



De l'EIER ETSHER à 2iE,  
50 ans au service de l'Afrique



# **PROJET DE DEVELOPPEMENT RURAL INTEGRE A LA PLAINE DE MÔ (Togo) :**

## **ETUDE TECHNIQUE DU BARRAGE DE TASSI**

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR 2iE AVEC GRADE  
DE MASTER EN GENIE CIVIL ET HYDRAULIQUE  
**OPTION : Infrastructures et Réseaux Hydrauliques**

-----  
Présenté et soutenu publiquement le 21 Janvier 2019 par  
**Jabbar TCHA-COROUDOU (20150067)**

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

**Maître de stage : KAMDA Palakiyé**m, Ingénieur hydraulique, CENTRO SA

**Structure d'accueil : Consortium des Entreprises Tropicales (CENTRO SA).**

Jury d'évaluation du stage :

Président : **Prof Adamah MESSAN (Maitre de Conférence)**

Membres et Correcteurs : **M. Césaire HEMA**

**M. Arnaud OUEDRAOGO**

**M. Moussa LO**

**Promotion [2018-2019]**



## DEDICACES

---

- A mon père et à ma mère qui me guident et me supportent dans tous les choix que je fais et qui m'ont mis sur la voie du succès.
- A mes frères et sœurs.
- A tous les Hommes dans l'amour d'ALLAH.
- A tous ceux qui ont prié de loin ou de près pour ma réussite ou pour mon échec.

## REMERCIEMENTS

---

J'exprime mes reconnaissances à tous ceux qui ont contribué à la réussite de mon parcours.

Je serai toujours reconnaissant envers le personnel de 2iE, dont l'efficacité m'a permis et me permettra de faire partie des bâtisseurs de ce monde.

Je tiens à remercier particulièrement :

- Professeur Mady KOANDA, Directeur général de 2iE ;
- Professeur Mahamadou KOITA, Directeur des Enseignement et des Affaires Académiques (DEAA) à 2iE ;
- Professeur Adamah MESSAN, Enseignant Chercheur au Département Génie Civil et Hydraulique à 2iE et Maître de Conférence ;
- Monsieur Moussa LO, Enseignant au Département Génie Civil et Hydraulique à 2iE
- Monsieur Kpatcha BASSAYI, PDG de CENTRO S.A sans qui ce parcours aura été totalement différent ;
- Monsieur KAMDA Palakiyem, Ingénieur Hydraulicien à CENTRO S.A ;
- Monsieur AWADE Yao, à CENTRO S.A ;
- Tout le personnel administratif et technique de CENTRO S.A.

A ma famille qui m'a toujours soutenu et conseillé, à tous mes frères et sœurs, je ne trouverai jamais les mots qu'il faut pour vous prouver ma reconnaissance, alors je laisse Allah le tout Miséricordieux s'en charger.

Je ne saurai assez témoigner mes profonds sentiments de gratitude à tous ceux qui m'ont accepté tel que je suis et qui m'aide à me parfaire chaque jour.

Quant à vous mes amis, je préfère vous appeler "frères" et "sœurs", il m'est donc inutile de continuer par chercher les mots. Enfin à tous ceux qui ont cru en moi lors des tempêtes et qui continu toujours de croire en moi ; à ceux qui n'ont jamais cru en moi car sans eux je ne pourrais adresser mes reconnaissances à qui que ce soit.

## **RESUME**

---

La présente étude a été menée dans le village de Tassi, dans le bas fond de la plaine de Mô en zone soudano-Guinéen, au Togo. Dans le souci d'atteindre le taux d'accroissement de 6% l'année fixé pour accélérer sa croissance, le Togo a mis sur pied, le Programme National d'Investissement Agricole et de Sécurité Alimentaire ce qui a permis de rendre effectif les réalisations physiques, dont le Projet de Développement Rural Intégré à la Plaine de mô. L'objectif de ce projet est de lutter contre la pauvreté à travers l'amélioration de l'accès aux services sociaux de base et des revenus agricoles dans des conditions de développement durable avec une attention particulière aux couches défavorisées. Pour cela, le gouvernement Togolais avec l'appui de la Banque Ouest Africaine de Développement, a initié la construction d'un certains nombres d'ouvrages à vocation hydro-agricole. C'est dans ce contexte que l'édification du barrage de Tassi a été retenue en vue d'aménager des périmètres agricoles et de favoriser le développement de l'élevage.

Pour mener cette étude, nous avons élaboré une démarche méthodologique basée essentiellement sur des études hydrologiques, de génie civil en vue de quantifier les apports et de dimensionner l'ensemble des éléments constituant cet ouvrage de stockage.

Ce barrage calé à l'exutoire d'un bassin versant d'une superficie de 27.13 km<sup>2</sup>, a une capacité d'environ 197 800 m<sup>3</sup> (au PEN) et servira essentiellement à irriguer 5 ha de terre et à abreuver les animaux. Il est une digue a noyau étanche de 640 m de long ; 4 m de largeur en crête et est calée à la côte 227.5 m avec comme hauteur 5,5m et pente de talus amont et aval de 1V/2H. Le déversoir d'une longueur de 250 m de long occupe une position latérale et permettra d'évacuer un débit centennal de 915 m<sup>3</sup>/s. A l'aval de ce déversoir se trouve un bassin de dissipation à ressaut du type II. Le coût de l'ouvrage est d'environ 508 millions de francs CFA.

### **Mots Clés :**

---

- 1 - Barrage
- 2 - Bas fond
- 3 - Aménagement
- 4 - Tassi
- 5 - Plaine de Mô

## **ABSTRACT**

---

The present survey was conducted in the village of Tassi, in the bottom of the full Mô in the Sudan-Guinean zone, in Togo. In order to achieve the 6% increase in the year set to accelerate its growth, Togo has set up, the National agricultural investment and food security Program, which has made it possible to make physical achievements, of which The Rural development project integrated into the Mô plain. The aim of this project is to combat poverty through the improvement of access to basic social services and agricultural incomes under conditions of sustainable development with special attention to disadvantaged strata. For this, the Togolese Government, with the support of the West African Development Bank, has initiated the construction of a number of works with a hydro-agricultural vocation. It is in this context that the construction of the Tassi Dam has been retained in order to develop agricultural perimeters and to promote the development of livestock farming.

To carry out this survey, we have developed a methodological approach based mainly on hydrological studies, civil engineering in order to quantify the inputs and to size all the elements constituting this storage structure.

This dam is positioned at the outfall of a catchment area of 27.13 km<sup>2</sup>, has a capacity of approximately 197 800 m<sup>3</sup> (in PEN) and will be used mainly to irrigate 5 hectares of land and to water the animals. It is a 640 m long waterproof pit dam; 4 m wide in ridge and is wedged on the coast 227.5 m with as height 5, 5m and slope of slopes upstream and downstream of 1v/2h. The 250 m long Weir occupies a lateral position and will allow the discharge of a centennial flow rate of 915 m<sup>3</sup>/s. Downstream of this weir is a type II jump basin. The cost of the work is about 508 million CFA francs.

### **Key Words:**

---

- 1 - Dam
- 2 – Low Bottom
- 3 – Planning
- 4 - Tassi
- 5 – Plaine de Mô

## **LISTE DES ABREVIATIONS**

---

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

APD : Avant-Projet Détaillé

BOAD : Banque Ouest Africaine de Développement

CEDEAO : Communauté Economique des Etats de l'Afrique de l'Ouest

CENTRO SA : Consortium des Entreprise Tropicale

CIEH : Comité Interafricain d'Etudes Hydrauliques

Dd : Densité de Drainage

Ds : Densité Spécifique

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

EIES : Etude

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

NIE : Notice d'Impact Environnemental

OPN : Optimum Proctor Normal.

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

PDDAA : Programme Détaillé de Développement de l'Agriculture Africaine

PDRI-Mô : Projet de Développement Rural Intégré de la Plaine de Mô

PEN : Plan d'Eau Normal

PHE : Plus Haute Eau

PNIASA : Programme National d'Investissement Agricole et de Sécurité Alimentaire

TE : Temps d'Envasement

## TABLE DES MATIERES

---

DEDICACES .....	II
REMERCIEMENTS .....	III
RESUME.....	IV
ABSTRACT .....	V
LISTE DES ABREVIATIONS .....	VI
LISTE DES TABLEAUX.....	IX
LISTE DES EQUATIONS.....	X
LISTE DES FIGURES .....	XI
I. INTRODUCTION.....	1
II. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL ET DE LA ZONE D'ETUDE ..	3
1. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL.....	3
2. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE .....	3
2.1. Topographie .....	3
2.2. Socio-démographie .....	4
2.3. Socio-économie.....	4
2.4. Climat.....	4
3. RELIEF ET HYDROGRAPHIE .....	7
3.1. Relief.....	7
3.2. Hydrographie .....	8
3.3. Hydrologie .....	9
3.4. Qualité des eaux .....	9
3.5. Géologie et géomorphologie.....	9
III. PRESENTATION DU PROJET .....	11
1. CONTEXTE D'ETUDE : .....	11
2. LOCALISATION DE LA ZONE D'ÉTUDE :.....	11
IV. METHODOLOGIE DE CONCEPTION : .....	12
1. MATÉRIELS : .....	12
2. MÉTHODES : .....	12
2.1. Etudes topographiques :.....	12
2.2. Etudes géotechniques et pédologiques.....	12
2.3. Etudes hydrologiques.....	13
2.4. Etudes hydrauliques et dimensionnement du barrage.....	17
V. ETUDE TECHNIQUE : .....	27
1. INTRODUCTION.....	27

3.	ÉTUDES TOPOGRAPHIQUES :	27
4.	ETUDE HYDROLOGIQUE	28
4.1.	Caractéristiques physiques et morphologique du bassin versant :	28
4.2.	Prédétermination de la crue du projet :	29
4.3.	Débit de crue décennal retenue :	30
4.4.	Débit de projet :	31
4.5.	Analyses fréquentielles des pluies	31
4.6.	Etude des apports	31
5.	ETUDES HYDRAULIQUES ET DIMENSIONNEMENTS DU BARRAGE :	32
5.1.	Etude de la retenue :	32
5.2.	Etude de la digue et des ouvrages annexes	37
6.	CONCLUSION	44
VI.	ETUDE FINANCIERE	45
1.	INTRODUCTION	45
2.	AVANT METRE	45
3.	DEVIS ESTIMATIF	45
4.	CONCLUSION	45
VII.	NOTICE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL (NIE) :	46
1.	IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT :	46
1.1.	Impacts positifs :	46
1.2.	Impacts négatifs	46
2.	IMPACTS SUR LA POPULATION :	46
2.1.	Impacts positifs	46
2.2.	Impacts négatifs :	47
VIII.	CONCLUSION ET RECOMMANDATION	48
	REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	50
	ANNEXES	51

## **LISTE DES TABLEAUX**

---

Tableau I : pluviometrie moyenne par pas de 5 ans au poste de sokode (mm) (station meteo de sokode) .....	6
Tableau II : temperatures moyennes minimales et maximales de l'air, sous abri, au poste de sokode (en °c) (station meteo de sokode).....	6
Tableau III : valeurs moyennes de l'humidite relative a la station de sokode (en %)(station meteo de sokode).....	7
Tableau IV : évaporation moyenne à la station de sokodé (en mm) (station météo de sokodé) .....	18
Tableau V : coordonnees de la retenue de tassi.....	28
Tableau VI : les caracteristiques du bassin versant de tassi .....	28
Tableau VII : les parametres de predetermination de crue par la methode orstom.....	29
Tableau VIII : resultats du calcul de debit par la methode orstom.....	30
Tableau IX : determination du debit par la methode cieh .....	30
Tableau X : pluies moyennes annuelles .....	31
Tableau XII : verification du remplissage de la retenue aux apports en annee quinquennale seche et decennale seche .....	32
Tableau XIII : calage du pen .....	34
Tableau XIV : estimation des pertes par evaporation .....	34
Tableau XV : recapitulatif des besoins et pertes .....	34
Tableau XVI : le volume total des besoins et pertes .....	34
Tableau XVII : recapitulatif des depots solides .....	35
Tableau XVIII : caracteristiques de la digue.....	38
Tableau XIX : caracteristiques geometriques du bassin de dissipation .....	40
Tableau XX : verification de la stabilite du deversoir.....	42
Tableau XXI : caracteristiques du deversoir .....	42
Tableau XXII : caracteristiques geometriques du mur bajoyer.....	42
Tableau XXIII : verification de la stabilite du mur bajoyer .....	43
Tableau XXIV : caracteristiques de l'ouvrage de regulation ou de vidange .....	43

## **LISTE DES EQUATIONS**

---

Équation 1 : Indice de forme ou de compacité du bassin versant .....	13
Equation 2 : La longueur du rectangle équivalent.....	13
Equation 3 : La largeur du rectangle équivalent .....	13
Equation 4 : La densité de drainage .....	14
Equation 5 : L'indice global de pente .....	14
Equation 6 : L'indice global de pente corrigé.....	14
Equation 7 : Le débit décennal par la méthode orstom .....	15
Equation 8 : Le débit décennal par la méthode cieh .....	16
Equation 9 : Débit de projet .....	16
Equation 10 : Volume des apports d'eau du bassin versant.....	17
Equation 11 : Volume d'envasement .....	18
Equation 12 : Dégradation spécifique annuelle.....	19
Equation 13 : Hauteur de la digue .....	19
Equation 14 : Largeur en crête .....	20
Equation 15 : Revanche libre .....	20
Equation 16 : Expression de la règle de lane .....	20
Equation 17 : La parabole de Kozeny .....	21
Equation 18 : Longueur du seuil de versant.....	22
Equation 19 : Efficacité de ressaut .....	23
Equation 20 : Force tangentielle de glissement.....	24
Equation 21 : Facteur de sécurité au renversement.....	24
Equation 22 : Volume d'eau à évacuer .....	25
Equation 23 : Débit moyen du pertuis.....	26

## **LISTE DES FIGURES**

---

Figure 1 : abaque du coefficient de laminage (fao 1998).....	22
Figure 2 : bassin de dissipation d'un barrage (dr. Ismaïla gueye 2014b).....	23
Figure 3 : courbe hauteur surface.....	33
Figure 4 : courbe hauteur volume .....	33
Figure 5 : courbe d'exploitation de la retenue.....	36
Figure 6 : etude de stabilite des talus .....	39
Figure 7 : repartition des couts .....	45

## I. INTRODUCTION

---

La république togolaise se compte parmi les nombreux pays africains dont le développement économique est essentiellement basé sur l'agriculture.

Afin d'accélérer la croissance et d'endiguer la pauvreté et la famine sur le continent, il a été montré que les pays africains doivent connaître un taux de croissance d'au moins 6% l'an sur une longue période. C'est pour atteindre cet objectif que les Etats ont adopté la déclaration de Maputo en 2003 qui visait à relever le niveau d'investissement en consacrant 10% des dépenses budgétaires à la production agricole. Cette mission, confiée au Programme Détaillé de Développement de l'Agriculture Africaine (PDDAA) est née d'une vision ambitieuse et globale de réforme nécessaire de l'agriculture en Afrique. Au niveau de la Communauté économique des Etats de l'Afrique de l'ouest (CEDEAO), la mise en œuvre de ce programme s'est traduite par l'adoption en 2005 d'une politique agricole régionale (ECOWAP).

