh^3}$  (débit passant par-dessus un seuil dénuyé)

$$L_{approx} = \frac{Q_{crue}}{m\sqrt{2gh^3}}$$

Lapprox : longueur du seuil déversant (m)

Qcrue : Débit de la crue de projet (m3/s) : 255 m3/s

m : coefficient de débit du seuil déversant (profil trapézoïdal), pris égal à 0,4

h : lame d'eau déversante admise (m) : 1 m

$$x_0 = \frac{m^2 g L_1^2 Q_{cmax} t_m^3}{S^3}$$

m : coefficient de débit du seuil déversant (profil trapézoïdal), pris égal à 0,4

g : accélération de la pesanteur (m/s<sup>2</sup>) : 9,81 m/s<sup>2</sup>

L1 : longueur du seuil déversant (m), modifiée à chaque pas d'itération

Qcmax : débit de la crue de projet (m<sup>3</sup>/s) : 255 m<sup>3</sup>/s

Tm : temps de montée des eaux, estimé au tiers du temps de base, soit 54885,6 s

S : surface du plan d'eau normal (m<sup>2</sup>) : 1 682 900 m<sup>2</sup>

<u>Méthode du "x0" - Longueur du déversoir (m)</u>							
<u>Itération</u>	<u>L (m)</u>	<u>x0</u>	<u>Log(x0)</u>	<u>β</u>	<u>βmin</u>	<u>Qemax</u>	<u>L(m)</u>
1	144,00	287,60	2,46	96%	62%	244,8	138,17
2	138,17	265,05	2,42	95%	62%	241,4	136,22
3	136,22	257,65	2,41	95%	62%	241,4	136,22

- Longueur du seuil déversant : L = 135 m
- Hauteur d'eau au-dessus du seuil = h = 1m
- Débit laminé : 241,4 m<sup>3</sup>/s

### III.3 Revanche libre

- Fetch : 6,61 km = 6610 m
- Vitesse des vents : U = 2,1 m/s
- Formule de MOLITOR : H = 0,57 m

$$\begin{cases} H = 0,76 + 0,032 (U * f^{0,5}) - 0,26 \left( f^{\frac{1}{4}} \right) & \text{si } f < 30 \text{ km} \\ H = 0,032 (U * f^{0,5}) & \text{si } f > 30 \text{ km} \end{cases}$$

- Formule de GAILLARD :  $R = 0,75h + (1,5 + 2h)^2/2g = 0,78 \text{ m}$

Nous retiendrons une revanche de 75 cm.

### III.4 Evaporation

Formule de POUYAUD :  $E_{lac} = 30 * 1,664 (E/30)_{bac}^{0,602}$

Mois	Durée (j)	Evaporation bac "A" (mm)	Evaporation Lac (mm)
J	31	261,4	186,2
F	29	280,5	189,2
M	31	341	218,5
A	30	329,1	211,1
M	31	315,2	208,4
J	30	259,7	183,0
J	31	207	161,8
A	31	174,1	145,8
S	30	175	144,3
O	31	219,4	167,5
N	30	236,6	173,1
D	31	246,1	179,5
<b>Total :</b>			<b>2168,4</b>

### III.5 Infiltration

- Infiltration moyenne journalière : 2,5 mm
- Hypothèse : infiltration non compensée en saison sèche (212j)
- Pertes par infiltration : 530 mm

### III.6 Exploitation de la retenue

- Plan d'Eau Normal : Côte 300,25 m et Plus Hautes eaux : Côte 302,00 m

#### Hypothèse d'évaluation des besoins

- ❖ agricole : Irrigation gravitaire (Efficience 0,6)
  - Riz en saison pluvieuse en irrigation d'appoint sur 20 ha,
  - Maraichage en saison sèche sur 17 ha ;
- ❖ domestique : Population de 12 000 habitants à l'horizon +20 ans pour une consommation spécifique de 40 l/j/hab. ;
- ❖ pastoral : cheptel de 5 000 têtes, pour une consommation spécifique de 40 l/j/tête.

Tableau I : Evaluation des besoins en eau

<i>Hypothèses de simulation (Besoins)</i>	<i>Domestiques</i>		<i>Pastoraux</i>		<i>Agricole</i>		<i>Efficienc d'irrigation</i>
	<i>Nhab</i>	12000	<i>Nbre têtes</i>	5000	<i>Riz (ha)</i>	20	
	<i>Cs (l/j/hab)</i>	40	<i>Cs (l/j/tête)</i>	40	<i>Maraich (ha)</i>	17	

<i>Désignation</i>	<i>Unités</i>	<i>J</i>	<i>F</i>	<i>M</i>	<i>A</i>	<i>M</i>	<i>J</i>	<i>J</i>	<i>A</i>	<i>S</i>	<i>O</i>	<i>N</i>	<i>D</i>
<i>Pluie décennale sèche</i>	<i>mm</i>	0,4	5,5	5,8	16,1	42,4	80,8	138,8	150,1	89,3	28,0	3,3	1,6
<i>Evaporation</i>	<i>mm</i>	186,2	189,2	218,5	211,1	208,4	183,0	161,8	145,8	144,3	167,5	173,1	179,5
<i>Infiltration</i>	<i>mm</i>	77,5	72,5	77,5						75,0	77,5	75,0	77,5
<i>Besoins domestiques et pastoraux</i>													
<i>Domestiques</i>	<i>1000m3</i>	14,9	13,9	14,9	14,4	14,9	14,4	14,9	14,9	14,4	14,9	14,4	14,9
<i>Pastoraux</i>	<i>1000m3</i>	6,2	5,8	6,2	6,0	6,2	6,0	6,2	6,2	6,0	6,2	6,0	6,2
<i>Besoins agricoles</i>													
<i>Riz (Saison Pluvieuse)</i>	<i>m3/ha</i>						1833,3	775,0	455,4	1544,9	450,0		
<i>Maraîchage (Contre-saison)</i>	<i>m3/ha</i>	3097,5	3858,9	4124,4	2349,3								1831,0
<i>Besoins d'irrigation</i>	<i>1000m3</i>	52,7	65,6	70,1	39,9	0,0	36,7	15,5	9,1	30,9	9,0	0,0	31,1
<i>Besoin brut d'irrigation</i>	<i>1000m3</i>	87,8	109,3	116,9	66,6	0,0	61,1	25,8	15,2	51,5	15,0	0,0	51,9

Tableau II : Simulation des fluctuations de niveau d'eau dans la cuvette

<b>Désignation</b>	<b>J</b>	<b>F</b>	<b>M</b>	<b>A</b>	<b>M</b>	<b>J</b>	<b>J</b>	<b>A</b>	<b>S</b>	<b>O</b>	<b>N</b>	<b>D</b>
<b>Côte (début de mois) (m)</b>	300,1	299,7	299,3	298,8	298,6	298,7	299,5	300,6	300,3	300,7	300,6	300,4
<b>Volume (début de mois) (1000m3)</b>	1 897,4	1 288,8	833,8	484,9	326,5	409,2	1 049,9	2 766,8	2 161,0	3 020,4	2 916,1	2 431,3
<b>Apports (1000m3)</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	219,9	1 056,7	2 057,9	2 333,5	1 388,1	435,4	0,0	0,0
<b>Volume retenue (1000m3)</b>	1 897,4	1 288,8	833,8	484,9	546,4	1 465,9	3 107,8	5 100,3	3 549,1	3 455,8	2 916,1	2 431,3
<b>Côte retenue (m)</b>	300,1	299,6	299,3	298,8	298,9	299,7	300,7	301,5	300,9	300,9	300,6	300,4
<b>Pertes (mm)</b>	263,7	261,7	296,0	211,1	208,4	183,0	161,8	145,8	219,3	245,0	248,1	257,0
<b>Côte (m)</b>	299,8	299,4	299,0	298,7	298,7	299,6	300,6	301,3	300,7	300,6	300,4	300,1
<b>Volume (1000m3)</b>	1 488,3	925,3	611,3	425,6	430,5	1 141,3	2 786,9	4 630,6	3 059,8	2 921,6	2 437,9	1 982,3
<b>Prélèvements (1000m3)</b>	108,8	129,1	137,9	87,0	21,1	81,5	46,9	36,3	71,9	36,1	20,4	73,0
<b>Volume (fin de mois) (1000m3)</b>	1 379,4	796,3	473,4	338,7	409,4	1 059,8	2 740,0	4 594,3	2 987,9	2 885,5	2 417,5	1 909,4
<b>Côte fin de mois (m)</b>	299,7	299,3	298,8	298,6	298,7	299,5	300,6	301,3	300,7	300,6	300,4	300,1