Le Togo, à l'instar des quatorze (14) autres Etats de la région, a élaboré son programme intitulé Programme National d'Investissement Agricole et de Sécurité Alimentaire (PNIASA) dont la table ronde des bailleurs de fonds a été tenue en 2009. Ce programme reste aujourd'hui l'unique cadre de référence pour le gouvernement et les bailleurs de fonds en matière d'investissements agricoles au Togo (*Ten Years After the Maputo Declaration on Agriculture and Food Security : An Assessment of Progress in West Africa CASE OF TOGO* 2016). Ce programme a donc permis de rendre effective des réalisations physiques, dont le Projet de Développement Rural Intégré de la Plaine de Mô (PDRI-Mô).

L'objectif de ce projet est de lutter contre la pauvreté à travers l'amélioration de l'accès aux services sociaux de base et des revenus agricoles dans des conditions de développement durable avec une attention particulière aux couches défavorisées.

C'est dans ce cadre, que le gouvernement togolais, avec l'appui de la Banque Ouest Africaine de Développement (BOAD), à lancer des travaux de construction de trois retenues d'eau, d'aménagement de deux (2) bas fond et de trois (3) zones d'aménagement agricole planifié (ZAAP) dans la plaine de Mô. Le marché a été subdiviser en trois (3) lots dont deux (2), lot n°2 et lot n°3, ont été accorder au groupement d'entreprise CENTRO/GECAUMINE, respectivement togolaise et burkinabè.

Le présent mémoire dont le thème est « PROJET DE DEVELOPPEMENT RURALE INTEGRE A LA PLAINE DE MÔ : ETUDE TECHNIQUE DU BARRAGE D'EAU DE TASSI

», est un rapport qui présente les travaux et les résultats obtenus lors de l'étude du barrage du lot n°2, confié par le groupement à notre structure d'accueil CENTRO S.A.

Dans la première partie de ce mémoire, nous abordera les généralités et les objectifs de l'étude dans l'introduction. Ensuite nous donnerons un aperçu de notre méthodologie de travail et présenterons les résultats qui en découlent.

En second lieu nous ferons une étude financière de notre ouvrage suivie d'une synthèse de l'étude environnemental. Et pour finir une conclusion qui donnera les éléments à retenir de notre travail suivi des recommandations.

## **II. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL ET DE LA ZONE D'ETUDE**

---

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

Le consortium des entreprises tropicales, en abrégé CENTRO S.A, est incontestablement une référence dans le secteur des bâtiments et travaux publics sur le plan national. CENTRO S.A est né de la volonté de jeunes diplômés résolus et engagés venus de divers horizons du Togo et désireux de travailler en synergie afin, non seulement de s'auto employer mais aussi et surtout d'apporter leur pierre à la construction et au développement du pays. CENTRO SA a plus de vingt ans d'existence. De son statut de société à responsabilité limitée (SARL) composée d'une vingtaine de membres avec un capital social de 12 000 000 de Francs CFA, CENTRO est devenu en 2012 une société anonyme employant plus de 300 personnes avec un capital social de 200 000 000 de Francs CFA qui est passée à 636 300 000 de Francs CFA en 2016 et disposant d'un matériel technique évalué à 15 000 000 000 de Francs CFA. Créé en 1995, le consortium présidé et dirigé par M. Kpatcha BASSAYI a fait du chemin et se lance déjà à la conquête du marché international.

Elle se positionne dans le domaine :

- Du bâtiment et travaux publics
- Electrique et Energie
- D'infrastructure et réseau hydraulique
- Des mines
- Des industries.

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

#### **2.1.Topographie**

La Plaine de Mô, située dans la Région Centrale du Togo, est circonscrite entre 9°00' et 8°30' latitude Nord, puis entre 0°50' et 0°10' de longitude Est. Elle occupe donc tout l'Ouest des monts FAZAO et continue vers le Ghana avec une superficie d'environ 960 km<sup>2</sup>.

Elle est limitée au Nord par le fleuve Mô, au Sud par les rivières KOUE et KPAZA, à l'Est par les monts FAZAO et à l'Ouest par le Ghana. Elle est récemment érigée en Sous-Préfecture, et relève administrativement de la Préfecture de SOTOUBOUA. Mais malheureusement elle n'a pas d'ouverture sur celle-ci en raison de l'obstacle naturel que constitue la chaîne des monts FAZAO.

L'accès à la plaine se fait exclusivement à partir de la ville de BASSAR, qui relève de la Région de la KARA, par une route de 31 km de long rendue praticabilité après la récente construction d'un pont de 93 mètres en 2009 sur le fleuve Mô.

### 2.2.Socio-démographie

La population de la Plaine de Mô est estimée à environ 56 512 habitants en 2018 contre 40 000 habitants en 2010, 31 000 en 2005 et 27 859 habitants en 1996. Le taux d'accroissement démographique annuel qui est de l'ordre de 5,16%, a enregistré une tendance à la baisse : Il était de 8% entre 1981 et 1996 et de 12% entre 1970 et 1981.

Les ethnies autochtones sont les KOTOKOLI et les BASSAR qui représentent respectivement 31,4% et 12,9% de la population. Le reste est constitué essentiellement par les LOSSO, LAMBA et KABYE qui sont originaires de la région de KARA, mais revenus au Togo par la Plaine du Mô, à la suite de leur rapatriement du Ghana par le régime Koffi Bouzia en 1969 et par les KOMKOMBA venant également du Ghana. Ces deux dernières ethnies représentent respectivement 31% et 16,8% la population. Cette dynamique sociale n'est pas sans effet sur le système foncier dans la mesure où les modes d'appropriation et d'exploitation de la terre vont évoluer avec les nouveaux enjeux et les interférences culturelles.

### 2.3.Socio-économie

Suite à la réalisation par la SOTOCO de radier submersible sur le Mô, d'un réseau de pistes et de forages, un flux d'immigration a été généré pour valoriser les fortes potentialités édaphiques car l'accès au foncier n'est pas problématique dans la zone. A partir de 1995, l'immigration serait fortement ralentie en liaison avec la dégradation des infrastructures de désenclavement qui ont eu un impact négatif sur la commercialisation de la production (baisse des prix, marchés inaccessibles...).

L'insuffisance d'infrastructures de désenclavement fait qu'une bonne partie des transactions commerciales se font avec le Ghana.

### 2.4.Climat

La plaine de Mô, à l'instar de toutes les localités de la préfecture de SOTOUBOUA (Région Centrale) et de celles de la Préfecture de BASSAR (Région de la KARA), est caractérisée par un climat semi-humide, de type soudano-guinéen perturbé par l'effet de l'harmattan, vent sec et poussiéreux du désert qui souffle du Nord au Sud de décembre à février. Ce climat est marqué

par deux grandes saisons : une saison pluvieuse (d'avril à octobre) et une sèche (de novembre à mars).

#### 2.4.1. Pluviométrie

La zone d'étude ne dispose pas de station météo nous permettant d'obtenir les données pluviométriques directe de la plaine de Mô. Les pluviométries moyennes annuelles disponibles pour les zones avoisinantes de SOKODE (60 Km à vol d'oiseau de la zone d'étude), FAZAO (25 Km à vol d'oiseau de la zone d'étude) et SOTOUBOUA (52 Km à vol d'oiseau de la zone d'étude) se limitent à 2010 et se présentent comme suit :

SOKODE : 1 340 mm ;

FAZAO : 1 400 mm ;

SOTOUBOUA : 1 350 mm.

Les données disponibles sur ces localités auraient pu permettre d'établir une corrélation entre chacune d'elles et la plaine de Mô afin d'en apprécier la régression et de reconstituer si possible les données pluviométriques de la plaine. L'établissement de cette corrélation n'est possible que si la plaine dispose de quelques données sur au moins 3 ans. Mais ceci n'étant pas le cas, cette corrélation ne peut alors être établie.

Il devrait être possible de considérer les pluviométries des postes de FAZAO, qui est les plus proches de la zone d'étude, mais la présence de la falaise à l'Ouest perturbe les lignes de grain. Ainsi, pour toutes ces considérations, il a été préférable de prendre le cas le plus défavorable, celui du poste de SOKODE où la pluviométrie moyenne annuelle est la plus faible.

Les moyennes pluviométriques calculées par pas de 5 ans, donnent les résultats de 1961 à 2010 représenter dans le tableau qui suit.

*Tableau I : Pluviométrie moyenne par pas de 5 ans au poste de Sokodé (mm) (Station météo de Sokodé)*

ANNEES	JAN.	FEV.	MARS	AVR.	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCT.	NOV.	DEC.	TOTAL
<b>1961-1965</b>	6,1	48,2	58,5	102,6	160,2	217,5	262,0	268,3	252,0	200,7	18,8	5,4	1600,3
<b>1966-1970</b>	2,4	19,0	74,1	114,3	159,1	187,3	225,4	330,1	325,8	137,8	18,6	17,3	1611,2
<b>1971-1975</b>	0,3	18,6	68,7	89,3	173,7	153,2	291,1	219,3	216,8	85,3	6,0	3,3	1325,5
<b>1976-1980</b>	9,6	9,3	52,4	90,8	124,0	163,6	217,2	216,0	242,5	168,6	19,5	3,3	1316,7
<b>1981-1985</b>	0,2	0,8	61,4	107,8	113,1	168,8	227,5	204,2	149,1	63,3	14,8	0,2	1111,2
<b>1986-1990</b>	0,4	11,0	49,3	105,9	82,2	204,2	220,4	283,9	213,2	95,7	11,3	4,2	1281,8
<b>1991-1995</b>	0,0	13,6	32,4	134,5	187,8	143,5	202,1	305,5	227,8	99,1	22,9	0,8	1370,1
<b>1996-2000</b>	4,1	19,2	27,9	115,2	101,4	146,2	198,2	293,6	265,4	126,4	5,6	3,8	1307,0
<b>2001-2005</b>	9,2	0,7	32,2	112,8	86,9	199,7	294,1	241,6	248,2	89,6	31,1	0,0	1346,2
<b>2006-2010</b>	0,1	12,5	44,5	84,0	101,1	104,2	218,9	249,4	267,8	95,2	5,9	0,7	1184,2

#### 2.4.2. Température

Les moyennes minimales, maximales de la température, ainsi que les moyennes des températures minimales et maximales ont été calculées à partir des relevés effectués à la station climatologique de Sokodé sur la période de 1961 à 2011 et se présentent comme suit :

*Tableau II : Températures moyennes minimales et maximales de l'air, sous abri, au poste de Sokodé (en °C) (Station météo de Sokodé)*

	JANV	FEV	MARS	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCT	NOV	DEC	MOY
<b>Moyenne Mini (Tn)</b>	18,4	20,7	22,5	22,8	22,1	21,4	21,1	21,1	20,8	20,1	18,5	17,8	20,6
<b>Moyenne Maxi (Tx)</b>	34,4	36,0	36,0	34,4	32,6	30,8	29,2	28,8	30,0	32,0	34,0	33,9	32,7
<b>Moy (Tm) Min&amp; Max</b>	26,4	28,4	29,2	28,6	27,4	26,1	25,2	25,0	25,4	26,1	26,3	25,8	26,6
<b>Ecart diurne (Tx-Tn)</b>	15,9	15,2	13,5	11,6	10,5	9,4	8,1	7,7	9,1	11,8	15,5	16,1	12,0

En se référant au tableau ci-dessus, on constate que la température moyenne annuelle est de 26,5°C, alors que la variation annuelle entre les mois les plus chauds (Février et Mars : 36°C) et le mois le plus froid (Août : 21,1°C) est faible (7 °C). Cependant, on note des variations journalières de températures très importantes (16,1 °C en Décembre et 15,9 °C environ en Janvier Février et Mars) époque correspondant en grande partie à la période de l'harmattan. En tout état de cause, les importants écarts diurnes de températures permettent un bon

développement de cultures maraîchères, si la disponibilité en eau d'irrigation est garantie. On note également que les variations journalières de températures baissent légèrement à partir du mois d'Avril (début des pluies) pour lequel on enregistre 11,6 °C pour atteindre le minimum au mois de Septembre (9,1 °C) qui correspond globalement à la fin des pluies.

#### 2.4.3. Hygrométrie

Le calcul sur la période de 1961 à 2011 des valeurs moyennes de l'humidité relative à partir des données enregistrées à la station climatologique de Sokodé, donne les résultats suivants :

*Tableau III : Valeurs moyennes de l'humidité relative à la station de Sokodé (en %)(Station météo de Sokodé)*

	JANV	FEV	MARS	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCT	NOV	DEC
<b>Mini</b>	22	23	33	47	55	60	66	68	64	55	34	26
<b>Maxi</b>	61	68	83	94	96	98	99	99	99	98	93	73
<b>Moyenne</b>	41	45	58	70	76	79	82	83	82	77	64	49

Le tableau ci-dessus montre que l'humidité est faible de décembre à février. En effet c'est pendant cette période que souffle l'harmattan, vent sec du désert. C'est aussi pendant cette période qu'on enregistre les températures minimales les plus faibles et les variations journalières de températures les plus importantes.

#### 2.4.4. Vents

Les vents à Sokodé sont généralement faibles. Leur vitesse moyenne varie entre un et trois mètres par seconde (1 à 3 m/s). Leur direction varie suivant les saisons. Ils soufflent généralement de l'Ouest (W) ou du Sud-Ouest (SW) durant la période de Mars à Novembre et de l'Est (E) ou du Nord-Est (NE) de Novembre à Février.

Cependant, à certains moments de l'année, notamment au début et à la fin de la saison de pluie, des vents violents accompagnés d'orages appelés grains, soufflent généralement du Nord (N) ou de l'Est (E) avec des vitesses maximales instantanées pouvant atteindre ou dépasser trente mètres par seconde (30m/s) soit 108 Km/h.

### 3. RELIEF ET HYDROGRAPHIE

#### 3.1. Relief

On distingue trois grands types de paysages dans la zone de l'étude :

- Au sud de Bassar et sur toute la zone de BAGHAN-TCHAPOSI, remontant vers le Nord, un paysage de collines plus ou moins vallonnées issues de trois systèmes de relief
  - A l'Est le système FAZAO qui va rejoindre la branche Sud de l'Atakora ;
  - Au Centre, le système de KATCHA qui remonte à l'Est de TCHAPOSSI et de DIMORI vers KANBOU ;
  - A l'Ouest le système de KAMKPALLE qui est parallèle à la frontière ghanéenne et qui isole YAKEDJI.
- Ces collines bornent au Nord, les plaines basses de la rive droite de, la plaine du Mô
- Tout le long de la falaise FAZAO, une zone de piedmont s'étendant du pied de la falaise jusqu'aux plaines de bordure de la rive gauche du Mô, avec de nombreux ruisseaux descendant de la falaise et s'étalant à leur rencontre avec le Mô, et
- Une plaine au Sud légèrement vallonnée, centrée sur DJARKPANGA, dominant les plaines alluviales de la rive gauche du Mô et allant jusqu'à la frontière ghanéenne à TINDJASSE.

### 3.2.Hydrographie

Le réseau hydrographique de la plaine appartient au bassin de la Volta. Elle comprend une multitude de cours d'eau et leurs affluents. On peut énumérer entre autres :

- Le Mô et ses affluents, le KAGNIGBARA, le POUGARINI, le BONA, le KANIAN, le NAOLO, le KALE, le BOUBOU, le SAKO et le KONE ;
- Le SAKO, affluent le plus important, comporte plusieurs sous affluents, principalement, AGOROBANI, TAKOURABONOU, OUHOKOU et MBALE ;
- Le KPAZA et ses principaux affluents le KOUE faisant frontière avec le Ghana voisin au Sud-Ouest, le Mou, le KABATE et le KOUNDALE.

Le Mô prend sa source dans les Monts ALEDJIO, tandis que la plupart de ses affluents dans la plaine d'une part, et le KPAZA et ses affluents d'autre part, prennent naissance dans les Monts de FAZAO. Les cours supérieurs de ce réseau hydrographique sont donc très rapides avec des pentes dépassant parfois 1% provoquant ainsi d'importants ravinements des lits ; ce qui entraîne le plus souvent une destruction de la forêt galerie par déracinement d'arbres et un encombrement de ces lits par des matériaux charriés.

Dans la plaine, les pentes des lits des cours d'eau s'adoucent, variant entre 0,5 et 1%. Les matériaux entraînés dans les cours supérieurs se déposent alors en formant des dépôts alluvionnaires dans les bas-fonds où l'érosion est peu marquée.

Les rivières Mô et KPAZA, principaux cours d'eau de la plaine, se jettent dans l'Oti au Ghana.

Du point de vue topographique, plusieurs cours d'eau de la plaine, présentent des lits plus au moins encaissés pouvant offrir des sites intéressants pour des aménagements hydro agricoles.

Mais la principale contrainte à ces aménagements est l'inexistence d'exploitants intéressés par ces infrastructures. En effet, la plaine du Mô est dépourvue de tout aménagement hydro-agricole et les exploitants agricoles n'ont pas la pratique de l'irrigation ; ils ne considèrent pas en outre les aménagements hydro-agricoles comme leur première nécessité. Ceci est essentiellement dû à l'ignorance du rôle et impact de tels aménagements sur l'amélioration de la productivité des spéculations pratiquées.

### 3.3.Hydrologie

L'hydrologie des cours d'eau de la plaine n'est pas très fournie. Hormis le Mô qui a disposé d'une station hydrométrique bien suivie à BOUNGOULOU de 1971 à 1987, les autres cours d'eau sont mal connus hydrométriquement.

On peut dire qu'en moyenne, hormis le Mô et un peu le SAKO et le KPAZA, les autres cours d'eau présentent des étiages sévères.

### 3.4. Qualité des eaux

A partir des aménagements hydrauliques par barrages ou retenues, il est possible de mobiliser d'importantes ressources en eau dans la plaine du Mô.

Les caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques des eaux de surface sont essentiellement dues aux échanges qui se produisent entre l'eau et l'atmosphère, entre l'eau et le sol et les formations géologiques traversées. On trouve dans les eaux des gaz dissous comme l'oxygène le gaz carbonique et l'azote, des constituants minéraux sous forme d'ions, des éléments en trace plus ou moins importants.

Il est à noter qu'aucune analyse chimique ou bactériologique n'est faite sur la qualité de ces eaux de surface. Ces eaux ne sont pas en général bonnes pour la consommation humaine.

### 3.5.Géologie et géomorphologie

La Plaine de Mô est taillée dans les formations de couverture sédimentaires ou épi-métamorphiques. Ces formations constituent l'un des trois ensembles ressortant nettement sur la carte géologique du Togo.

La géologie de la plaine du Mô se résume en deux séries Précambriennes :

- L'ATAKORIEN composé de quartzite, de grès quartzite, de schistes à nombreux filons de quartz, reposant sur les formations du dahoméen ;
- Le BUEM composé de grès quartzites verdâtres très homogène à l'inverse de l'ATAKORIEN et reposant sur celui-ci. Il affleure sur le flanc Ouest de la chaîne des Monts TOGO y compris les Monts FAZAO. Il comprend des grès à stratification oblique associés à des shales ainsi que des niveaux de TILLITES (Komlavi F. Séddoh 1981).

Nous sommes donc en présence des roches mères pauvres en éléments basiques mais riches en silice combinée.

La série de L'ATAKORIEN est affectée d'une faille qui a joué en traînant la formation de la falaise. Celle-ci est flanquée de nombreux cônes d'éboulis à pente très raide remontant jusqu'à mi-hauteur. A ceux-ci succède un glacis de piedmont avec des pentes de 5 % en moyenne.

Plus à l'Ouest, la pénéplaine s'étend vers le Mô avec une pente générale d'environ 1%. Cette pénéplaine est parsemée par de petits plateaux cuirassés en voie de démantèlement, vestige d'une ancienne surface d'érosion.

Les lits des cours d'eau sont très évasés et les nappes alluviales peuvent s'étaler sur plusieurs centaines de mètres de large.

Le trait le plus marquant de la géomorphologie, c'est la présence de la falaise de BOULOHO ; Cette falaise est développée, (selon l'étude de l'ORSTOM en septembre 1965), sur une falaise affectant l'ATAKORIEN. Dans ce glacis de piedmont s'enfoncent plus ou moins des cours d'eau. C'est au-delà de ce glacis de piedmont que s'étend vers l'ouest la pénéplaine connue sous le nom de Plaine du Mô. Cette plaine qui n'est pas rectiligne, présente des ondulations ou bosses dont l'amplitude évaluée par ORSTOM se limite le plus souvent à 30 m.

Des plateaux cuirassés, témoins d'une ancienne surface d'érosion dominent quelque peu cette pénéplaine. Sur ces plateaux se trouvent des niveaux de cailloux roulés. Avec une hauteur moyenne de 45 mètres, ces plateaux sont en voie de démantèlement à cause sans doute des conditions mésophiles actuelles.

### III. PRESENTATION DU PROJET

---

#### 1. CONTEXTE D'ETUDE :

Le projet PDRI-Mô s'est fixé pour objectif général de lutter contre la pauvreté à travers l'amélioration de l'accès aux services sociaux de base et des revenus agricoles dans des conditions de développement durable avec une attention particulière aux couches défavorisés.

Le projet consiste en plus des actions de structuration et de formation des communautés a la base, à réaliser de grands aménagements hydro agricoles à construire et/ou à réhabiliter les infrastructures sociales de base, notamment des forages, des écoles, des structures sanitaires, leur électrification à partir de l'énergie solaire, à désenclaver la zone par la construction et /ou réhabilitation des pistes et à protéger l'environnement.

Ainsi pour notre étude nous avons pour objectif de concevoir et de dimensionner des ouvrages hydroagricoles dans les bas-fonds de la plaine de Mô notamment celui de TASSI pour lequel.il s'agira spécifiquement de faire un diagnostic de la situation de la zone d'étude, de procéder à des études techniques du bas-fond de TASSI, de dimensionner les ouvrages et d'estimer leurs coûts de réalisation.

#### 2. LOCALISATION DE LA ZONE D'ÉTUDE :

Cette étude est effectuée dans l'une des bas-fonds de la plaine de Mô (annexe II), celle du village de TASSI délimitées par les points suivants :

P1 : (X=238355.0000 ; Y=958201.0200 ; Z=248.9800)

P2 : (X=238328.4700 ; Y=958213.3400 ; Z=248.6800)

P3 : (X=237829.0000 ; Y=958273.6600 ; Z=244.6200)

P4 : (X=237477.8700 ; Y=958288.2100 ; Z=242.0800)

P5 : (X=237854.8402 ; Y=957862.2631 ; Z=245.8567)

P6 : (X=238291.1799 ; Y=957930.4858 ; Z=248.9800)

## **IV. METHODOLOGIE DE CONCEPTION :**

---

### **1. MATÉRIELS :**

Pour le traitement des données, nous avons utilisé les outils informatiques suivants :

- GPS : qui a permis de relever les coordonnées des points importants sur le site ;
- COVADIS : Pour le traitement des données topographiques ;
- GOOGLE EARTH : pour la localisation des différents sites.
- GLOBAL MAPPER : pour la délimitation et caractérisation des bassins versant ;
- HYFRAN : pour l'étude pluviométrique ;
- GOOGLE SEARCH pour les recherches documentaires
- MICROSOFT OFFICE pour les calculs et la rédaction de notre document
- AUTOCAD : pour le dessin des plans ;
- ZOTERO pour la bibliographie

### **2. MÉTHODES :**

Pour atteindre les objectifs de ce projet, nous avons adopté dans cette étude une démarche méthodologique s'articulant sur les points suivants :

- La recherche bibliographique : elle a consisté à consulter les anciens rapports d'étude sur les aménagements des bas-fonds, livres, cartes, et sur l'internet ;
- Les données de base du site ont été obtenues par entretien avec les responsables du projet PDRI-Mô ;
- Visite de site ;
- Conception et dimensionnement des ouvrages ;
- Elaboration du rapport technique explicatif, d'une note technique et des pièces dessinées.

#### **2.1. Etudes topographiques :**

Une campagne d'études topographiques a été menée pour la période du 07 au 19 Avril 2018 sur le site de TASSI. Pour nous permettre d'identifier et d'établir les courbes de niveau du terrain.

#### **2.2. Etudes géotechniques et pédologiques**

Les études géotechniques et pédologiques sur le site n'ont pas pu être faites par le laboratoire de l'entreprise en raison des pluies intenses dans la zone durant notre étude. Nous nous sommes basés sur les études préalables effectuées par OSTORM en 1963 dans la zone.

## 2.3. Etudes hydrologiques

### 2.3.1. Caractéristiques physiques et géomorphologiques :

#### **Superficie (S) :**

Les superficies des bassins versants ont été déterminées à partir du logiciel Global Mapper.

#### **Périmètre (P) :**

Ils ont également été obtenus à partir du même logiciel que les surfaces.

#### **Indice de forme ou de compacité du bassin versant :**

Il correspond au rapport du périmètre du bassin à celui d'un cercle de même superficie et permet de comparer entre eux les bassins de superficie identique. Le coefficient de compacité de GRAVELIUS est exprimé à partir de la formule suivante :

$$Kc = \frac{P}{2 * (\pi * S)^{-1/2}}$$

Équation 1 : indice de forme ou de compacité du bassin versant

#### **Le rectangle équivalent :**

C'est le rectangle ayant même surface et même périmètre que le bassin versant, sa longueur (L), ainsi que sa largeur (l) sont données par les relations suivantes :

$$L = \frac{P + \sqrt{(P^2 - 16 * S)}}{4}$$

Équation 2 : La longueur du rectangle équivalent

$$l = \frac{P - \sqrt{(P^2 - 16 * S)}}{4}$$

Équation 3 : La largeur du rectangle équivalent

S : la surface du bassin versant ;

P : le périmètre du bassin versant

#### **La densité de drainage :**

La densité de drainage est le rapport entre la longueur totale du réseau hydrographique et la surface du bassin versant. Elle est déterminée par la formule suivante :

$$Dd = \frac{\sum Li}{S}$$

Équation 4 : La densité de drainage

**La pente moyenne du cours d'eau :**

Elle est calculée en mesurant la pente du cours d'eau principal (en générale c'est la pente du profil en long du lit mineur) après avoir éliminé les 20% de la partie supérieure et les 20% de la partie inférieure du Profil.

**Pente transversale moyenne :**

Elle est déterminée en faisant la moyenne de quatre à six pentes transversales

**Répartition hypsométrique :**

La courbe hypsométrique du bassin versant donnant le pourcentage de la superficie S du bassin versant située au-dessus d'une altitude donnée H, celle-ci permettra de déterminer l'Indice global de pente (Ig).

**L'indice global de pente (Ig) :**

Il est l'indice qui caractérise le relief du bassin et est défini par la formule suivante :

$$Ig = \frac{\Delta H}{L}$$

Équation 5 : L'indice global de pente

Avec  $\Delta H = 5\%H - 95\%H$

**L'indice global de pente corrigé (IgCorr) :**

La pente transversale est trop différente de la pente longitudinale, on calcule alors un Indice global de pente corrigé (IgCorr). Il est donné par l'expression suivante :

$$IgCorr = \frac{[(n - 1) * Ig + It]}{n}$$

Équation 6 : L'indice global de pente corrigé

2.3.2. Prédétermination de la crue du projet :

La détermination de la crue de projet consiste à déterminer le débit de crue pour lequel on souhaite protéger son ouvrage (FAO 1998).

Le bassin versant n'ayant pas été jaugé, les méthodes spécialement mises au point pour les petits bassins versants de l'Afrique occidentale et centrale sont celles utilisées pour la prédétermination des débits de crue et des apports (M.L. COMPAORE 1996). Les deux méthodes ici employées sont les méthodes CIEH et ORSTOM. Le détail de calcul est donné en Annexe I.

➤ **Détermination de la crue décennale par les méthodes ORSTOM et CIEH :**

Méthode ORSTOM :

Elle s'applique à des bassins dont la superficie se situe entre quelques dizaines d'hectares et plus de 1500 km<sup>2</sup>, relevant de la zone sahélienne et de la zone tropicale sèche (FAO 1998).

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

$$Q_{10} = 1,06 * Q_{r10}$$
$$\text{avec } Q_{r10} = AP_{10} * Kr_{10} * \alpha_{10} * S/Tb_{10}$$

Equation 7 : Le débit décennal par la méthode ORSTOM

Avec :

Q<sub>10</sub> : Débit de crue décennal par la méthode ORSTOM (m<sup>3</sup>/s)

Q<sub>r10</sub> : Débit de pointe du ruissellement superficiel décennal (m<sup>3</sup>/s)

A : Coefficient d'abattement de VUILLAUME

P<sub>10</sub> : Pluie journalière décennale (mm), (CIEH 1985)

Kr<sub>10</sub> : Coefficient de ruissellement décennal, obtenu par interpolation Kr<sub>70</sub> - Kr<sub>100</sub>

α<sub>10</sub> : coefficient de pointe de la crue décennale, généralement pris égal à 2,6

S : Superficie du bassin versant

Tb<sub>10</sub> : Temps de base de la crue décennale

Méthode CIEH « où méthode statistique »

Elle a été établie sur la base d'un échantillon de 162 bassins versants répartis en Afrique francophone, 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.

$$Q_{10} = a * S^s * Pan^p * Ig^i * Kr^K * Dd^d$$

Équation 8 : Le débit décennal par la méthode CIEH

Avec

Q10 : Débit de crue décennal (m<sup>3</sup>/s)

a, s, p, i, k, et d sont de coefficient de régression multiple

S : Superficie du bassin versant ;

Pan : Pluies moyenne annuelle (mm) ;

Ig : Indice global de pente (si corrigé, se référer à la corrigée) ;

Kr10 : Coefficient de ruissellement décennal, déterminé sur des abaques ORSTOM ;

Dd : Densité de drainage ;

➤ **Débit de projet :**

Le débit du projet est le débit maximum admis par le projet et pour lequel l'aménagement doit être résistant. Le débit du projet est donné par la formule :

$$Q_{projet} = C * Q_{10}$$

Équation 9 : Débit de projet

Avec :

C : est un coefficient de sécurité représentant le risque accepté au dépassement de Q10.

$C = (1 + ((P_{100} - P_{10}) / P_{10}) * ((T_{b10} / 24)^{0,12}) / Kr_{10})$

2.3.3. Analyses fréquentielles des pluies :

Les analyses fréquentielles des pluies ont été faites grâce aux données pluviométriques recueilli à la station de SOKODE.