## ANNEXE IV : DIMENSIONNEMENT DE LA DIGUE ET ANNEXES

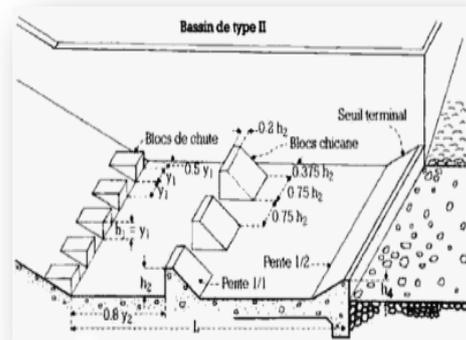
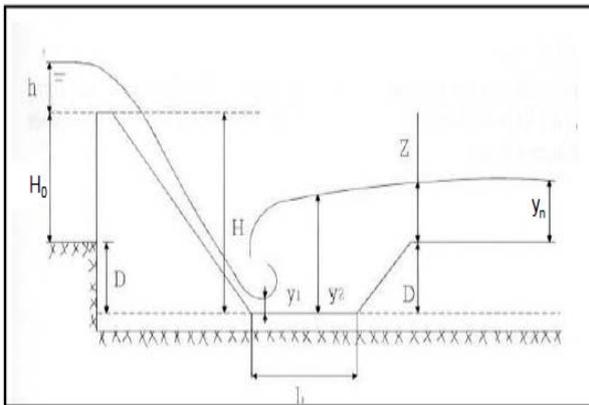
### IV.1 Hauteur de digue

- Côte de la crête : Côte PHE + Revanche = 302,00 m
- Côte de fond : 297 m
- Hauteur maximale de digue :  $302 - 297 = 5\text{ m}$
- Largeur en crête :
  - formule de KNAPPEN :  $l_c = 1,65 (H)^{0,5} = 3,68\text{ m}$
  - formule de PREECE :  $l_c = 1,1 (H^{0,5}) + 1 = 3,45\text{ m}$
  - Valeur retenue :  $L = 3,5\text{ m}$
- Largeur en base :
  - Talus amont = Talus aval :  $m=2$
  - Largeur en base :  $l_b = l_c + (m_{\text{amont}} + m_{\text{aval}}) H_t = 23,5\text{ m}$

### IV.2 Tranchée d'ancrage

- Profondeur (Règle de LANE):  $P_{\text{min}} = (CH - L_h/3 - \sum L_v) / 2$
- Coefficient de LANE :  $C = 3$  au lit mineur,  $C=2,5$  en rive gauche et en rive droite
- Talus de la tranchée :  $1H/3V$

### IV.3 Bassin de dissipation



$$\begin{cases} V_1 = \sqrt{2g[0,9((H_0 + P) + h) - y_1]} \\ y_1 = \frac{\beta Q_{c\text{max}}}{L \cdot V_1} \end{cases}$$

<b>Lame d'eau sur le déversoir</b>	ho (m)	1
<b>Hauteur maximale d'eau au droit du déversoir</b>	H (m)	5,25
<b>Enfoncement du bassin</b>	D (m)	0,5
<b>Débit de crue laminé</b>	Q (m3/s)	241,4
<b>Débit unitaire</b>	Q (m3/s/ml)	1,78
<b>Vitesse d'eau au-dessus du seuil (m/s)</b>	Vo (m/s)	1,77
<b>Ligne d'eau</b>	Ho (m)	1,16
<b>Hauteur de chute</b>	Z (m)	6,9
<b>Tirant d'eau avant ressaut</b>	Y1 (m)	0,19
<b>Vitesse d'eau à l'entrée du bassin</b>	V1 (m/s)	9,94
<b>Froude</b>	FR	7,28
<b>Tirant d'eau conjugué</b>	Y2 (m/s)	1,81
<b>Longueur du bassin de dissipation</b>	L (m)	5

- *Bassin retenu* : bassin de type II en béton cyclopéen
- *Longueur* : L = 5 m, profondeur P = 0,6 m
- *Epaisseur* : 25 cm
- *Hauteur de seuil terminal* : 60 cm – *Hauteur des blocs chicanes* : 45 cm
- *Distance entre chicanes* : 30 cm – *Ecart du talus* : 1,8 m
- *Protection aval* : gabions de blocage 2x1x0,5 ancrés à 30 cm

#### **IV.4 Chenal d'évacuation**

Formule de débit (MANNING – STRICKLER) :  $Q = K_s S(y) Rh(y)^{\frac{2}{3}} \sqrt{I}$

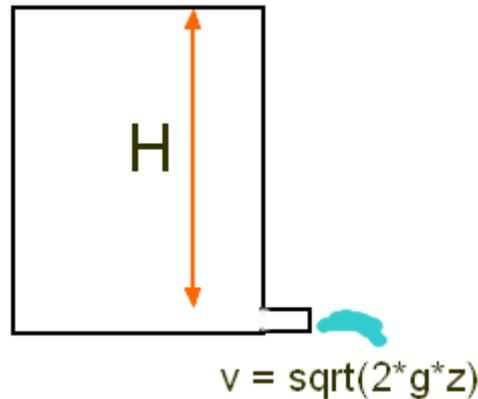
$$\frac{Q}{K_s \sqrt{I}} = \frac{y_n (b + my)^{\frac{5}{3}}}{(b + 2y_n \sqrt{1 + m^2})^{\frac{2}{3}}}$$

- *Pente I* : 4 m/Km
- *Talus* : 1H/1V – *Largeur en gueule* : 25 m
- *Tirant d'eau maximal* : 1,6 m – *Profondeur* : 2 m – *Débit maximal* : 258 m3/s (pour une vitesse de 2,11 m/s)

#### IV.5 Ouvrage de prise et de vidange

- Côte de l'ouvrage de prise : 298,37 m
- Hauteur d'eau au PEN : 1,75m
- Hauteur d'eau aux PBE : 0,13 m

Nous assimilons l'ouvrage au droit de la prise à un cas de vidange sous charge, assimilable au modèle que représente la vidange d'un réservoir simple.



La formule de TORICELLI nous permet de d'exprimer la vitesse du fluide à la sortie du réservoir. En effet, par application de l'équation de BERNOUILLI entre le plan d'eau et la sortie :

$$\frac{P_{plan}}{\rho g} + z_{plan} + \frac{V_{plan}^2}{\rho g} = \frac{P_{sortie}}{\rho g} + z_{sortie} + \frac{V_{sortie}^2}{\rho g}$$

La pression au plan d'eau et à la sortie sont identiques (pression atmosphérique), et la vitesse au plan d'eau est nulle. Soit H la dénivelée entre le plan et la surface, et  $\omega$  la section de sortie.

Il vient que :

$$V_{sortie} = \sqrt{2gH} \text{ (Formule de TORICELLI)}$$

$$Q_{sortie} = \omega \sqrt{2gH}$$

Par suite, le phénomène de vidange peut être exprimé par une égalité entre les volumes entrant et sortant par la vidange :

$$\omega \sqrt{2gH} dt = -\Omega(z) dz$$

$\Omega(z)$  est la relation exprimant la surface du plan d'eau par rapport à la côte Z, avec

$$H = z - z_{fond}$$

En se fixant un temps de vidange T, la section appropriée est obtenue par intégration sur la tranche d'eau submergeant la prise :

$$\omega = -\frac{1}{T\sqrt{2g}} \int_H \frac{\Omega(H + z_{fond})d(H + z_{fond})}{\sqrt{H}}$$

La section retenue est une section circulaire  $D = 300$  mm (conduite en fonte) pour les hypothèses suivantes :

T vidange (j)	3 jours
Z prise (m)	298,37
Z PEN (m)	300,25
H max (m)	1,88
G (m/s <sup>2</sup> )	9,81
Q vidange (m <sup>3</sup> /s)	8,5

#### IV.6 Etudes de stabilité

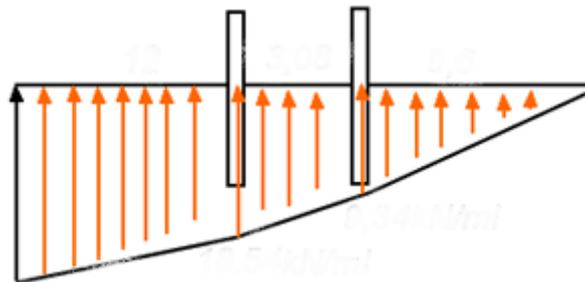
Le bilan des forces agissant sur une tranche latérale de 1 m de déversoir fait intervenir la poussée hydrostatique amont, le poids propre du déversoir et le diagramme des sous-pressions. Etant soumis à une lame d'eau déversante (en situation de déversement), nous aurons une poussée hydrostatique de exprimée par :  $P_{hydro} = \frac{1}{2} \gamma_w H(H + 2h)$

La poussée des sédiments :  $P_{sédiments} = \frac{1}{2} \gamma_i \tan^2 \left( \frac{\pi}{4} - \frac{\phi}{2} \right) h^2$

En décomposant la géométrie du déversoir en éléments simples (triangles, carrés), pour un poids volumique de béton de 24 kN/m<sup>3</sup>, nous obtenons un poids propre d'ensemble de :

$$W = 1740 \text{ kN/ml}$$

Pour le diagramme des sous-pressions, nous avons supposé qu'au droit des deux écrans étanches placés de part et d'autre de la tranchée d'ancrage, les sous-pressions sont réduites aux 2/3 de leur valeur.



❖ Stabilité au renversement

La stabilité au renversement est assurée si la résultante des forces s'appliquant sur la semelle du déversoir reste contenue dans le tiers central.

Le tableau ci-après résume l'action des moments stabilisants et des moments renversants :

$$M_{resultant} = \left| \sum M_{stabilisants} - \sum M_{renversants} \right| = |5102,88 - 7336,3|$$

$$M_{résultat,renversant} = 2233 \text{ kN/ml}$$

$$\sum F_v = 1245,6 \text{ kN/ml et } \sum F_h = 145,6 \text{ kN/ml } ]$$

La valeur de la résultante des forces verticales :  $R = \sqrt{\sum F_v^2 + \sum F_h^2} = 1254,1 \text{ kN/ml}$

L'inclinaison de la résultante des forces avec la verticale :  $\alpha = \text{atan}\left(\frac{\sum F_v}{\sum F_h}\right) = 6,66^\circ$

L'excentricité de la résultante par rapport au centre de gravité de la semelle peut s'évaluer en flexion composée :

$$e = \frac{M_{résultat,renversant}}{\sum F_v} = 1,79 \text{ m} < (l_b/3)/2$$

La résultante des forces extérieures s'applique dans le tiers central. La stabilité au renversement est donc vérifiée.

❖ Stabilité au glissement

La stabilité au glissement peut être vérifiée par deux approches : la première tient compte du rapport des forces horizontales, verticales et latérales auxquels est soumis le déversoir.

$$\frac{\sum F_v}{\sum(W - U)} \leq \tan(\phi)$$
$$F_g = \frac{\sum(W - U) \tan(\phi)}{\sum(F_v)} = 3,2 > 1$$

La seconde approche définit un facteur de sécurité au glissement qui tient compte de la cohésion du sol de contact sous la semelle :

$$F_g = \frac{cS + \sum(W - U) \tan(\phi)}{\sum(F_v)} = 9 > 4$$

En conclusion, la stabilité au renversement et au glissement est assurée pour le déversoir et l'ensemble de l'ouvrage.

❖ Stabilité des talus

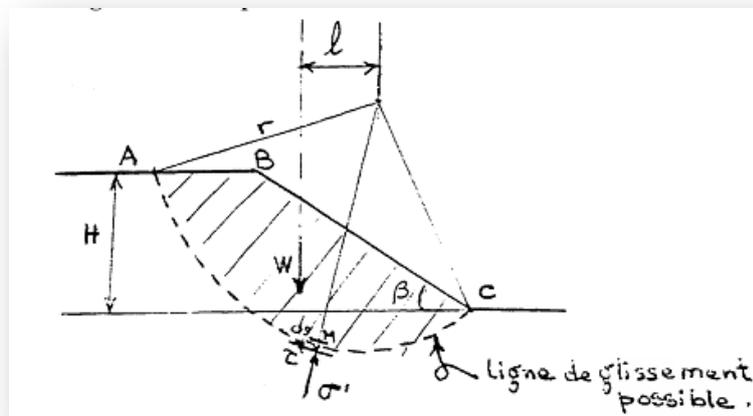
La digue étant homogène, en terre, les sollicitations extérieures ne sont pas susceptibles d'entraîner un renversement ou un glissement d'ensemble. Le phénomène le plus à craindre est le glissement des talus. L'étude de stabilité sera donc conduite sur la méthode des cercles de glissement.

Il existe trois types de vérifications que l'on peut effectuer à ce stade :

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

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

Les talus amont et aval sont identiques (1/2). Le calcul sera mené au talus aval.



Le facteur de sécurité peut être évalué par deux méthodes : la méthode de FELLENIUS et la méthode de BISHOP. Cette dernière requiert plusieurs itérations et a tendance à surestimer ce facteur de sécurité. Afin d'alléger les calculs, nous évaluons un premier facteur de sécurité par la méthode FELLENIUS. Ce valeur sert alors de graine pour démarrer les itérations par la méthode BISHOP, jusqu'à une valeur convergente. Si cette valeur reste supérieure au résultat obtenu par la méthode FELLENIUS, la stabilité est vérifiée et nous retenons le facteur le plus faible, celui de FELLENIUS.

Le facteur de sécurité au sens de FELLENIUS :

	$F_s = \frac{\sum(N \cdot \tan \varphi_i + C_i dl)}{\sum T}$ <p>Avec <math>N = W \cos(\alpha)</math>  <math>C_i</math> : cohésion du matériau de remblai  <math>T = W \sin(\alpha)</math></p>
--	---

Le facteur de sécurité au sens de BISHOP :

	$F_s = \frac{\sum \frac{(W - Pb) \cdot \tan \varphi' + C' b}{m_x}}{\sum T}$ <p>Avec <math>m_x = \cos \alpha \cdot \left(1 + \frac{\tan \alpha \cdot \tan \varphi'}{F_s}\right)</math>  On définit : <math>N = W \cos(\alpha)</math>  <math>C_i</math> : cohésion du matériau de remblai  <math>T = W \sin(\alpha)</math></p>
--	--

Le poids volumique sec servira au calcul en retenue vide. Pour le calcul de stabilité en retenue pleine, la portion de la digue sous la ligne phréatique (définie par la parabole de KOZENY) sera représentée par le poids volumique déjaugé du remblai, tandis que la partie en dessus sera représentée par le poids volumique humide du remblai.

Situation de calcul	Fs FELLENIUS	Fs BISHOP	Fs retenu
A la retenue vide	2,3	2,98	2,1
A la retenue pleine	2,1	2,6	2,1

Dans tous les cas de calcul, le facteur de sécurité retenu reste acceptable (supérieur à 1). La stabilité des talus est donc vérifiée.

## ANNEXE V : METRE ET DEVIS

### V.1 Tranchée d'ancrage

<u>Profil</u>	<u>C LANE</u>	<u>Côte TN</u> <u>Décapé</u> <u>(20cm)</u>	<u>Distances</u> <u>partielles</u> <u>(m)</u>	<u>Hauteur</u> <u>de digue</u> <u>(m)</u>	<u>P retenue</u> <u>(m)</u>	<u>Côte de</u> <u>fond (m)</u>	<u>Volume</u> <u>cumulé</u> <u>(m3)</u>
1'	2,5	301,79	11,99	0,01	0,30	301,49	
2	2,5	301,71	6,00	0,09	0,30	301,41	6,48
3	2,5	301,41	30,46	0,39	0,30	301,11	39,37
4	2,5	300,89	62,31	0,91	0,30	300,59	106,64
5	2,5	300,76	23,66	1,04	0,30	300,46	132,19
6	2,5	300,51	25,91	1,29	0,30	300,21	160,16
7	2,5	300,17	24,61	1,63	0,30	299,87	186,73
8	3,0	299,80	28,08	2,00	0,30	299,50	217,05
9	3,0	299,22	28,08	2,58	0,30	298,92	247,37
10	3,0	298,78	28,32	3,02	0,61	298,17	294,63
11	3,0	298,23	29,85	3,57	1,07	297,16	389,86
11'	3,0	297,64	28,49	4,16	1,56	296,08	537,81
D1	3,0	297,56	3,81	3,48	1,62	295,94	562,19
11''	3,0	297,34	10,80	3,67	2,32	295,02	650,92
12	3,0	297,34	0,40	2,71	2,33	295,01	654,89
12'	3,0	297,09	13,45	2,96	3,18	293,91	819,07
13	3,0	296,76	13,60	3,29	3,46	293,30	1026,66
13'	3,0	296,78	9,50	3,27	3,44	293,34	1178,69
14	3,0	295,70	1,50	4,35	4,34	291,36	1206,70
14'	3,0	296,59	2,00	3,46	3,60	292,99	1244,98
15	3,0	296,79	12,80	3,26	3,43	293,36	1454,68
16	3,0	296,75	12,80	3,30	3,47	293,28	1659,51
16'	3,0	296,99	9,30	3,06	3,27	293,72	1804,09
17	3,0	296,93	13,50	3,12	3,32	293,61	2008,15
17'	3,0	296,93	2,00	3,12	3,32	293,61	2038,67
D2	3,0	297,01	23,36	3,04	2,08	294,93	2318,53
18	3,0	297,52	3,81	4,28	1,66	295,86	2347,88
19	3,0	298,40	29,44	3,40	0,93	297,47	2498,90
20	3,0	298,70	28,56	3,10	0,68	298,02	2585,63
21	3,0	299,32	32,54	2,48	0,30	299,02	2644,40
22	3,0	299,69	28,24	2,11	0,30	299,39	2674,89
23	2,5	301,11	56,77	0,69	0,30	300,81	2736,18
24	2,5	301,23	50,15	0,57	0,30	300,93	2790,33
25	2,5	301,46	25,00	0,34	0,30	301,16	2817,32
25'	2,5	301,98	17,73	0,00	0,30	301,68	2836,47
26	2,5	301,93	6,00	0,00	0,30	301,63	2842,95