✓ **Série des pluies moyennes annuelles : (1961-2010)**

Ajustement par la loi de Gauss :

Fonction de répartition :

$$F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{1}{2}u^2} du$$

Avec la variante réduite

$$u = \frac{x - \bar{x}}{S}$$

Les paramètres de la loi sont la moyenne  $\bar{x}$  et l'écart type S

✓ **Série des pluies maximales journalières : 1961-2010**

Ajustement par la loi de GUMBEL :

Fonction de répartition :

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

Les paramètres de la loi sont :

$x_0 = \text{parametre de position}$

$\frac{1}{a} = \text{parametre d'echelle}$

2.3.4. Etude des apports :

Il s'agit d'estimer en volume les apports d'eau du bassin versant afin de s'assurer du remplissage de la retenue sur un cycle annuel (Chabi-Gonni and Puech 1983). Les apports proviennent des pluies, mais il faut tenir compte du déficit d'écoulement dû à l'évaporation.

Ces apports sont évalués par les formules de TRUC et COUTAGNE :

$$V_{\text{apports}} = K_e * P * V_{BV}$$

Équation 10 : volume des apports d'eau du bassin versant

Avec :

$V_{\text{apports}}$  : le volume des apports annuels ( $\text{m}^3$ ) ;

$K_e$  : Coefficient d'écoulements obtenus par les formules de TRUC et COUTAGNE ;

P : Pluviométrie moyenne annuelle (mm) ;

$V_{BV}$  : Surface du bassin versant ( $\text{km}^2$ ).

**Vérification du remplissage de la retenue aux apports en année quinquennale sèche et décennale sèche :**

En année quinquennale sèche :  $K_{e5} = 0,6 * K_e$

En année décennale sèche :  $K_{e10} = 0,5 * K_e$

2.4. Etudes hydrauliques et dimensionnement du barrage

2.4.1. Etude de la retenue :

**Estimation des besoins en eau et des pertes**

Hypothèses de calculs

- Besoins agricoles : Le maraîchage en saison sèche. ( $70\text{m}^3/\text{j}/\text{ha}$ )

Les besoins en eau humaine sont largement satisfaits avec les forages et ne participent pas à l'exploitation de la retenue.

➤ Pertes par infiltration :

Les pertes par infiltration dépendent de la nature du sol de la cuvette. L'infiltration d'une retenue est variable dans le temps. En effet l'infiltration dans une retenue diminue avec le temps, avec l'apport et le colmatage des éléments fin. Les mesures faites sur les bassins versant en Afrique subsaharienne par l'ORSTOM donne des valeurs comprises entre 1 et 2 mm/j ; soit une infiltration moyenne mensuelle de 4,6 mm.

➤ Pertes par évaporation :

Les valeurs moyennes calculées pour l'évaporation sur la période 1961-2010 à partir des données enregistrées à la station climatologique de Sokodé sont présentées dans le tableau ci-après :

Tableau IV : Évaporation moyenne à la station de Sokodé (en mm) (Station météo de Sokodé)

	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	Total
Piche	227,4	204,5	177,5	109,2	80,0	56,9	43,1	38,1	41,4	62,9	112,0	209,3	1 362,4
Bac classe A	224,5	232,9	179,0	179,0	154,0	116,0	92,4	86,1	95,2	131,6	162,2	192,7	1 906,6

**Dépôts solides :**

L'eau de ruissellement entraîne avec elle des matériaux solides arrachés le long de son parcours. Ces matériaux se déposent dès que la vitesse de l'eau devient inférieure à un seuil et peuvent conduire au comblement de la retenue. Il devient donc intéressant de déterminer le volume d'envasement et le temps d'envasement de la retenue. L'envasement est fonction des caractéristiques du bassin versant (nature du sol, pentes, pluviométrie, végétation etc.) (Dr. Harouna KARAMBIRI and Dr. Dial NIANG 2009).

Les méthodes de Collet et F. Gresillon ont été utilisées pour évaluer les dépôts solides

▪ Méthode de Collet :

$$E = 523 * Q * I$$

Équation 11 : Volume d'envasement

Avec

E : Volume d'envasement

Q : débit moyen naturel (m<sup>3</sup>/s)

I : pente moyenne du cours d'eau

Méthodes de F. Grésillon :

$$D = 700 * \left(\frac{P}{100}\right)^{-2,2} * S^{0,1} \text{ et } V = D * S$$

Equation 12 : dégradation spécifique annuelle

Avec

D = dégradation spécifique annuelle (m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>/an) ;

P = Pluviométrie annuelle (mm) ;

S = Superficie du bassin versant (km<sup>2</sup>) ;

V = Volume des dépôts solides (m<sup>3</sup>/an)

#### 2.4.2. Etude de la digue et des ouvrages annexes

##### 2.4.2.1. Dimensionnement de la digue :

#### **Hauteur de la digue (E) :**

La hauteur de la digue est la côte normale de la retenue des eaux majorée de la lame d'eau au-dessus du déversoir et de la revanche et elle est calculée à partir de la formule suivante

$$E = H + h + R$$

Équation 13 : Hauteur de la digue

Avec

E = hauteur totale de la digue (m)

H = hauteur normale de la retenue (m)

h = la lame d'eau au-dessus du déversoir (m)

R = revanche (m)

#### **Largeur de la crête (lc) :**

La largeur de la crête est dimensionnée pour la circulation des engins et pour l'entretien de l'ouvrage (Dr. Ismaïla GUEYE 2014a). Elle est calculée par la formule de KNAPPEN

$$l_c = 1,65\sqrt{E}$$

Equation 14 : Largeur en crête

Avec

$l_c$  = largeur de la crête (m)

$l_c = 4$  (m).

### Revanche libre (R) :

La revanche est une tranche d'eau comprise entre le PHE et la crête du barrage. Cette hauteur permet de protéger la digue des risques d'invasion, son calcul doit tenir compte de la hauteur des vagues qui se forment sur le plan d'eau et vitesse du vent (M.L. COMPAORE 1996). Elle est exprimée par la formule de Mallet et Pacquant.

$$R = A * \left( h + \frac{V_v^2}{2g} \right)$$

Équation 15 : Revanche libre

Avec

R= revanche en (m)

h = hauteur des vagues (m) ,

$V_v$  = vitesse de propagation des vagues (m/s),

g = accélération de la pesanteur ( $m/s^2$ ),

A = coefficient de sécurité pris égal à 0,75

### Tranchée d'ancrage :

La tranchée d'ancrage sera remblayée en matériau étanche bien compacté (OPN), afin de lutter contre les lignes préférentielles d'infiltration le long. Le calcul de la tranchée se fait suivant la règle de LANE :

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

Équation 16 : Expression de la règle de LANE

Avec

$P_{min}$  : Profondeur minimale de la tranchée d'ancrage du déversoir (m)

$L_v$  : longueur verticale

$L_h$  : longueur horizontale

H : la hauteur d'eau en amont du déversoir

C : coefficient de LANE dépendant de la nature du sol de fondation.

### Infiltration et hydraulique interne :

Cette étude consiste à analyser les conditions d'étanchéité des corps de remblai (Chabi-Gonni and Puech 1983), tout en sachant que les infiltrations peuvent causer trois phénomènes qui sont:

- La ligne de saturation ou ligne phréatique
- Le débit de fuite
- La pression interstitielle de l'eau dans le massif (sous pression).

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

$$y_0 = \sqrt{h^2 + d^2} - d \text{ Avec } D = L_f - \frac{0.7 * h}{\tan \alpha}$$

Équation 17 : La parabole de KOZENY

Les paramètres de l'équation sont les suivantes

h = charge d'eau à la côte PHE (m) ;

d = largeur en base du barrage diminuée de 0,7b ;

b = projection horizontale de la partie mouillée du parement amont ;

Kr= coefficient de perméabilité du remblai de la digue (remblai compacté) ;

$\alpha$  = angle du talus amont ;

#### 2.4.2.2.ÉVACUATEUR DES CRUES :

### Laminage des crues :

Le laminage des crues consiste à chercher une solution optimale sur la longueur du déversoir à l'arrivée de la crue de projet (Dr. Ismaïla GUEYE 2014b). L'objectif du calcul est de définir deux paramètres clés qui sont : la longueur du seuil déversant, la lame d'eau maximale au-dessus du déversoir. Dans le cadre de cette étude, nous utiliserons la méthode « X0 ».

Le problème de laminage peut être traduit par l'équations différentielle suivante :

$$Q_c(t) - Q_e(Z)dt = A(z)dz$$

Et

$$Q_{cmax} = m * L_1 * \sqrt{2g} * h^{\frac{3}{2}}$$

Loi de débit (seuil dénoyé)

$$L_{approx} = \frac{Q_{cmax}}{m * \sqrt{2g} * h^{\frac{3}{2}}}$$

Equation 18 : longueur du seuil déversant

Avec :

$L_{approx}$  = longueur du seuil déversant (m)

$Q_{cmax}$  = débit da la crue du projet

$m$  = coefficient du débit pris 0.425h ( profil Creager)

$g$ = accélération de la pesanteur 10 (m.s-1)

$h$ = lame au-dessus du seuil pris égal à 0.8 (m),

$$X_{01} = \frac{m^2 g * L_1^2 * Q_{cmax} * t_m^3}{S^3}$$

$$Q_{emax} = \beta_1 * Q_{cmax}$$

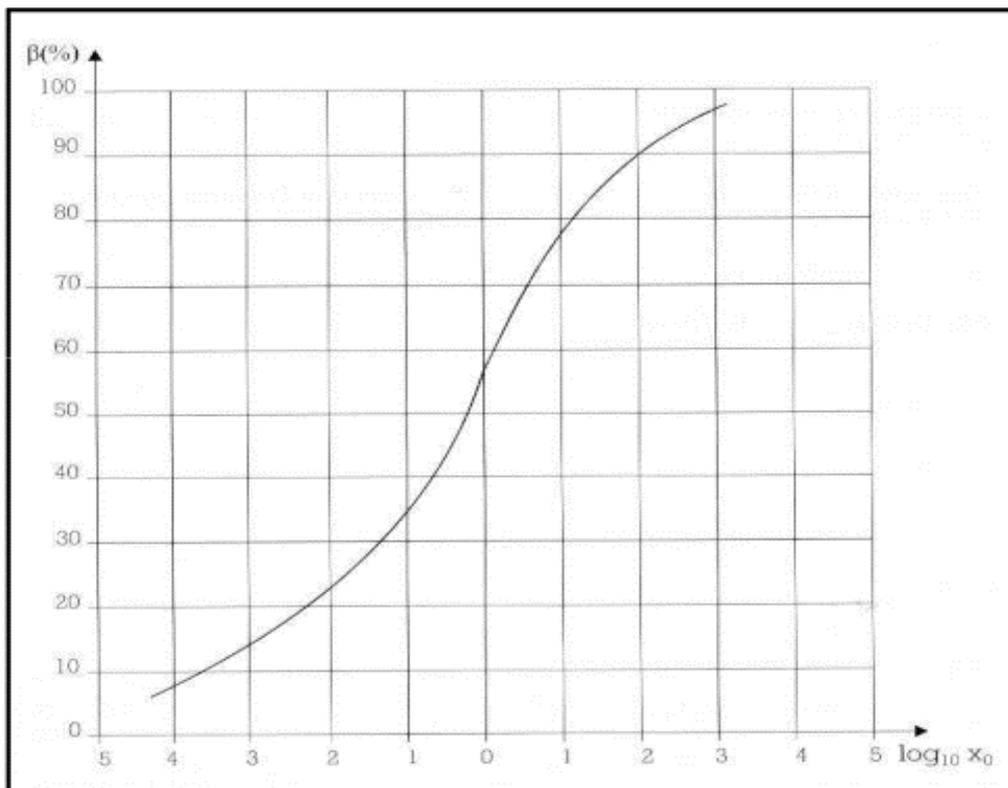


Figure 1 : Abaque du coefficient de laminage (FAO 1998)

### Bassin de dissipation :

Le bassin de dissipation est la partie de l'évacuateur qui sert à dissiper l'énergie de chute et son action érosive. Il doit pouvoir contenir le ressaut hydraulique à l'aval. Les détails sont donnés en **annexe I**.

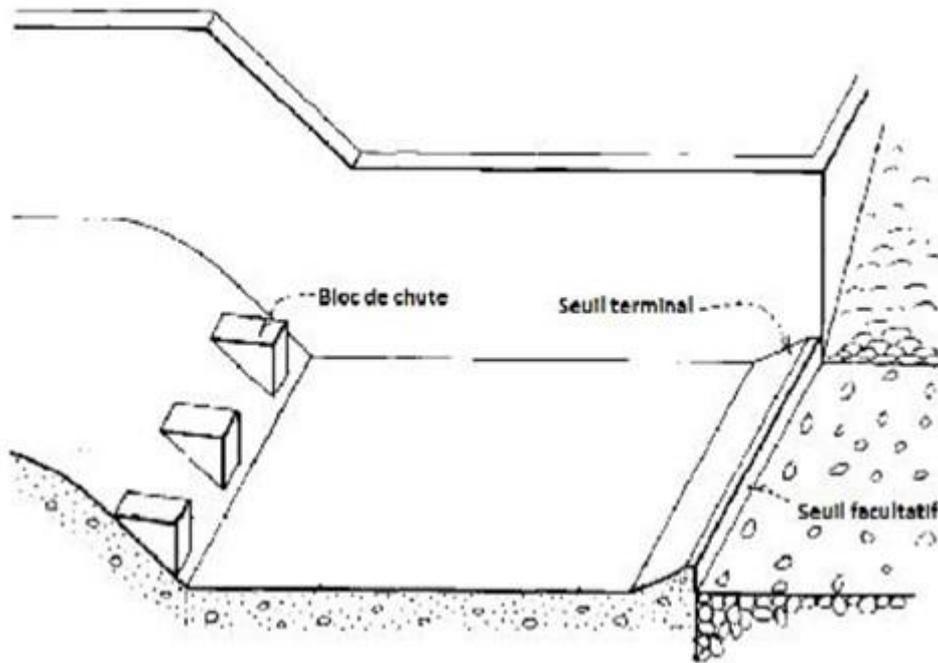


Figure 2 : Bassin de dissipation d'un barrage (Dr. Ismaïla GUEYE 2014b)

### Détermination de la longueur de protection après le bassin

Il s'agit de dissiper l'énergie résiduelle après le bassin dans un volume à raison de 3 Cv/m<sup>3</sup>. Cette protection sera faite en enrochement.

L'efficacité du ressaut est donnée par :

$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{\left[ \frac{(8F_r^2 + 1)3}{2} - 4F_r^2 + 1 \right]}{(8F_r^2 * (2 + F_r^2))}$$

Equation 19 : Efficacité de Ressaut

Les paramètres de l'équation sont les suivants :

$E_2/E_1$  = L'efficacité du ressaut (rapport des énergies spécifiques) ;

$F_r$  = nombre de Froude

### Etude de la stabilité du déversoir :

L'étude de stabilité du barrage en poids concerne l'équilibre de l'ensemble de l'ouvrage.

L'ouvrage doit résister au glissement sur la fondation et au renversement. Les actions mises en jeu sur une tranche latérale de 1 m du déversoir font intervenir, le poids propre du déversoir, la poussée hydrostatique amont, les sous-pressions, effectivement la poussée des sédiments accumulés à l'amont et la poussée hydrostatique aval.