## V.2 Digue

Profil	Distances partielles (m)	Distances cumulées (m)	Côte TN décapé (20 cm)	Crête (m)	Hauteur de digue (m)	Largeur en base (m)	Section remblai (m2)	Volume remblai (m3)	Volume cumulé remblai (m3)	Ltalus	Surface talus	Surface cumulée de talus (m2)	Volume du filtre (m3)
1													
1'	11,99	11,99	301,79	302,00	0,21	4,34	0,82	9,87	9,87	0,47	5,63	5,63	
2	6,00	17,99	301,71	302,00	0,29	4,66	1,18	6,02	15,89	0,65	3,35	8,98	
3	30,46	48,45	301,41	302,00	0,59	5,86	2,76	60,07	75,96	1,32	29,97	38,95	
4	62,31	110,76	300,89	302,00	1,11	7,94	6,35	283,83	359,80	2,48	118,43	157,38	
5	23,66	134,42	300,76	302,00	1,24	8,46	7,42	162,83	522,63	2,77	62,16	219,55	
6	25,91	160,33	300,51	302,00	1,49	9,46	9,66	221,15	743,78	3,33	79,08	298,63	
7	24,61	184,94	300,17	302,00	1,83	10,82	13,10	280,04	1023,81	4,09	91,35	389,98	
8	28,08	213,02	299,80	302,00	2,20	12,30	17,38	427,98	1451,79	4,92	126,52	516,50	
9	28,08	241,10	299,22	302,00	2,78	14,62	25,19	597,64	2049,43	6,22	156,34	672,84	
10	28,32	269,42	298,78	302,00	3,22	16,38	32,01	809,86	2859,29	7,20	189,98	862,82	
11	29,85	299,27	298,23	302,00	3,77	18,58	41,62	1098,89	3958,18	8,43	233,28	1096,10	
11'	28,49	327,76	297,64	302,00	4,36	20,94	53,28	1351,85	5310,03	9,75	258,96	1355,06	85,47
D1	3,81	331,57	297,56	301,24	3,68	18,22	39,96	0,00	5310,03	8,23	34,25	1389,31	96,90
11"	10,80	342,37	297,34	301,21	3,87	18,98	43,50	0,00	5310,03	8,65	91,16	1480,47	129,30
12	0,40	342,77	297,34	300,25	2,91	15,14	27,12	0,00	5310,03	6,51	3,03	1483,51	130,50
12'	13,45	356,22	297,09	300,25	3,16	16,14	31,03	0,00	5310,03	7,07	91,28	1574,78	170,85
13	13,60	369,82	296,76	300,25	3,49	17,46	36,58	0,00	5310,03	7,80	101,11	1675,90	211,65
13'	9,50	379,32	296,78	300,25	3,47	17,38	36,23	0,00	5310,03	7,76	73,92	1749,82	240,15

*Etude d'actualisation, de supervision et contrôle d'exécution du barrage de BIGTOGO*

14	1,50	380,82	295,70	300,25	4,55	21,70	57,33	0,00	5310,03	10,17	13,45	1763,27	244,65
14'	2,00	382,82	296,59	300,25	3,66	18,14	39,60	0,00	5310,03	8,18	18,36	1781,63	250,65
15	12,80	395,62	296,79	300,25	3,46	17,34	36,05	0,00	5310,03	7,74	101,89	1883,53	289,05
16	12,80	408,42	296,75	300,25	3,50	17,50	36,75	0,00	5310,03	7,83	99,60	1983,13	327,45
16'	9,30	417,72	296,99	300,25	3,26	16,54	32,67	0,00	5310,03	7,29	70,29	2053,42	355,35
17	13,50	431,22	296,93	300,25	3,32	16,78	33,66	0,00	5310,03	7,42	99,31	2152,73	395,85
17'	2,00	433,22	296,93	300,25	3,32	16,78	33,66	0,00	5310,03	7,42	14,85	2167,58	401,85
D2	23,36	456,58	297,01	300,25	3,24	16,46	32,34	0,00	5310,03	7,24	171,30	2338,88	471,92
18	3,81	460,38	297,52	302,00	4,48	21,42	55,82	167,72	5477,75	10,02	32,84	2371,72	483,33
19	29,44	489,82	298,40	302,00	3,60	17,90	38,52	1388,70	6866,45	8,05	265,95	2637,67	571,65
20	28,56	518,38	298,70	302,00	3,30	16,70	33,33	1026,02	7892,47	7,38	220,32	2858,00	
21	32,54	550,92	299,32	302,00	2,68	14,22	23,74	928,61	8821,07	5,99	217,56	3075,56	
22	28,24	579,16	299,69	302,00	2,31	12,74	18,76	600,13	9421,20	5,17	157,55	3233,11	
23	56,77	635,93	301,11	302,00	0,89	7,06	4,70	665,81	10087,01	1,99	203,11	3436,21	
24	50,15	686,08	301,23	302,00	0,77	6,58	3,88	215,14	10302,15	1,72	93,08	3529,29	
25	25,00	711,08	301,46	302,00	0,54	5,66	2,47	79,42	10381,58	1,21	36,62	3565,90	
25'	17,73	728,81	301,98	302,00	0,02	3,58	0,07	22,55	10404,13	0,04	11,10	3577,00	
26	6,00	734,81	301,93	302,00	0,07	3,78	0,25	0,98	10405,11	0,16	0,60	3577,61	

### V.3 Devis quantitatif et estimatif des travaux

<b>N° Prix</b>	<b>Désignation</b>	<b>Unité</b>	<b>Quantité</b>	<b>Prix unitaire (FCFA)</b>	<b>Prix total (FCFA)</b>
<b>I</b>	<b>INSTALLATION ET REPLI DE CHANTIER</b>				
101	Amenée et repli de matériel	FF	1,0	9 979 395	9 979 395
102	Installation chantier et implantations	FF	1,0	2 750 000	2 750 000
103	Abattage d'arbres	ha	297,1	25 000	7 427 500
	<b>Sous-total 1</b>				20 156 895
<b>II</b>	<b>DIGUE</b>				
201	Débroussaillage, abattage, dessouchage dans l'emprise de la digue	FF	1,0	2 250 000	2 250 000
202	Décapage de 20 cm dans l'emprise de la digue	m2	8 235,8	300	2 470 749
203	Déblai aux engins pour tranchée d'ancrage, butée de pied amont et fossé de pied aval	m3	6 977,4	2 000	13 954 760
204	Déblais manuel à travers le remblai pour mur en crête	m3	297,0	2 500	742 375
205	Maçonnerie de moellons pour mur en crête	m3	297,0	40 000	11 878 000
206	Remblai argileux compacté aux engins pour corps de digue	m3	13 047,7	5 500	71 762 130
207	Remblai argileux compacté aux engins pour tranchée d'ancrage	m3	6 532,0	6 000	39 191 700
208	Matériaux graveleux latéritique compacté pour couronnement de digue	m3	297,0	5 000	1 484 750
209	Sable de rivière pour filtre horizontal	m3	617,2	9 000	5 554 350
210	Matériaux graveleux latéritique pour protection du talus aval	m3	470,9	5 000	2 354 350
211	Matériaux graveleux pour couche de pose de perré sur talus amont	m3	191,1	5 000	955 400
212	Perré sec sur talus amont (ép 25 cm)	m3	1 910,8	8 500	16 241 800
213	Enrochements rangés à la main pour butée de pied amont et fossé de pied aval	m3	445,4	15 000	6 681 450
	<b>Sous-total 2</b>				175 521 814

*Etude d'actualisation, de supervision et contrôle d'exécution du barrage de BIGTOGO*

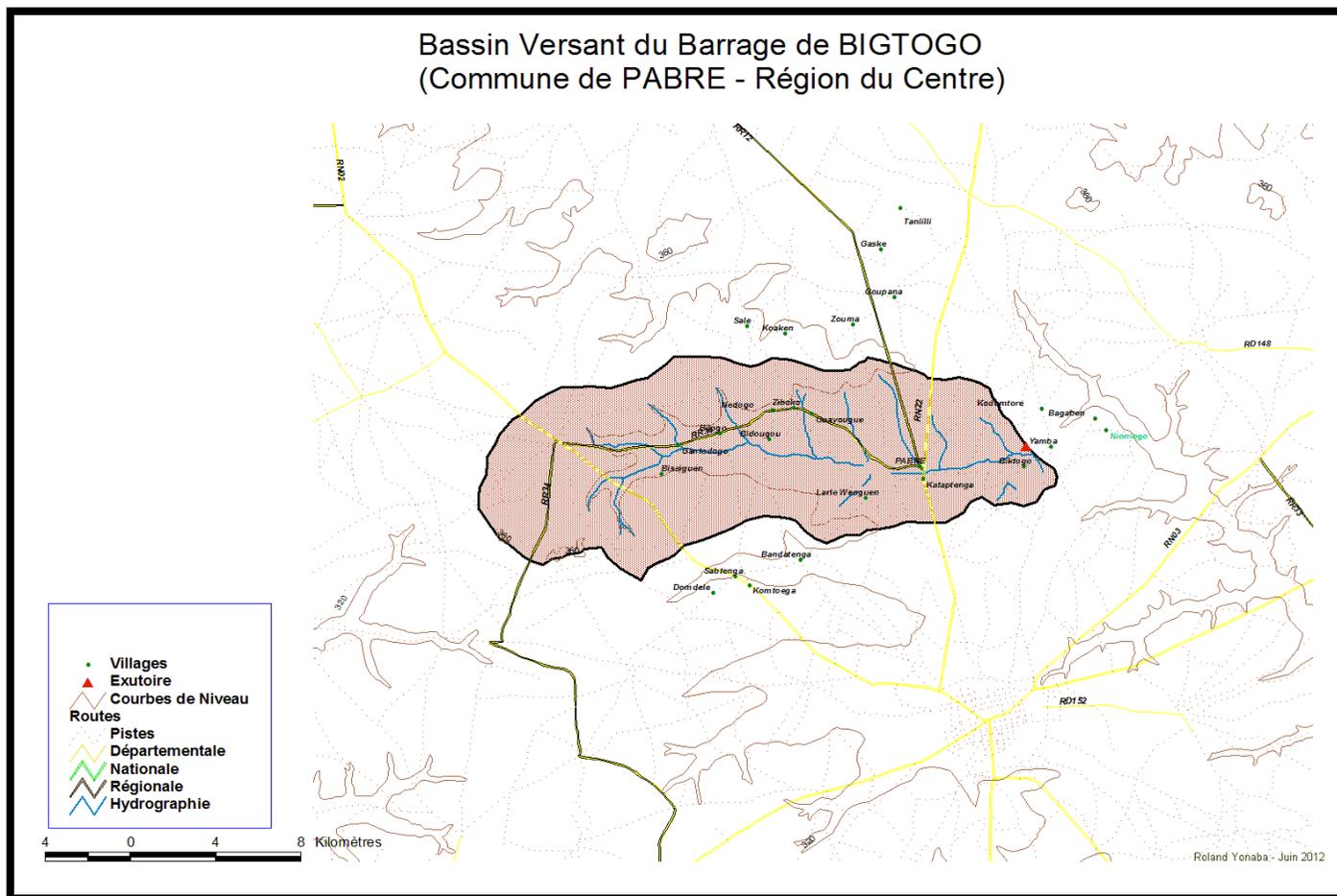
<b>III</b>	<b>EVACUATEUR DE CRUE</b>				
	Déversoir et bassin de dissipation				
301	Déblai aux engins pour déversoir et chenal sur 50m	m3	3 500,0	2 200	7 700 000
302	Déblai à la main en terrain tendre	m3	141,3	2 500	353 125
303	Déblai à la main en terrain compact	m3	27,5	15 000	412 500
304	Perré maçonné	m2	1 191,9	12 500	14 898 500
305	Béton cyclopéen dosé à 250 kg/m3 pour butée amont	m3	28,1	90 000	2 531 700
306	Gabions 2x1x0,5	m3	125,0	35 000	4 375 000
307	Béton de propreté dosé à 150 kg/m3	m3	7,5	65 000	487 500
308	Béton armé dosé à 350 kg/m3	m3	296,4	150 000	44 457 000
309	Béton ordinaire dosé à 300 kg/m3 y compris coffrage pour blocs chicanes	m3	10,8	130 000	1 406 600
310	Joints bitumineux	ml	242,2	10 000	2 421 600
311	Tuyaux PVC DN pour éjecteurs et barbacanes	ml	77,5	1 000	77 500
312	Echelle limnométrique	ml	6,0	75 000	450 000
313	Sable de rivière pour filtre (sous dalle, perré et bassin de dissipation)	m3	254,7	9 000	2 292 480
314	Balises de signalisation à l'entrée et à la sortie du radier	U	4,0	50 000	200 000
315	Bornes de signalisation (tous les 10m)	U	26,0	35 000	910 000
316	Béton cyclopéen dosé à 250 kg/m3 pour bassin de dissipation	m3	237,0	90 000	21 330 000
	<b>Sous-total 3</b>				104 303 505

*Etude d'actualisation, de supervision et contrôle d'exécution du barrage de BIGTOGO*

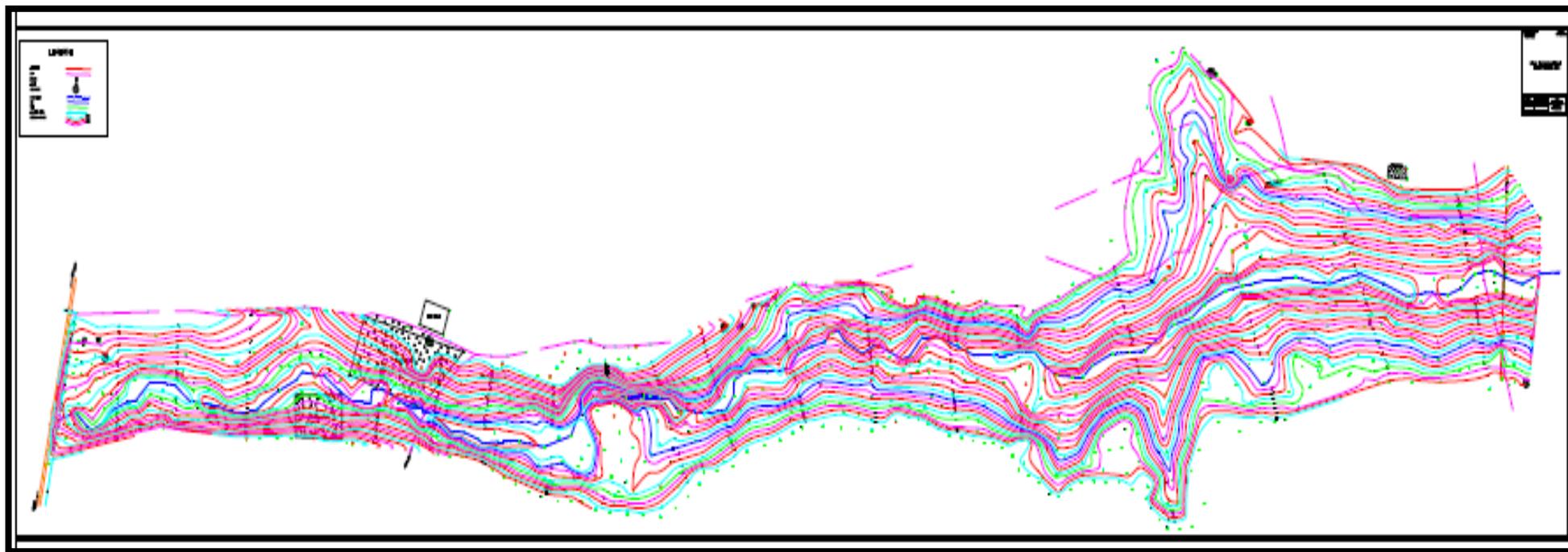
<b>IV</b>	<b>OUVRAGE DE PRISE ET DE VIDANGE</b>				
401	Déblai à la main en terrain tendre	m3	10,0	25 000	250 000
401	Déblai à la main en terrain compact	m3	40,4	10 000	404 300
401	Béton de propreté dosé à 150 kg/m3	m3	1,0	85 000	86 700
401	Béton armé dosé à 350 kg/m3	m3	15,4	150 000	2 308 500
401	Maçonnerie en moellons pour marches	m3	0,8	40 000	32 800
401	Conduite en fonte et crépine DN300	ml	28,0	325 000	9 100 000
401	Vanne papillon DN300 et accessoires	U	1,0	3 250 000	3 250 000
401	Crépine DN300	U	1,0	125 000	125 000
401	Grille de protection amont	U	1,0	250 000	250 000
401	Grille de protection aval	U	1,0	250 000	250 000
401	Echelle de descente	U	2,0	150 000	300 000
401	Béton ordinaire dosé à 300 kg/m3 pour enrobage	m3	8,2	100 000	816 000
401	Perré maçonné	m2	11,5	125 000	1 437 500
	<b><i>Sous-total 4</i></b>				18 610 800
	<b><i>TOTAL GENERAL HTVA</i></b>				<b>318 593 014</b>
	<b><i>TVA (18%)</i></b>				<b>57 346 743</b>
	<b><i>TOTAL GENERAL TTC</i></b>				<b>375 939 757</b>

ANNEXE VI : CARTES ET PLANS

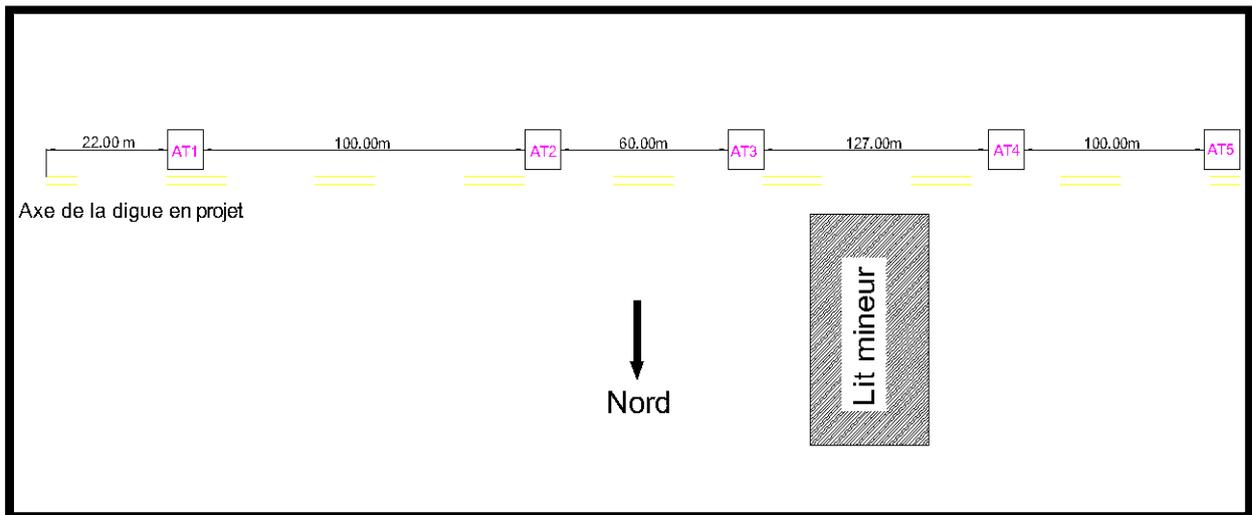
VI.1 Bassin Versant en amont de la cuvette