- Stabilité au glissement :

La vérification de la stabilité au glissement revient à comparer la force tangentielle de glissement admissible sous le mur avec la composante tangentielle réellement appliquée.

$$F_G = \frac{C * S + \sum(W - P_i) \tan \phi}{\sum(P)} \geq 1,2$$

Equation 20 : Force tangentielle de glissement

Avec

$F_G$  = coefficient de glissement ;

$W$  = poids propre de l'ouvrage ;

$P_i$  = sous pression ;

$P$  = Poussée hydrostatique externe - Poussée des terres

$C$  = la cohésion du sol de fondation

- Stabilité au renversement :

Dans un premier temps, on suppose que le mur pivote autour du point B et on calcule les moments des forces motrices (poussée de l'eau et sous- pression) et forces résistantes (poids propre de l'ouvrage). Le rapport des deux moments est considéré comme le facteur de sécurité au renversement donné par :

$$F_R = \frac{\sum M_{résistants}}{\sum M_{moteurs}} \geq 1,5$$

Equation 21 : Facteur de sécurité au renversement

Ensuite on vérifie la règle du tiers central c'est-à-dire que la résultante des forces appliquée au déversoir, coupe l'ouvrage dans la zone correspondant au tiers central de la base. Pour cela, On calcule le moment résultant par rapport au point D, centre de la section à la base du déversoir.

- Stabilité au poinçonnement :

La résistance au poinçonnement est assurée lorsque la pression normale sous le massif est toujours inférieure à la pression admissible du sol ( $\sigma_{min} \leq \sigma_{max} \leq \sigma_{adm. sol}$ ).

#### 2.4.2.3. Mur bajoyer

Un bajoyer est une jonction entre la digue et le déversoir. Ils sont placés de part et d'autre du déversoir. Un mur bajoyer est assimilable à un mur de soutènement en béton armé. Nous allons dimensionner et sa stabilité du mur bajoyer sera vérifiée à l'aide d'un classeur Excel.

#### 2.4.2.4. Chenal d'évacuation

Le chenal d'évacuation sera réalisé afin de cheminer les eaux, et sera bordé par des diguettes de protection. Le chenal d'écoulement est fait directement à la suite du déversoir. Quant au chenal de restitution il est situé immédiatement à la sortie du bassin de dissipation et permet de restituer les eaux de déversement directement dans le lit du cours d'eau à l'aval. Le chenal aura une largeur égale à la longueur du déversoir et une longueur bien déterminée afin d'avoir un parcours d'écoulement assez long.

#### 2.4.2.5. Ouvrage de régulation et vidange :

Le calcul du débit d'évacuation du pertuis permet de déterminer le temps de vidange de la retenue en fonction du volume d'eau compris entre la hauteur H du plan d'eau maximale et la hauteur h à évacuer.

Ceci permet de voir si le temps de vidange est compatible avec les techniques culturales et la durée de submersion supportable par la culture pratiquée.

Pour une vidange totale, il faudra diminuer la hauteur d'eau du niveau de la retenue de la côte 227 m à la côte 222 m (côte fond pertuis).

- Le Volume d'eau à évacuer est donné par :

$$V = S_1 * \frac{H}{2.67} - S_2 * \frac{h}{2.67}$$

Equation 22 : Volume d'eau à évacuer

Avec S1 et S2 : surfaces du plan d'eau aux côtes H et h

- Le débit moyen du pertuis est donné par :

$$Q = m * L * \sqrt{2g} * \left(\frac{H - h}{2}\right)^{3/2}$$

Equation 23 : Débit moyen du pertuis

Avec

Q : débit du pertuis en m<sup>3</sup>/s

m : coefficient de débit du seuil déversant en batardeaux = 0,48

L : longueur du batardeau (m)

g : accélération de la pesanteur (m)

H : charge maximale

h : charge minimal

## V. ETUDE TECHNIQUE :

---

### 1. INTRODUCTION

Cette partie constitue l'une des étapes de la conception et de l'analyse de faisabilité du projet. Elle représente un préalable dans le sens où elle jette les premières bases du projet. Toutefois, elle est amenée à évoluer en fonction des différentes informations et des conseils qui seront reçus tous au long de la préparation de cette étude.

Dans la suite nous allons détailler les étapes et les résultats obtenue le long de notre études technique.

### 2. PREMIERE ETUDE EFFECTUEE

Nous avons étudié un premier ouvrage situé en amont de notre position actuelle. Cet ouvrage de hauteur maximal de trois (3) mètres, avec une largeur de crête de 4 mètre.

L'emplacement de notre ouvrage n'était pas adéquat pour retenir la quantité d'eau requise pour les activités hydro-agricole. Pour une hauteur plus grande notre ouvrage inondera la seule piste d'accès à la zone.

Nous avons alors étudié une nouvelle zone d'implantation qui sera considérer pour la suite de notre travail.

### 3. ÉTUDES TOPOGRAPHIQUES :

Du 07 au 19 Avril, une campagne topographique a été menée sur le site. Elle s'est déroulée en six phases et les résultats obtenus se résument comme suite :

- Matérialisation des limites du bas fond (6 bornes).
- Les Levés des points de rive pour le quadrillage du terrain (1264 points).

Pour une couverture totale du terrain réserver, l'équipe a eu recours à des bornes antennes qui n'ont pas fait l'objet de scellement. L'équipe a alors obtenu au total 2589 points de données qui ont permis d'établir :

- Le plan d'ensemble du bas-fond avec des courbes de niveau d'une équidistance de 0,5 m (annexe II) ;
- Les profils en long et travers de l'axe proposé (annexe III) ;

Il faut noter cependant que le lit mineur contenait par endroits beaucoup d'eau (profondeur d'eau supérieure à 1,8m dans la ravine) ; ce qui a rendu les levés de détail du lit mineur très difficile.

#### 4. ETUDE HYDROLOGIQUE

##### 4.1. Caractéristiques physiques et morphologique du bassin versant :

L'exutoire du bassin versant sur l'axe de la digue est défini aux coordonnées suivantes

*Tableau V : Coordonnées de la retenue de TASSI*

X	Y	Description
235254,0326	958219,6300	Coordonne du point du lit mineur sur l'axe de la digue

Les caractéristiques du bassin versant sont plus détaillées dans le tableau suivant.

*Tableau VI : Les caractéristiques du bassin versant de TASSI*

CARACTERISTIQUES DU BASSIN VERSANT		INDICES/VALEURS
Climat		Soudano-guinéen
Surface (Km <sup>2</sup> )		27,138
Périmètre (Km)		29,792
Elévation maxi		240
Elévation min		222
Pluviométrie annuelle (mm)		1350
Pente Moyenne (%)		2.9
Indice compacité/ Indice de forme		1,61
Longueur de rectangle équivalent (Km)		12,77
Largeur de rectangle équivalent (Km)		2,12
Pentes	Indice global de pente (formule de GRESILLON) (m/km)	1,41
	Pente transversale (obtenue sur 6 profils) (m/km)	4,4
	Indice global de pente corrigé (m/km)	2,9
Longueur du réseau hydrographique (Km)		7,88
Densité de drainage (Dd)(km/km <sup>2</sup> )		3,44

Dénivelée spécifique (Ds) (m)	15,31
Typologie du bassin suivant la taille	Petit/moyen bassin versant
Typologie du réseau hydrographie	Radial
Typologie du relief	Relief faible
Classe d'infiltrabilité	RI
Classe du bassin en fonction de la pente	R1

#### 4.2. Prédétermination de la crue du projet :

Outre la prise en compte des apports annuels pour le dimensionnement de l'ouvrage, l'on tient aussi compte des pluies exceptionnelles qui peuvent engendrer des crues qui ne pourraient pas être supportées par l'ouvrage. La détermination de la crue de projet consiste à déterminer le débit de crue pour lequel l'on souhaite protéger son ouvrage (FAO 1998).

Le bassin versant n'ayant pas été jaugé, les méthodes spécialement mises au point pour les petits bassins versant de l'Afrique occidentale et centrale sont celles utilisées pour la prédétermination des débits de crue et des apports (M.L. COMPAORE 1996). Les deux méthodes ici employées sont les méthodes CIEH et ORSTOM. Le détail de calcul est donné en Annexe I.

#### Détermination de la crue décennale par les méthodes ORSTOM et CIEH :

- Méthode ORSTOM :

Elle s'applique à des bassins dont la superficie se situe entre quelques dizaines d'hectares et plus de 1500 km<sup>2</sup>, relevant de la zone sahélienne et de la zone tropicale sèche (FAO 1998).

Notre zone d'étude étant située en zone tropicale, avec un bassin boisé d'une couverture assez abondante et une pente du terrain relativement faible on admet que le bassin versant appartient à la classe RI des catégories de perméabilité.

Les paramètres utilisés et les résultats obtenus sont représentés dans les tableaux suivants :

*Tableau VII : Les paramètres de prédétermination de crue par la méthode ORSTOM*

A	Coefficient d'abattement de Villaume	0,85
P10	Pluie décennale journalière (mm)	1110
Kr10	Coefficient de ruissellement décennal (%)	1,06

$\alpha_{10}$	Coefficient de pointe de la crue décennale	2,6
S	Superficie du bassin versant (Km <sup>2</sup> )	27,138
Tb <sub>10</sub>	Temps de base de la crue décennale (mn)	1392,14

Tableau VIII : Résultats du calcul de débit par la méthode ORSTOM

Paramètres	Valeurs
Temps de base : Tb (s)	83 528,4
Temps de montée (s)	27 564.6
Lame d'eau ruisselée décennale (mm)	202
Volume ruisselé décennal (m <sup>3</sup> )	27 167 626,04
Débit moyen ruisselé décennal (m <sup>3</sup> /s)	325,5
Coefficient de pointe décennal ( $\alpha_{10}$ )	2,6
Débit de retour décennal (m <sup>3</sup> /s)	845,6
Débit de crue décennal (m <sup>3</sup> /s)	871,02
Q <sub>10</sub> ORSTOM	871,02

- Méthode CIEH « où méthode statistique »

Elle a été établie sur la base d'un échantillon de 162 bassins versants répartis en Afrique francophone, et 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.

Tableau IX : Détermination du débit par la méthode CIEH

Méthode CIEH	
Débit décennal Q <sub>10</sub>	62,98
C	1,05
Débit centennal Q <sub>100</sub>	137,75
Q <sub>10</sub> (CIEH)	62,98

#### 4.3.Débit de crue décennal retenue :

Les deux méthodes (ORSTOM et CIEH) de prédétermination, nous donne des valeurs du même ordre de grandeur ; Au regard des différentes valeurs et vue l'étendue du bassin versant et de la sécurité recherchée, nous pouvons donc adopter une valeur maximale, soit le débit de crue de la méthode OSTORM.

$$Q_{10}(\text{OSTORM}) = 871,02 \text{ m}^3/\text{s}$$

#### 4.4. Débit de projet :

Le débit de projet est déterminé à partir du débit de crue décennal et du coefficient de majoration par la méthode du GRADEX.

$$Q_{\text{Projet}} = 915 \text{ m}^3/\text{s}$$

La crue centennale maximale aurait conduit à des dimensions assez considérables pour un potentiel aménageable moins répondant.

Bien qu'elle offre plus de sécurité même au-delà de la durée de vie fixée de l'ouvrage pour l'étude, elle augmente de façon considérable le coût de l'ouvrage.

D'autant plus que la crue décennale maximale offre la sécurité recherchée pour la durée de vie fixée de l'ouvrage, elle sera retenue comme la crue de projet pour un meilleur optimum "objectif-coût-sécurité".

#### 4.5. Analyses fréquentielles des pluies

Données disponibles :

- Série des pluies moyennes annuelles : 1981-2011

Sur cette série, on fera un ajustement par la loi de Gauss qui se justifie par le fait que le mode, la moyenne et la médiane sont proche, et également par la nature des données.

- Série des pluies maximales journalières : 1981-2011.

*Tableau X : Pluies moyennes annuelles*

Moyenne annuelle	1 350	Ecart type	158
Médiane	1 320	Maximum	1 610
Mode		Minimum	1 110

#### 4.6. Etude des apports

Il s'agit d'estimer en volume les apports d'eau du bassin versant afin de s'assurer du remplissage de la retenue sur un cycle annuel (Chabi-Gonni and Puech 1983). Les apports proviennent des pluies, mais il faut tenir compte du déficit d'écoulement dû à l'évaporation.

Tableau XI : Estimation du volume des apports

Paramètres	Valeurs
$\lambda$	0,21
D (m)	121,75
T : Température (°C)	26,5
$K_e$ (%)	15
P (mm)	1350
$V_{BV}$ (km <sup>2</sup> )	27,138
$V_{apports}$ (m <sup>3</sup> /an)	<b>5 495 445</b>

**Vérification du remplissage de la retenue aux apports en année quinquennale sèche et décennale sèche :**

Tableau XII : Vérification du remplissage de la retenue aux apports en année quinquennale sèche et décennale sèche

Périodes	Pluie (mm)	$K_e$ (%)	Volume écoulé
Année quinquennale sèche	1 330	2,9	1 058 382
Année décennale sèche	1 280	2,5	868 416

## 5. ETUDES HYDRAULIQUES ET DIMENSIONNEMENTS DU BARRAGE :

### 5.1. Etude de la retenue :

#### 5.1.1. Courbe hauteur volume et hauteur surface :

Après avoir placé l'axe de la digue, nous avons pu tracer la courbe hauteur-Surface et Hauteur-Volume, en calculant la surface moyenne entre les plans définis par courbes de niveau se refermant sur notre axe de la digue du barrage sur le plan topographique

Ces données ont permis de tracer les courbes hauteur-Volume et Hauteur-Surface. (Annexe I)