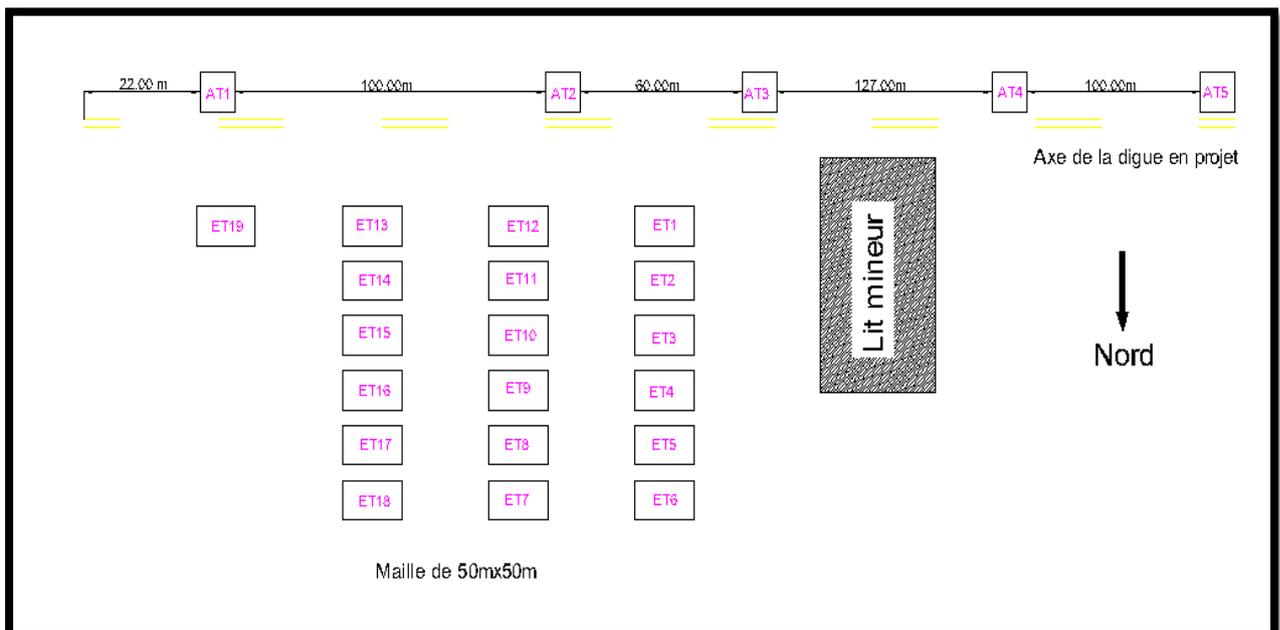
## VI.2 Plan topographique de la cuvette



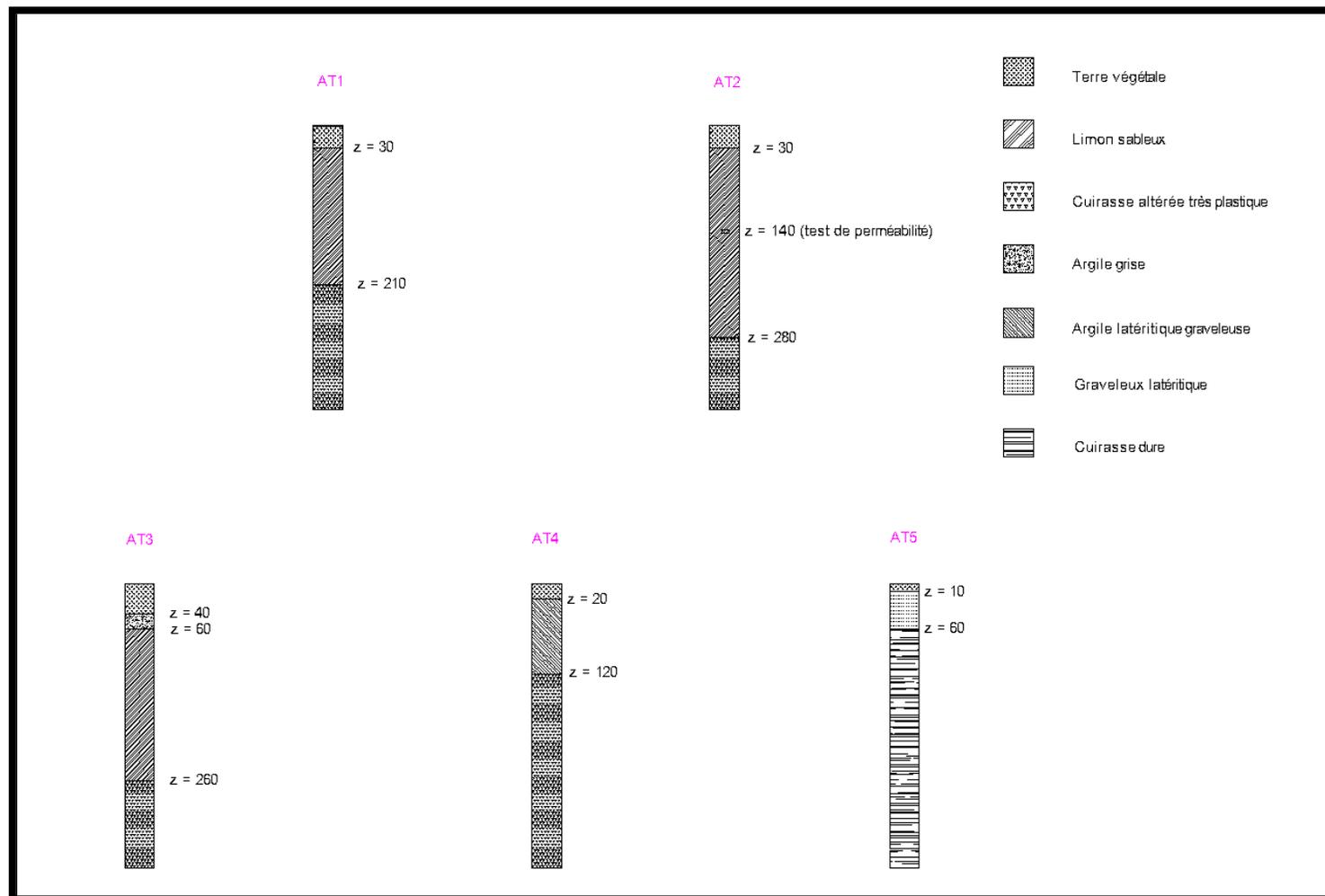
### VI.3 Sondages dans l'axe de la digue



### VI.4 Sondages dans la cuvette pour la détermination des zones d'emprunt

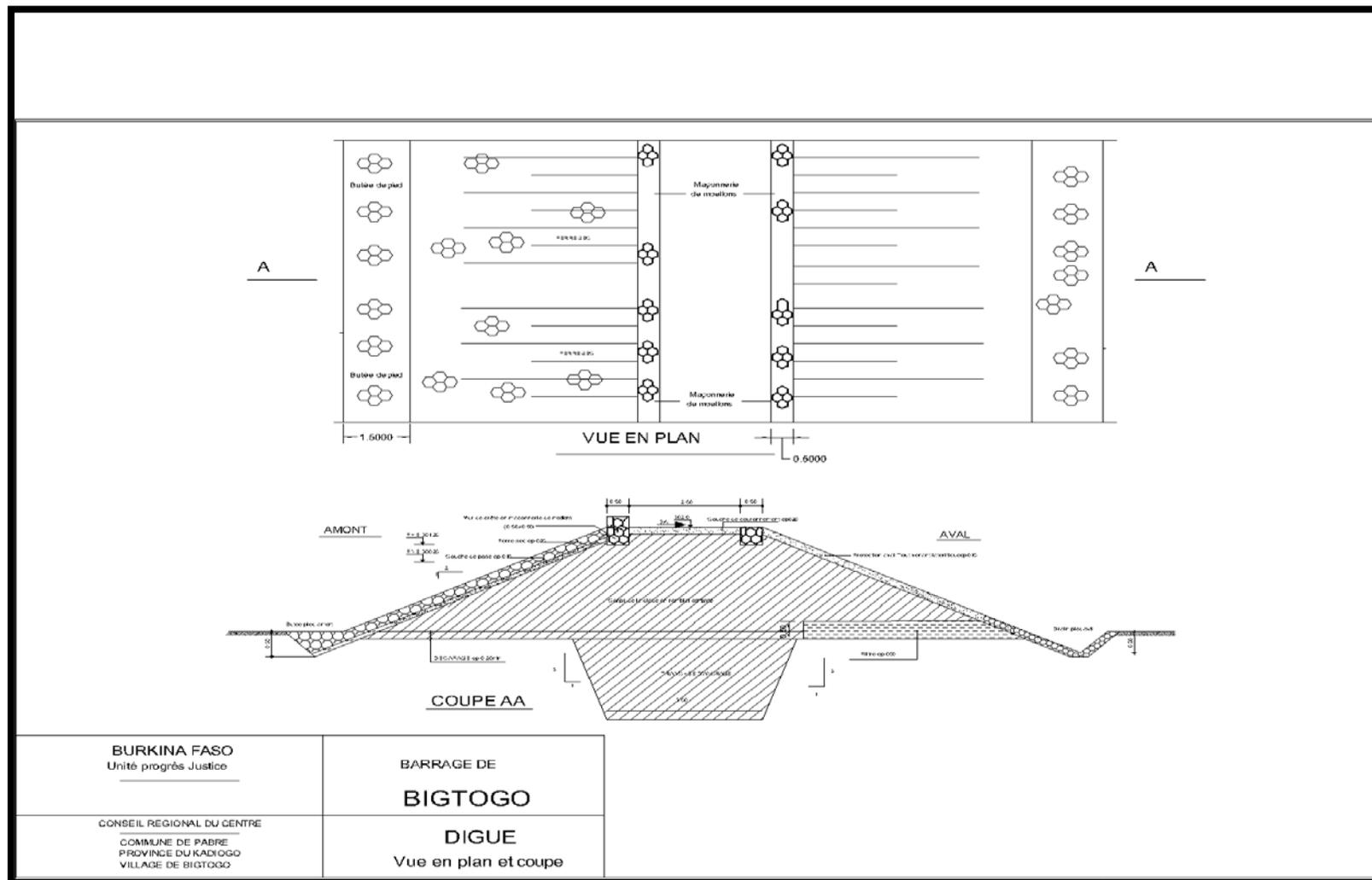


### VI.5 Coupes des sondages AT1 à AT5 (dans l'axe de la digue)

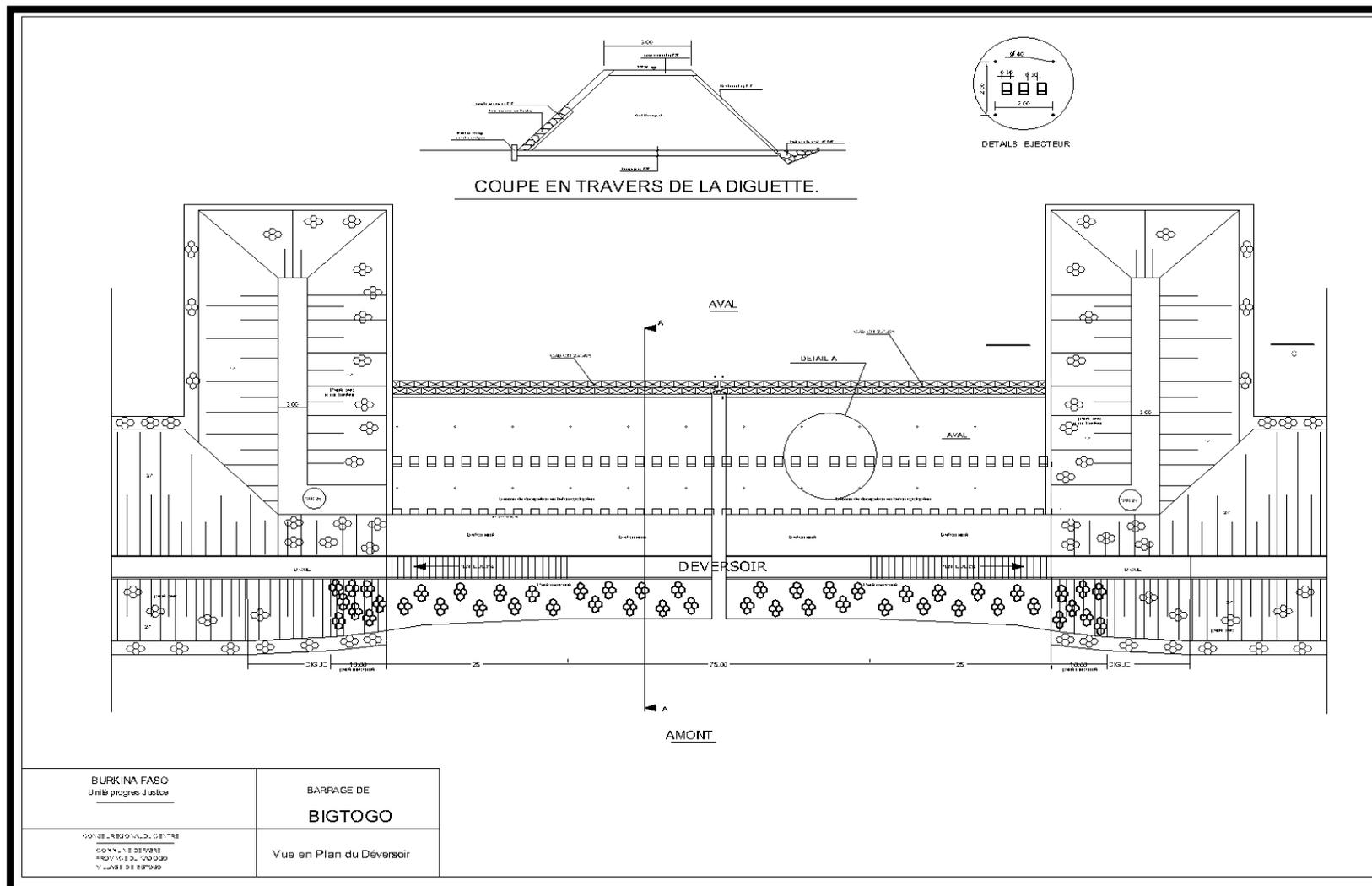




**VI.7 Vue en plan et coupe de la digue**

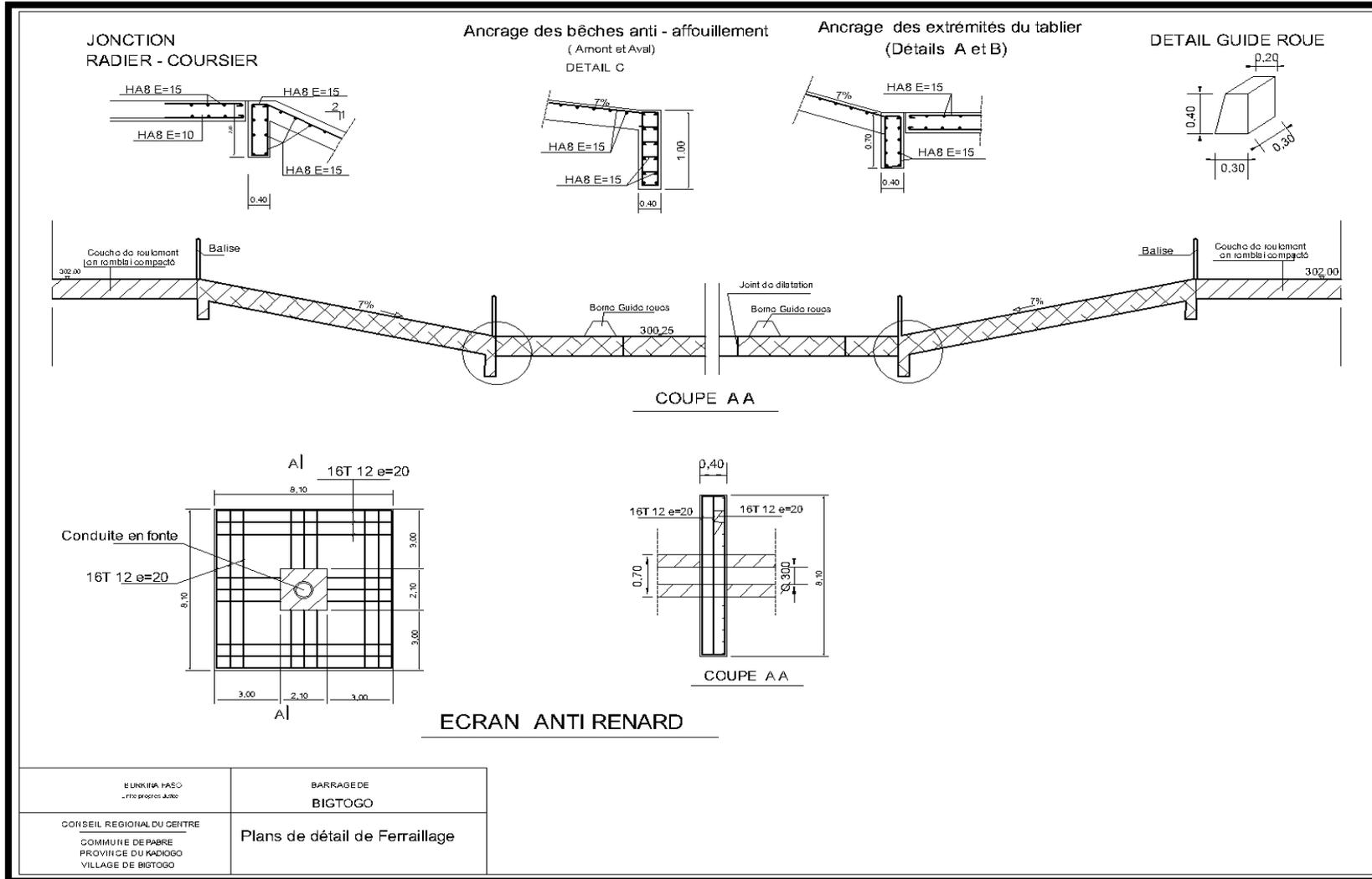