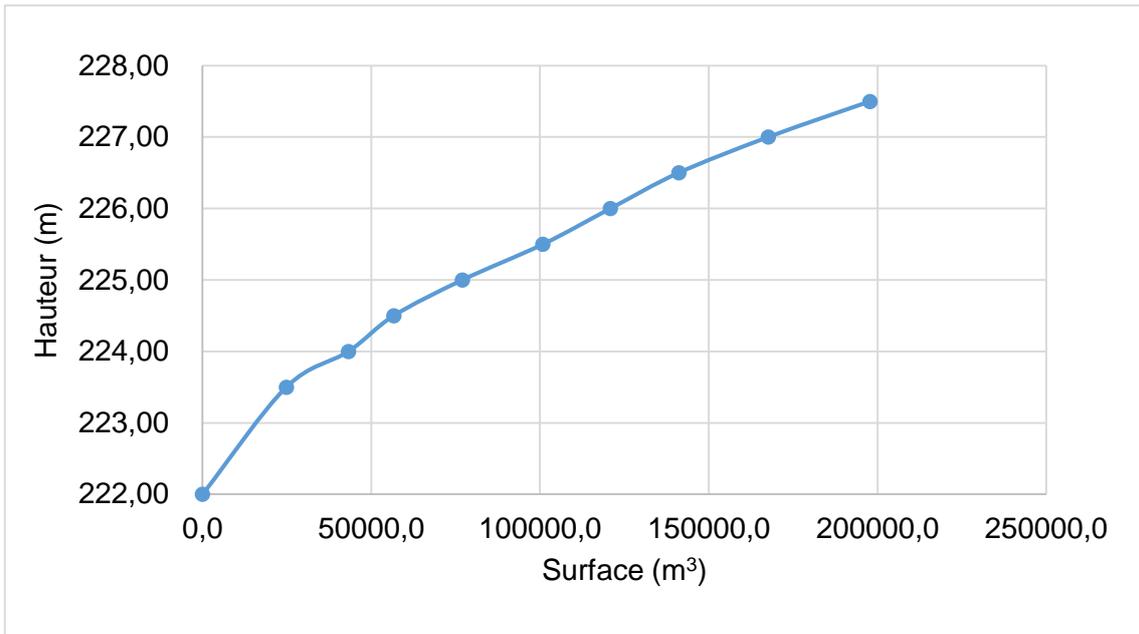


Figure 3 : Courbe hauteur surface

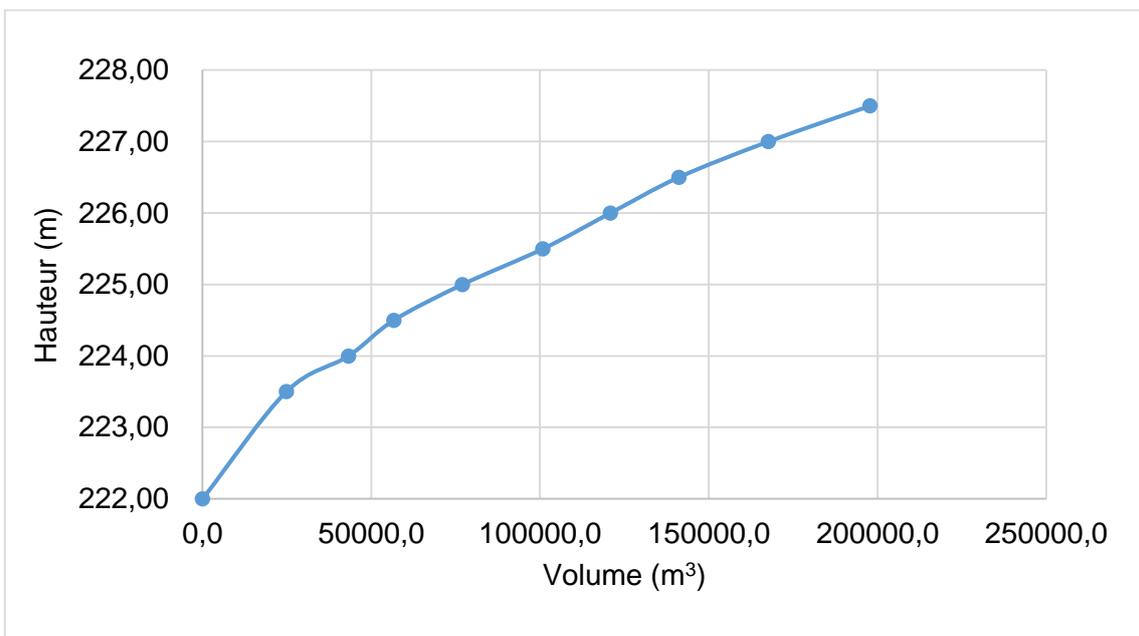


Figure 4 : Courbe hauteur volume

#### 5.1.2. Calage du plan d'eau normal (PEN) :

Le calage est fait de façon à assurer les besoins en eau avec une marge suffisante ; ce qui revient à une exploitation de la courbe hauteur volume surface (courbe d'exploitation de la retenue). La variable étant la superficie exploitable. Ici, nous nous baserons sur la topographie, les aspects d'ordre économiques et l'extension possible de surfaces aménageables pour proposer les choix suivants qui devront être justifié par les études hydrologiques et hydrauliques.

*Tableau XIII : calage du PEN*

Désignation	Côte(m)	Surface du plan d'eau (m <sup>2</sup> )	Volume Stockée (m <sup>3</sup> )
Plan d'Eau Normal (PEN)	227	310 420	197 615

5.1.3. Estimation des besoins en eau et des pertes :

L'objectif du projet est d'assurer le maraîchage en saison sèche ainsi que l'abreuvement éventuel des animaux.

➤ **Les besoins en eau agricole :**

Le maraîchage en saison sèche (70m<sup>3</sup>/j/ha).

➤ **Pertes par infiltration :**

Afrique subsaharienne par l'ORSTOM donne des valeurs comprises entre 1 et 3 mm/j ; soit une moyenne mensuelle de 46 mm.

➤ **Pertes par évaporation et infiltration :**

Elles sont évaluées par les estimations de BERNARD POUYAUD de l'ORSTOM.

Nous obtenons :

*Tableau XIV : Estimation des pertes par évaporation*

mois	novembre	décembre	janvier	février	mars	avril	mai
Perte par évaporation	137,78	155,10	169,88	172,79	148,23	146,31	135,40
infiltration	45	46,5	46,5	42	46,5	45	46,5

*Tableau XV : Récapitulatif des besoins et pertes*

mois	novembre	décembre	janvier	février	mars	avril	mai
Besoin	14 196,32	19 268,68	21 724,37	17 009,71	11 124,78	24 330,49	10 614,98
perte	182,78	201,6	216,38	214,79	194,73	191,31	181,9

*Tableau XVI : Le volume total des besoins et pertes*

Besoin en eau	Volume (m <sup>3</sup> )
Maraîchage (m <sup>3</sup> /ha)	23 653,87
Pertes (m <sup>3</sup> )	87 313,66
Total	108 322,82

## Dépôts solides :

Tableau XVII : récapitulatif des dépôts solides

	GOTTSCHALK (USA) $D = 260 * S^{(-0,1)}$	EIER - CIEH (GRESILLON)	Formule de KARAMBIRI	Moyenne
Dégradation spécifique ( $m^3/km^2/an$ )	186,90	56,59	48,87	121,75
Volume de sédiments ( $m^3/an$ )	5072,17	1535,74	1326,21	2644,71

NB : Nous obtenons  $V=2644,71 m^3/an$ .

Par comparaison au volume de la retenue, il faudra 75 ans en moyenne pour que la retenue soit complètement envasée, ce qui est envisageable avec la durée de vie de l'Ouvrage de 30 ans.

Temps d'envasement  $TE= 75$  ans.

### 5.1.4. Courbe d'exploitation de la retenue :

Pour l'exploitation de la retenue l'hypothèse suivante a été analysée :

#### Hypothèses :

La situation de maraîchage de contre saison se situe dans l'alternative où tout se déroule normalement et que le riz pluvial arrive à maturité avec la pluviométrie. Dans ce contexte la retenue sera exploitée uniquement en contre saison pour le maraîchage. En effet l'effet d'épandage crée par l'ouvrage et la régulation du plan d'eau par les batardeaux devra assurer la maturité du riz.

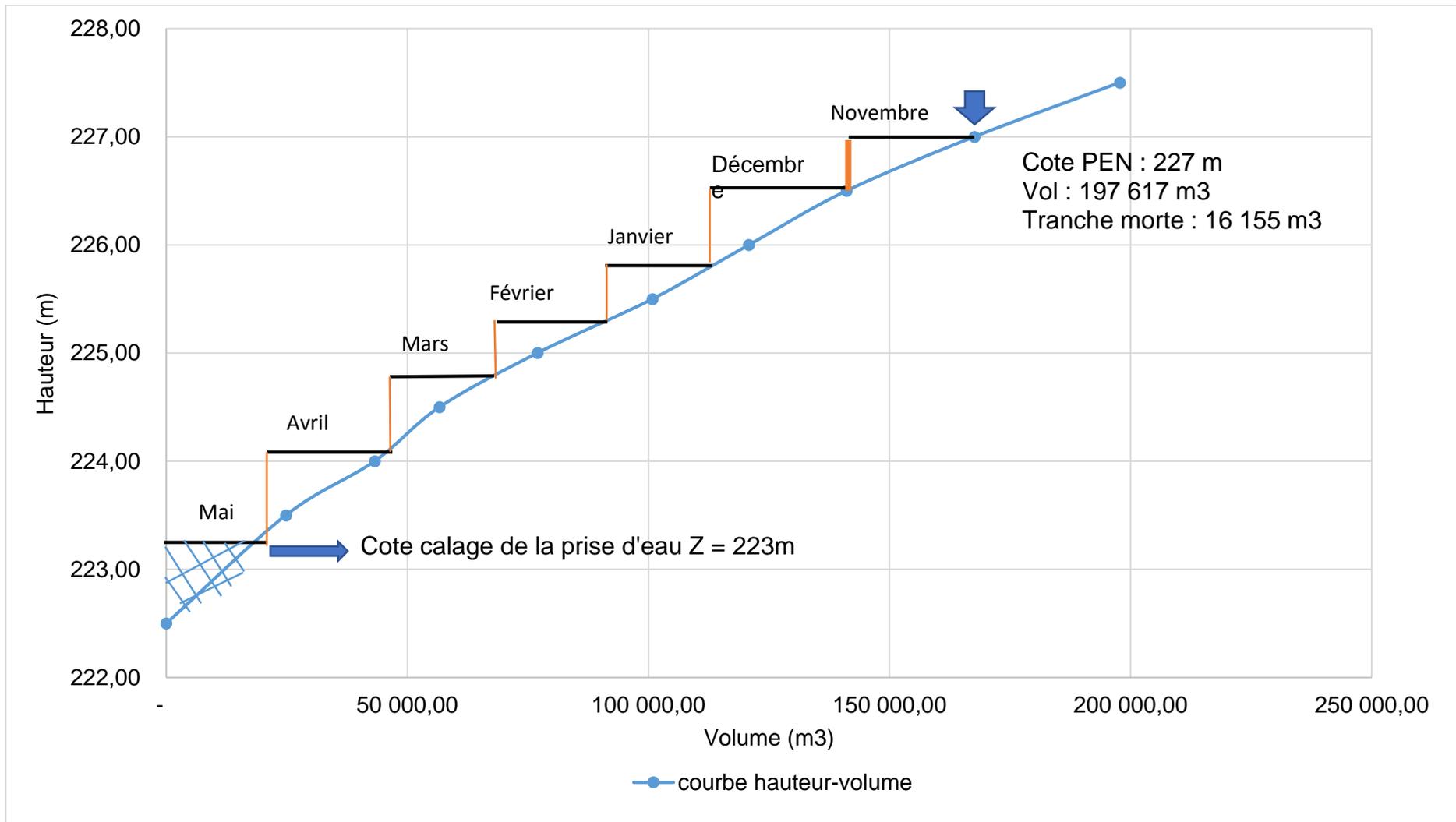


Figure 5 : Courbe d'exploitation de la retenue

## 5.2. Etude de la digue et des ouvrages annexes

### 5.2.1. Etude de la digue :

#### ▪ **Hauteur de la digue (E) :**

La hauteur de la digue est la côte normale de la retenue des eaux majorée de la lame d'eau au-dessus du déversoir et de la revanche.

Après les calculs la hauteur de la digue vaut  $H = 5,5$  (m) au droit du lit mineur. Il est donc recommandé une pente de talus amont de  $2H/1V$  et une pente de talus aval également de  $2H/1V$ .

#### ▪ **Largeur de la crête :**

La largeur de la crête est dimensionnée en fin de permettre la circulation des engins et facilité entretien de l'ouvrage (Dr. Ismaïla GUEYE 2014a).

Nous retenons une largeur de crête  $lc = 4$  (m).

#### ▪ **Tranchée d'ancrage :**

La tranchée d'ancrage sera remblayée en matériau étanche bien compacté (OPN), afin de lutter contre les lignes préférentielles d'infiltration le long. Le calcul de la tranchée se fait suivant la règle de LANE.

La tranchée ancrage sera de forme trapézoïdale, avec comme pente de talus  $1,5H/1V$ . La profondeur obtenue est de 1,5 m, pour une largeur en gueule de 4 m au droit du lit mineur.

#### ▪ **Infiltration et hydraulique interne :**

Cette étude consiste à analyser les conditions d'étanchéité des corps de remblai (Chabi-Gonni and Puech 1983), tout en sachant que les infiltrations peuvent causer trois phénomènes qui sont

- La ligne de saturation ou ligne phréatique
- Le débit de fuite
- La pression interstitielle de l'eau dans le massif (sous pression).

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

En appliquant la loi de Darcy le débit unitaire :  $q = 1,29 * 10^{-8} m^3/s/ml$

Le débit total d'infiltration à travers la digue vaut :  $Q = 5,54 * 10^{-5} m^3/s$  soit un volume infiltré de 1747,09 m<sup>3</sup>/an ce qui est très négligeable Annexe III.

Après avoir déterminé le débit de fuite il est possible d'évaluer l'épaisseur du drain  $e = 65$  cm sur une longueur de  $ld = 5$  m.

## Protection de la digue :

### - Crête :

La crête de la digue sera recouverte par une couche de couronnement (couche de roulement) en graveleux latéritique de 20 cm d'épaisseur. 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.

### - Talus :

Le talus amont sera recouvert en enrochement libre (perré sec) fait de moellons granitique d'épaisseur 25 cm minimum. L'enrochement sera bloqué par une butée de pied de forme triangulaire (largeur en gueule de 2,00 m pour une profondeur de 0,4m – talus 1H/2V).

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.

*Tableau XIX : Caractéristiques de la digue*

Hauteur maximale de la digue (m)	5,5
Largeur en crête de la digue (m)	4,00
Pente du talus amont	2H/1V
Pente du talus aval	2H/1V
Larguer à la base (m)	26
Longueur de la digue (m)	391

## Stabilité des talus de la digue

Nous avons utilisé le logiciel Géoslope pour vérifier la stabilité des pentes de la digue. Le résultat donne un coefficient de sécurité de 2,08 supérieur à 1,5 lorsque la retenue se trouve aux PHE. Nous concluons donc que les talus de notre barrage sont stables.

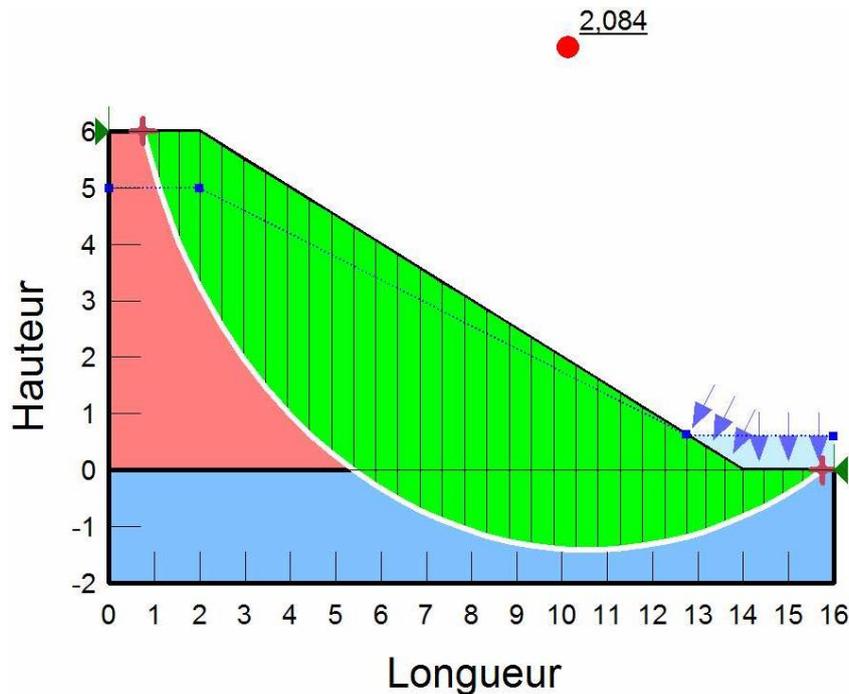


Figure 6 : Etude de stabilité des talus

#### 5.2.2. Evacuateur de crue :

La digue est de type routier, comportant un Déversoir-radier en béton cyclopéen. Le déversoir sera en position latérale. Il a été calé à la côte PEN, soit 227 m. (Cf. Annexe I)

##### ➤ Laminage des crues :

Le laminage des crues consiste à chercher une solution optimale sur la longueur du déversoir à l'arrivée de la crue de projet. L'objectif du calcul est de définir deux paramètres clés qui sont : la longueur du seuil déversant, la lame d'eau maximale au-dessus du déversoir.

En utilisant la méthode EIER-CIEH (méthode du « x0 »), on détermine la longueur du seuil déversant par itération en fixant la lame d'eau déversante. Par le même procédé, il est possible de se fixer une longueur de seuil déversant, et de déterminer par itération la lame d'eau déversante.

Longueur du seuil déversant :  $L = 249$  m

Lame d'eau déversante :  $h = 1$  m.

##### ➤ Revanche libre

La revanche est une tranche d'eau comprise entre le PHE et la crête du barrage. Cette hauteur permet de protéger la digue des risques d'invasion, son calcul doit tenir compte de la hauteur des vagues qui se forment sur le plan d'eau et vitesse du vent (M.L. COMPAORE 1996).

Nous adopterons pour notre ouvrage une revanche recommander pour les petits barrages en terre  $R = 0,50$  (m)

➤ **Bassin de dissipation :**

Le bassin de dissipation est la partie de l'évacuateur qui sert à dissiper l'énergie de chute et son action érosive. Il doit pouvoir contenir le ressaut hydraulique à l'aval.

*Tableau XIX : Caractéristiques géométriques du bassin de dissipation*

Désignations	Unités	Valeurs
Lame d'eau sur le déversoir	$h$ (m)	1
Hauteur d'eau maximale (PEN)	$H$ (m)	4,5
Enfoncement du bassin	$D$ (m)	0,5
Débit de crue laminé	$Q$ (m <sup>3</sup> /s)	915
Débit unitaire	$q$ (m <sup>3</sup> /s/ml)	3,67
Vitesse d'eau au-dessus du seuil	$V_0$ ( m/s)	9,18
Ligne d'eau	$H_0$ (m)	0.5
Hauteur de chute	$Z$ (m)	5
Tirant d'eau avant ressaut	$Y_1$ (m)	0,4
Vitesse d'eau à l'entrée du bassin	$V_1$ (m/s)	9,18
Froude	Fr	4,46
Bassin retenue	<b>Bassin de type II en cyclopéen</b>	
Tirant d'eau conjugué	$Y_2$ (m)	2,43
Longueur du bassin de dissipation	$L$ (m)	12,17
Hauteur du seuil terminal	$h_4$ (m)	0,54
Hauteur de blocs chute	$h_1$ (m)	0,4
Distance entre blocs de chute	$e_1$ (m)	0,2

➤ **Détermination de la longueur de protection après le bassin**

Il s'agit de dissiper l'énergie résiduelle après le bassin dans un volume à raison de 3 Cv/m<sup>3</sup>. Cette protection sera faite en enrochement.

La longueur de Protection vaut  $l_p = 6,31$  m

Nous adopterons donc une longueur de protection du bassin de 6 m. Cette protection sera assurée par :

- Une première ligne de gabion de 3 m ;
- Une première ligne d'enrochement libre de 3,00 m ;

- Tranchée d'ancrage du déversoir

Pour freiner les phénomènes de renard, il est nécessaire d'ancrer d'une profondeur suffisante le déversoir. La valeur de l'ancrage minimum calculée est  $P_{min} = 0,80$  m. Nous adoptons donc un ancrage maxi de  $P_{max} = 1,50$  m à cause de la présence de dépôts sédimentaire sur une profondeur considérable.

NB : La valeur de P est variable en fonction de la hauteur du déversoir par rapport au TN.

### 5.2.3. Etude de la stabilité du déversoir :

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

- **Stabilité au glissement :**

Vérifier la stabilité au glissement, nous revient à comparer la force tangentielle de glissement admissible sous le mur avec la composante tangentielle réellement appliquée.

- **Stabilité au renversement :**

Dans un premier temps, on suppose que le mur pivote autour du point B et on calcule les moments des forces motrices (poussée de l'eau et sous- pression) et forces résistantes (poids propre de l'ouvrage). Le rapport des deux moments est considéré comme le facteur de sécurité au renversement.

Ensuite on vérifie la règle du tiers central c'est-à-dire que la résultante des forces appliquée au déversoir, coupe l'ouvrage dans la zone correspondant au tiers central de la base. Pour cela, On calcule le moment résultant par rapport au point D, centre de la section à la base du déversoir.

- **Stabilité au poinçonnement :**

La résistance au poinçonnement est assurée lorsque la pression normale sous le massif est toujours inférieure à la pression admissible du sol.

NB : Même si la stabilité du déversoir est assurée (annexe I), le déversoir subit des tassements au fil du temps. C'est pourquoi le déversoir devra être réalisé par tronçons de 10 m de long pouvant subir des déplacements relatifs. Les joints de dilatation munis de dispositif water stop seront prévus à chaque tronçons.

Tableau XX : vérification de la stabilité du déversoir

Stabilité	Paramètres	Valeurs	Vérification
Glissement	Coefficient de sécurité $F_g$	1,21	$F_g > 1,2$
Renversement	Coefficient de sécurité $F_r$	1,79 m	$F_r > 1,5$
Règle du tiers central	Excentricité $e$	- 0,01 m	$b/6=0,50m$ ; $-b/6 \leq e \leq b/6$
Contraintes limite du béton	Contrainte maximale $\sigma_{Max}$	34,8 kPa	$\sigma_{Max} < F_{c28} = 6 \text{ MPa}$
	Contrainte minimale $\sigma_{Min}$	33,9 kPa	$\sigma_{Min} > 0$

Toutes les conditions sont vérifiées. On conclut que le déversoir est stable.

Tableau XXI : Caractéristiques du Déversoir

Nature	Déversoir Poids
Débit de dimensionnement ( $Q_p$ )	915 m <sup>3</sup> /s
Charge maximale	1 m
Pente des rampes	5,25 %
Longueur des rampes (20 m de part et d'autre)	40,00 m
Longueur en gueule	160,00 m
Hauteur maxi / TN	4.5 m
Largeur en crête	1,20 m
Talus amont (V/H)	Vertical
Talus aval (V/H)	1/1
Tranchée d'encrage : profondeur maxi (avec l'écran)	1,50 m

➤ **Mur bajoyer**

❖ **Dimensionnement du mur bajoyer**

Le dimensionnement des murs bajoyers a été fait avec le logiciel CYPE et les caractéristiques géométriques du mur sont dans le tableau ci-dessous :

Tableau II : Caractéristiques géométriques du mur bajoyer

	Désignations	Valeurs
Mur	Hauteur	3,5 m
	Epaisseur supérieure	25,0 cm
	Epaisseur inférieure	35,0 cm
Semelle filante	Epaisseur	50 cm

	Longueur du patin	105 cm
	Longueur du talon	105 cm

#### ❖ Vérification de la stabilité du mur

Nous avons vérifié avec notre classeur Excel la stabilité du mur bajoyer. Le tableau suivant présente les résultats de la stabilité du bajoyer.

Tableau XXIII : vérification de la stabilité du mur bajoyer

Stabilité	Paramètres	Valeurs	Vérification
Glissement	Coefficient de sécurité $F_g$	2,55	$F_g > 1$
Renversement	Coefficient de sécurité $F_r$	1,71	$F_r > 1,5$
Stabilité au poinçonnement	Contrainte maximale $\sigma_{Max}$	0,11 MPa	$\sigma_{Max} < \sigma_{adm} = 0,15$ MPa
Stabilité au non soulèvement	Contrainte minimale $\sigma_{Min}$	0,03 MPa	$\sigma_{Min} > 0$

#### 5.2.4. Ouvrage de régulation ou de vidange :

L'ouvrage permettra non seulement la régulation du niveau de l'eau pour une bonne exploitation de la retenue, mais aussi de vidanger, afin de faciliter la récolte. Il est constitué de deux pertuis munis de batardeaux métalliques. Il est localisé en partie centrale, au profils P12 au droit du lit mineur. Les caractéristiques sont les suivants :

Tableau XXIV : Caractéristiques de l'ouvrage de régulation ou de vidange

Désignation	Position du pertuis	Dimension du pertuis	Ouvrage de régulation
Pertuis de vidange	Profil P12	01 pertuis de 150 x 200	Batardeau métallique munis de glissière Nombre=6 Dimensions : 25x200 cm
<b>Temps pour une vidange de la retenue à la côte des pertuis</b>			<b>2 jours</b>

Les batardeaux sont des éléments en métallique, permettant la régulation du plan d'eau en fonction de la montée des cultures. Ils seront réalisés en tôle noire 10/10ème sur encadrement en cornière de 40 mm. Ils recevront deux (02) couches de peinture anticorrosive et trois (03)

couches de peinture à huile. Ils seront munis d'anneaux pour le démontage. Les batardeaux seront livrés avec les tiges de démontage et les joints étanches de montage.

## 6. CONCLUSION

Notre étude nous a permis d'obtenir pour un volume de près 197 764 mètres cube un barrage de 640 mètre de long, 5.5 m de haut équipé d'un déversoir de 249 m de long. Elle sera capable de satisfaire les besoins maraîchers pour une durée d'au moins 30 ans avant envasement totale.

## VI. ETUDE FINANCIERE

### 1. INTRODUCTION

L'étude financière va permettre de traduire, en terme financiers tous les éléments déjà réunis et de vérifier la viabilité d'un projet. Il s'agit de faire apparaitre tous les besoins financiers et les possibilités de ressources qui y correspondent, nécessaire pour la mise en place d'un projet.

### 2. AVANT METRE

L'avant métré est un calcul de quantité de matériaux et de main d'œuvre nécessaire à la réalisation de notre ouvrage. Il est établi sur la base des plans. (cf annexe III).

Nous aurons à installer une base vie, à exécuter les travaux de constructions de la digue qui regroupe (les terrassements, les maçonneries, ...) et ensuite les ouvrage de protection de l'ouvrage. Nous aurons aussi les quantités lier à l'exécution des ouvrage annexes.

### 3. DEVIS ESTIMATIF

Le devis estimatif consiste à attribuer les prix au quantité obtenue après l'avant métré. Il a été proposé sur la base des prix unitaires élaboré par notre structure d'accueil. (Cf. Annexe I)

### 4. CONCLUSION

Ce projet financé par l'état avec l'appui de la Banque Ouest Afrique de Développement coutera près de 508 025 000 FR CFA HT repartie comme suit :

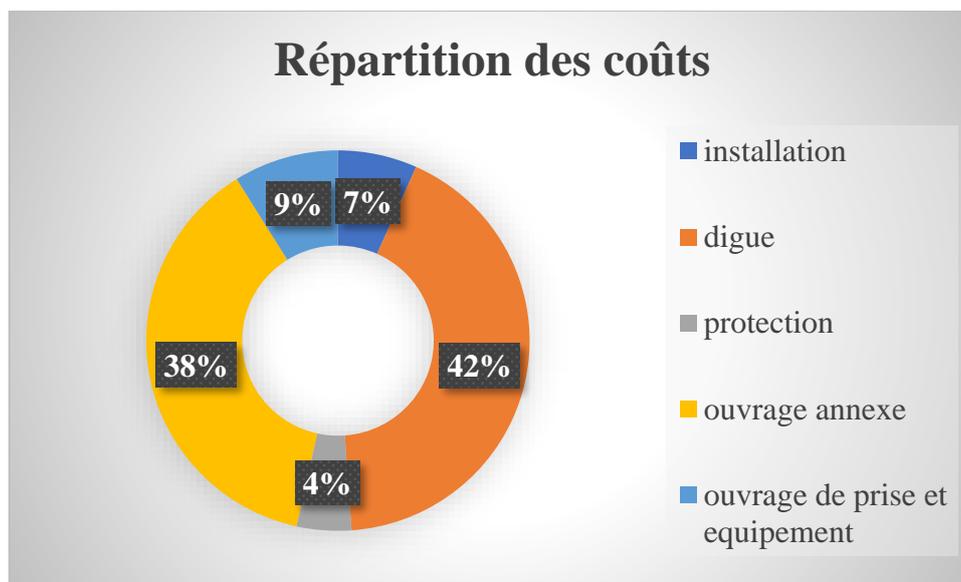


Figure 7 : répartition des coûts

## **VII. NOTICE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL (NIE) :**

---

Les autorités communales ainsi que les populations de TASSI affirment que ce projet est capable d'améliorer leurs conditions de vie (vu les retombées diverses qu'il peut engendrer) et les sources de financement de la commune.

Même si le projet enchante bien les villageois et les autorités communales, ils ne perdent pas de vue qu'il peut être la source de divers problèmes comme maladies hydriques, fracture sociale, pollution des eaux, conflits autour de la ressource eau. Le niveau d'organisation et la cohésion sociale constatés dans le village, permettent de dire que les conséquences possibles liées à l'exploitation de la plaine seront maîtrisables.

### **1. IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT :**

#### **1.1.Impacts positifs :**

L'aménagement et la mise en valeur du site pourraient améliorer l'état de la biodiversité : amélioration du couvert végétal herbacé et arboré, augmentation numérique de populations d'espèces végétales et l'arrivée d'une faune aquatique variée et plus abondante (poisson, batraciens, etc.).

#### **1.2.Impacts négatifs**

Les travaux de construction de la retenue d'eau aura un impact sur l'environnement. La crue liée à la retenue, pourrait entraîner la mort de centaines de pieds d'arbre dans le lit de la plaine. Lors des échanges avec les populations, ils préfèrent de loin la promotion des filières d'igname, à la production maraichère. Cet avis n'est partagé pas par toute la population. Certain comprennent l'importance de varier les types de culture et d'augmenter les surfaces cultivables ainsi que les infrastructures appropriées.

Vu la sensibilité du sol, l'exécution de ce projet affectera fortement toutes les composantes de l'environnement (végétation, sol, air, nuisance sonore), mais de façon très localisée sur le site, et seulement pendant la durée des travaux de construction de l'ouvrage.

### **2. IMPACTS SUR LA POPULATION :**

#### **2.1.Impacts positifs**

A travers l'amélioration des systèmes de production, les populations, le gouvernement, ainsi que les autorités communales sont unanimes que le projet est vital pour la relance des activités de production rurale de la plaine de mo surtout pour son désenclavement.

## 2.2.Impacts négatifs :

Si les villageois et les autorités communales n'ont pas tari en évoquant les retombées positives de ce projet, ils ont néanmoins attiré l'attention du projet sur les conséquences fâcheuses qui pourraient en résulter :

- Prolifération des maladies liées à l'eau : paludisme, dysenterie, bilharziose, etc.
- Pollution des eaux de surface et souterraines par l'utilisation excessive d'engrais dans le cadre des productions agricoles ;
- Conflits liés à la compétition autour de l'eau pour satisfaire les besoins en eau pour le maraichage et pour l'abreuvement des animaux, surtout les animaux étrangers ;
- Conflits entre agriculteurs et transhumants ;
- Noyade des enfants ;

## VIII. CONCLUSION ET RECOMMANDATION

---

### 1. CONCLUSION

L'aménagement et la mise en valeur des bas-fonds de la plaine de Mô au Togo, correspond à une préoccupation majeure des autorités villageoises, communales et nationales. Ce projet offre d'immenses potentialités de développement socio-économique ; il permet non seulement, la création des sources de revenus, mais aussi limite les exodes ruraux des jeunes vers le Ghana voisin.