## VI.8 Vue en plan du déversoir

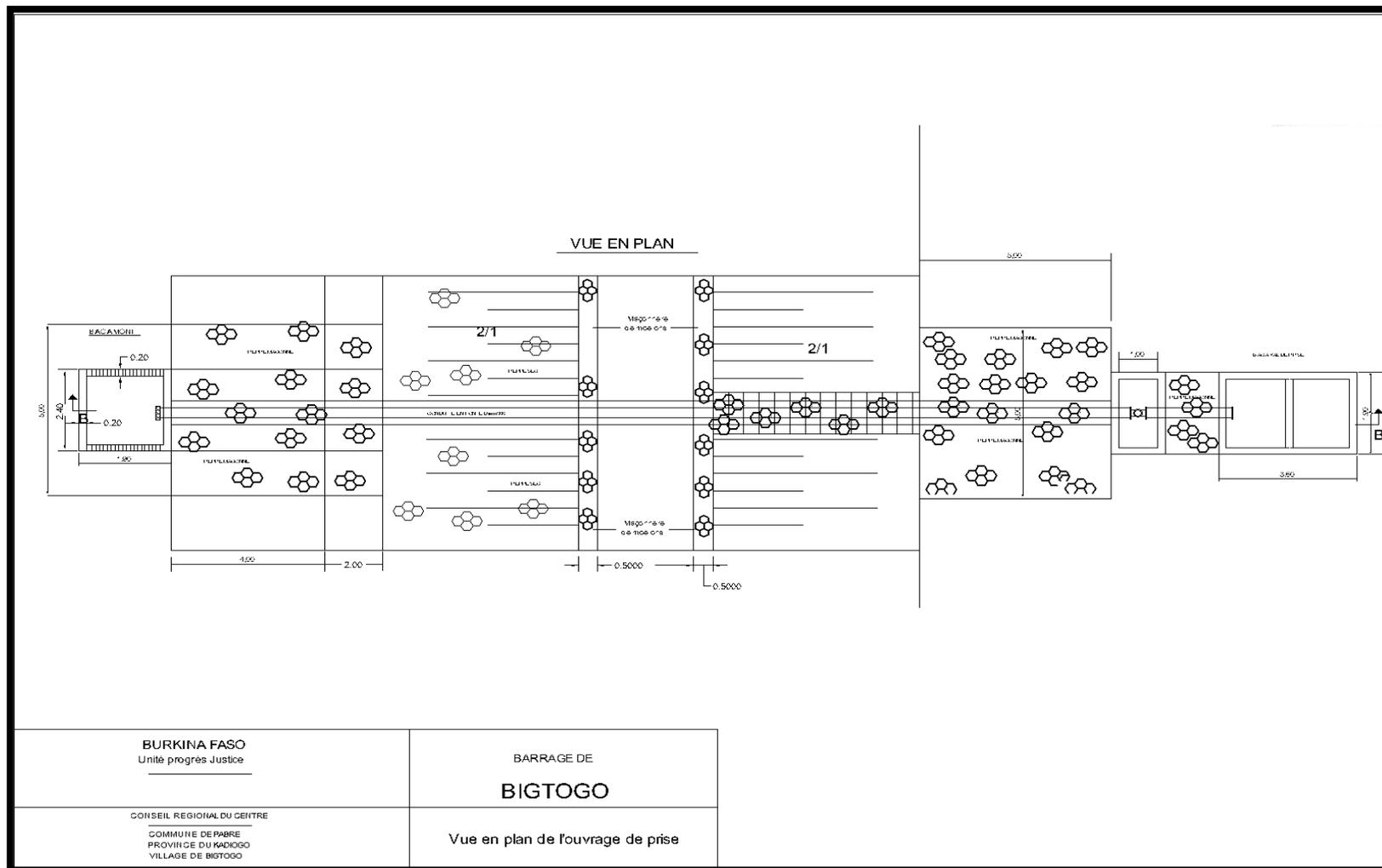




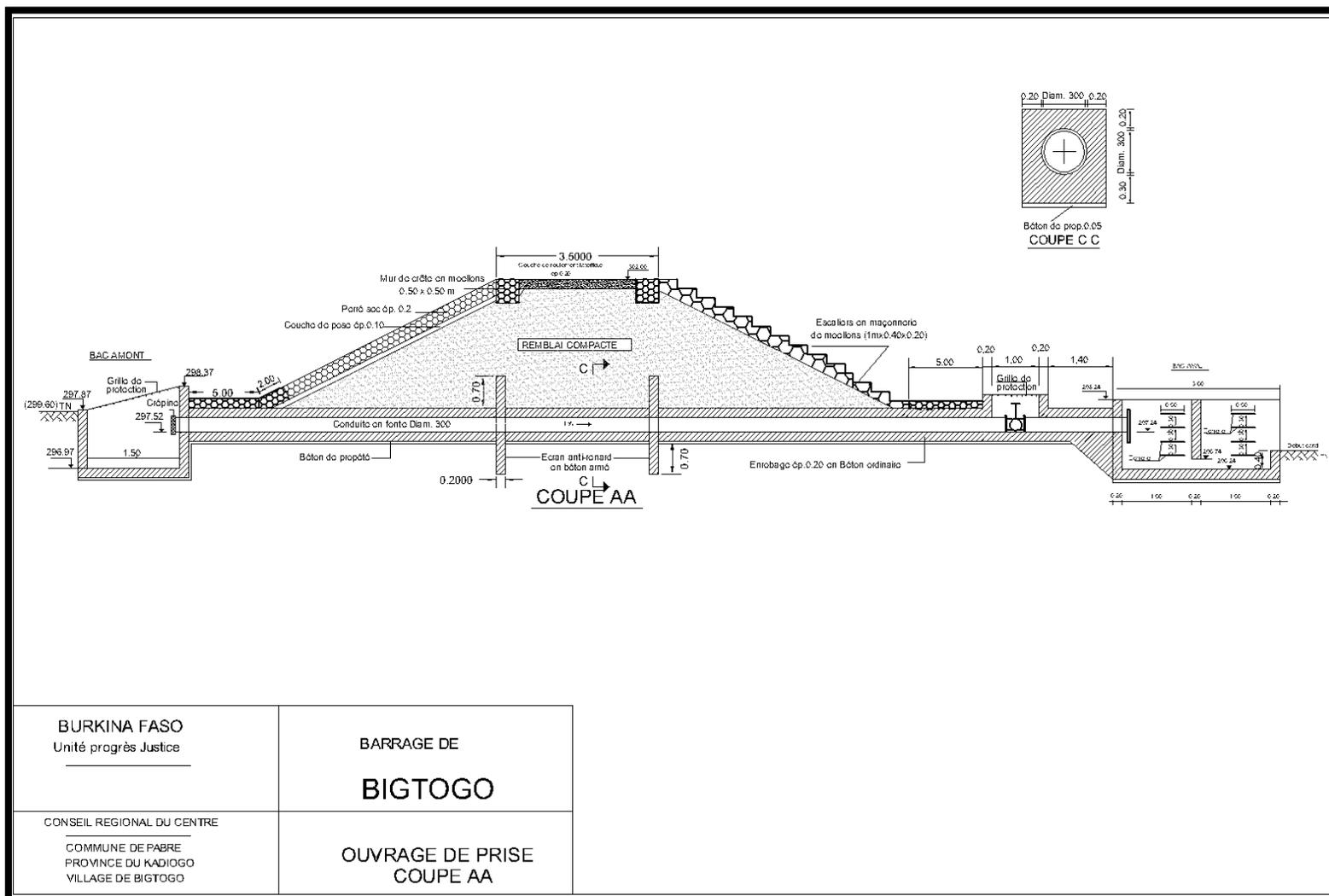
**VI.10 Plan de détails de ferrailage**



**VI.11 Vue en plan de l'ouvrage de prise**



**VI.12 Vue en coupe de la prise d'eau**



**VI.13 Plans de ferrailage des bacs amont et aval**