Au vu de l'étude, Les caractéristiques de l'ouvrage retenues seront :

- Longueur totale de l'ouvrage : 640 m
- Longueur du déversoir : 250 m
- Hauteur du barrage : 5,5 m au droit du lit mineur
- Un ouvrage de vidange (pertuis) à deux passes (2,00 x 4,00 m) muni des batardeaux métalliques (25 x 200).

Cet ouvrage permettra de stocker plus de 197 764 mètres cube d'eau. Cette capacité permettra l'exploitation d'une superficie de 5 ha en aval de l'ouvrage, mais aussi l'abreuvement des animaux. Avec l'aménagement de ce bas-fond, les revenus vont augmenter sensiblement et les habitudes alimentaires vont aussi changer avec une amélioration de la situation nutritionnelle, en particulier pour les enfants et les femmes.

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 concret, une expérience riche que nous allons mettre au service de nos populations.

### 2. RECOMMANDATIONS

Le présent projet d'étude du barrage de TASSI, économiquement et techniquement viable, ne devrait pas se limiter à la simple réalisation. Pour assurer sa pérennité et garantir son bon fonctionnement, il est nécessaire que les parties prenantes élaborent un schéma d'organisation pour le suivi et l'entretien de l'ouvrage. Les responsables de PDRI-Mo en charge de la réalisation des projets socio communautaires sur le terroir de la plaine, jouera le rôle de maître d'ouvrage (MO). A ce titre, elle veillera :

- Sur la bonne marche des activités de mise en œuvre dans les bas-fonds ;
- A l'entretien courant et correct des ouvrages par les bénéficiaires à travers des missions de suivi et de supervision ;

- A l'organisation des bénéficiaires dans le cadre du renforcement de leurs capacités.

Pour y arriver, nous formulons des recommandations suivantes :

- Surveillance des ouvrages
  - L'observation visuelle régulière par l'exploitant ;
  - La vérification périodique du bon fonctionnement des organes hydrauliques ;
  - Les mesures des instruments d'auscultation ;
  - La tenue à jour du registre de l'ouvrage ;
  - Des visites techniques approfondies par les autorités compétentes.

On disposera d'une méthode de surveillance clairement formalisée dans un document écrit.

- Entretien des ouvrages

L'entretien des ouvrages est indispensable pour garantir le bon fonctionnement et la pérennité des aménagements. Cet entretien doit être effectué couramment ou périodiquement. Les actions concernées sont les suivantes :

- Contrôle des joints de maçonneries ;
- Fauchage des mauvaises herbes après chaque hivernage sur les maçonneries ;
- Nettoyage des batardeaux si possible après chaque averse ;
- Remplacement des plaques de moellon endommagées ;
- Buchage des trous d'animaux fouisseurs (rats, souris, reptiles) ;
- Renouvellement des couches de protections antirouille sur cadre et éléments métalliques
- Curage des dépôts d'ordures éventuels ;
- Remise en place des enrochements de protection

Pour la demande des terres pour la réalisation des ouvrages futures, nous recommandons une étude topographique poussée pour permettre une meilleure rétention d'eau.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

### 1. OUVRAGES ET ARTICLES

Chabi-Gonni, and Puech. 1983. PREDETERMINATION DES CRUES DE FREQUENCE DECENNALE DANS LES REGIONS SAHELIENNES ET TROPICALES SECHES. CIEH.

CIEH. 1985. "ATLAS."

Dr. Harouna KARAMBIRI, and Dr. Dial NIANG. 2009. "COURS HYDROLOGIE 1". 2iE.

Dr. Ismaïla GUEYE. 2014a. "Cours Barrages En Terre". 2iE.

———. 2014b. "Cours Evacuateurs de Crues et Ouvrages Annexes". 2iE.

FAO. 1998. 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.

Komlavi F. Séddoh. 1981. Géologie Atlas Togo.

M.L. COMPAORE. 1996. "Cours de Barrage". EIER.

Ten Years After the Maputo Declaration on Agriculture and Food Security : An Assessment of Progress in West Africa CASE OF TOGO. 2016.

## ANNEXES

---

Annexe I : Note de Calcul .....	52
1. Parametres physiques du bassin versant.....	52
2. Apports liquides .....	53
3. Debit du projet.....	53
4. Apports solides.....	54
5. Besoin brute de la culture.....	54
6. Exploitation de la retenue.....	55
7. Dimensionnement du deversoir.....	56
8. Dimensionnement du bassin de dissipation .....	57
9. Devis du barrage.....	59
Annexe II : les cartes .....	64
2. Carte topographique du bassin (courbe de niveau) .....	65
Annexe III : les plans .....	66
1. Profils en long de la retenue .....	66
2. Coupe de la digue .....	67
3. Coupe du deversoir.....	68
4. Vue en plan de la retenue .....	69

## ANNEXE I : NOTE DE CALCUL

### 1. Paramètres Physiques du bassin versant

paramètre	Symbole	Valeur	Unité
Surface	S	27,138	Km <sup>2</sup>
Périmètre	P	29,792	Km
Typologie du bassin versant suivant la taille	Petit bassin versant		
Typologie du réseau hydrographique	Radial		
Côte mini	H max	240	m
Côte maxi	H min	222	m
Dénivelée (D = Côte maxi-Côte min)	D	18	m
Pluie annuelle	Pan	1350,00	mm
Pluie décennale	P10	1110	mm
Pluie centennale	P100	1170	mm
Abattement ( $A=1-[(161-0.042P_{an})/1000*\log S]$ )	A	0,850477831	-
Indice de Compacité ( $I_{comp} = 0,282 \times P \times S^{-(1/2)}$ )	I <sub>comp</sub>	1,612723256	-
Longueur du rectangle ( $L_{rect} = S^{(1/2)}*(I_{comp}/1,128)*(1+(1-(1,128/I_{comp})^2)^{(1/2)})$ )	L <sub>rect</sub>	12,77103522	Km
Largeur du rectangle ( $l_{rect} = S/L_{rect}$ )	l <sub>rect</sub>	2,124964776	Km
Longueur du réseau	L	7,882	Km
Pluie moyenne décennale du bassin ( $P_{m10}=P10* A$ )	P <sub>m10</sub>	944,0303929	mm
Indice global de Pente ( $I_g = D/L_{rect}$ )	I <sub>g</sub>	1,409439382	m/Km
Pente transversale	I <sub>t</sub>	4,47	m/km
Pente longitudinale du bassin versant ( $0,026/S^{0,5}$ )	I	0,049909639	%
Indice global de Pente corrigée ( $I_{gcorr} = (((n - 1)*I_g)+I_t)/n$ )	I <sub>gcorr</sub>	2,939719691	m/Km
Densité spécifique ( $D_s = S*I_{gcorr}^{(1/2)}$ )	D <sub>s</sub>	15,31421855	-
Densité de drainage ( $D_d = S/L$ )	D <sub>d</sub>	3,443034763	-
Coefficient de compacité de GRAVELIUS ( $KG = P / (2 \times \text{Racine}(\pi \times S))$ )	KG	1,601285502	
Relief	R1	Relief faible	-
Perméabilité	RI (bassins relativement imperméables avec des zones perméables d'étendues notables)		
Hydrographie	D	Bassin versant allongé car KG>>1	-

## 2. Apports liquides

	méthode de Rodier				
	P normal	P5 sèche	P10 sèche	P5 humide	P10 humide
Pan(mm)	1350,00	1330	1280	1590	1760
fréquence au non dépassement	-	0,2	0,1	0,8	0,9
fréquence au dépassement	-	0,8	0,9	0,2	0,1
Le (mm)	202,5	39	32	100	190
ke = Le / Pan	15,0%	2,9%	2,5%	6,3%	10,8%
volume(m3) = ke x S x P x1000	5 495 445,0	1 058 382	868 416	2 713 800	5 156 220

## 3. Debit du projet

<b>Le débit projet</b>				
<b>Méthode</b>	<b>CIEH</b>	<b>ORSTOM</b>	<b>GRADEX</b>	
<b>Débit en m3/s</b>	Q2	Q10	C	Q100 = C x Q10
	62,98	871	1,05	915

#### 4. Apports solides

Apports solides							
		Formule de Grésillon					
S (km2)	Pan (mm)	D(m3/km2/an) $700*((Pan / 500)^{-2,2})*(S^{-0,1})$	Vs(m3/an) D x S	V retenue (m3)	N (ans)		
27,138	1350	56,59	1 535,74	197 765,00	129		
Apports solides (Formule de Karambiri)							
S (km2)	Pan (mm)	h	r	D(m3/km2/an) $137*((Pan / 700)^{-2,02})*(S^{-0,05})*((0,25+1,13*(h + r))^{1,15})$	Vs(m3/an) D x S	V retenue (m3)	N (ans)
27,138	1350	0,55	0,55	48,87	1 326,21	197 765,00	149

#### 5. Besoin brute de la culture

	Besoin brute pour la première saison : 1 Novembre au 12 février				Besoin brute pour la deuxième saison : 17 janvier au 31 mai					Total
	novembre	décembre	janvier	février	janvier	février	mars	avril	mai	
Dr	39,74968601	53,95230509	54,15167473	20,54002918	11,12759315	35,30317516	31,14939233	68,12538033	29,72195367	Total
A	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
Vr	1987,484301	2697,615255	2707,583736	1027,001459	556,3796573	1765,158758	1557,469616	3406,269017	1486,097684	
Tour d'eau	9	9	9	9	9	9	9	9	9	
nj	5	5	5	3	3	5	5	5	5	
Bn	9937,421503	13488,07627	13537,91868	3081,004377	1669,138972	8825,79379	7787,348082	17031,34508	7430,488418	
Eg	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	
BB	14 196,32	19 268,68	19 339,88	4 401,43	2 384,48	12 608,28	11 124,78	24 330,49	10 14,98	<b>1189,34</b>

## 6. Exploitation de la Retenue

Périodes	Début période		Evaporation			Infiltration			Irrigation	Fin de période	
	Cotes Calage (m)	Volumes Obtenus (m3)	Pertes en eau par évapo. (mm)	Plan d'eau après évapo (m)	Volumes restants après évapo (m3)	Pertes par infiltrat. (mm)	Plan d'eau après infiltration +évapo (mm)	Volumes restants après infiltration + évapo (m3)	Besoins en eau pour 5 ha de tomate (m3)	Vol. rest après pertes+ besoins (m3)	Cotes plan d'eau restant (m)
Novembre	227,50	191 370,00	137,78	227,36	183 062,07	45,00	227,32	180 348,57	14 196,316	166 152,25	227,08
Décembre	227,08	166 152,25	155,10	226,93	157 331,01	46,50	226,88	154 864,19	19 268,680	135 595,51	226,52
Janvier	226,52	135 595,51	169,88	226,35	128 501,49	46,50	226,30	126 618,00	21 724,368	104 893,64	225,76
Février	225,76	104 893,64	172,79	225,59	98 097,13	42,00	225,55	96 416,71	17 009,712	79 407,00	225,12
Mars	225,12	79 407,00	148,23	224,98	69 444,97	46,50	224,93	67 226,69	11 124,783	56 101,91	224,70
Avril	224,70	56 101,91	146,31	224,55	52 309,90	45,00	224,51	50 482,00	24 330,493	26 151,51	223,91
Mai	223,91	26 151,51	135,40	223,77	30 664,74	46,50	223,72	29 414,35	10 614,983	18 799,37	<b>223,33</b>
<b>Volumes restants après pertes par évapo + infiltration + besoins + apports solides annuel (m3)</b>										<b>16 154,66</b>	
<b>Cotes plan d'eau restant après pertes par évapo + infiltration + besoins + apports solides annuel (m)</b>										<b>223,54</b>	

## 7. Dimensionnement du déversoir

Débit max (Q100)	915	m <sup>3</sup> /s
Coefficient de débit (m)	0,48	
Lame d'eau déversante (h)	1,50	m
Longueur du déversoir $L = Q / (m \times (2 \times g)^{0,5} \times h^{1,5})$	234,32	m
Longueur du pallier $L_p = L - (h \times (100/10))$	219	m
Longueur des rampes jusqu'à la cote digue $L_r = \text{Côte crête de la digue} - \text{PEN}$	15,00	m
Longueur Totale du déversoir $L_{td} = L_p + 2 \times L_r$	249	m
Vitesse de l'eau $V = (Q / (h \times L))$	2,60397235	m/s
PEN	227,00	m
Côte crête de la digue	228,50	m
PHE	228,00	m
Revanche R	0,50	m
Lame d'eau déversante (h) = $C_{\text{crête}} - \text{CPEN} - R$	1,00	m
Côte du fond du lit mineur	223,00	m
Hauteur maxi de la digue	5,50	m
Hauteur du déversoir	4,00	m
Longueur Totale de la digue	391	m
Longueur totale du barrage	640,00	m

### 8. Dimensionnement du bassin de dissipation

<b>Yn</b>	$(q/(Ks*I^{0,5}))^{(3/5)}$						
<b>KS</b>	Coefficient de rugosité			60	Compte tenu que l'ouvrage sera en béton lisse ( Laboratoire hydraulique environnementale (LHE),École Polytechnique Fédérale de Lausanne page 60 de Christophe Ancey )		
<b>I</b>	Pente du canal			0,01			
<b>Q(m³/s)</b>	Débit de la crue Projet			915			
<b>L (ml)</b>	Longueur du déversoir			249			
<b>q(m³/s/ml)</b>	Q/L			3,67			
<b>Yn(m)</b>				0,74			
<u>Données:</u>	Cote déversoir			227,50			
		PHE=	228,00	Cote digue	228,50		
				Cote TN	223,00		
Lame d'eau au-dessus du seuil :				H(m)	1,00		
* Débit projet	Q(m³/s)			915			
* Pelle: H0 = cote seuil - cote TN amont déversoir				H0(m)	5		
h/H0(m)				0,22			
Yn/H0(m)				0,2			
Les conditions suivantes sont respectées : $0,05 < h/H0 < 0,70$ et $0,15 < Yn/H0 < 0,80$							
On lit sur l'abaque D/H0 :	0,23	alors on a D(m) :		1,04			
* Pour l'enfoncement du bassin DH, prenons :				0,50			
H(m)		H0+D		5,00			
V1	$(2*g*(0,90*(H+h)-y1)^{0,5})$			9,37			
Y1	Q/(L'V1)	Donc V1	Q/Y1*L'	9,18			
Posons E :	la précision des itérations pour chercher Y1			$E= Q/(Y1*L')-(2*g*(0,90*(H+h)-y1)^{0,5})$			

				E	-0,20				
Par itérations on obtient :		Y1(m)			0,40				
			V1(m/s)		9,18				
Nombre de Froude Fr		V1/(g*Y1)^0,5			4,63				
	Y2(m)	(Y1/2)*((1+8*Fr^2)^0,5-1)			2,43				
	V2 (m/s)	q/Y2			1,51				
La vitesse à l'entrée du bassin de dissipation V1=8,99 m/s (V1<15 m/s), Fr = 9,83 > 4,5									
donc il pourra être utilisé un bassin USBR de type II.									
Ce type de bassin comporte des blocs de chute et des blocs chicanes									
La longueur du bassin de dissipation:			L(m) = 6*(Y2-Y1)		12,17	sans blocs de chutes ni chicanes			
La mise en place des blocs de chute et de chicanes permet de raccourcir le bassin et éviter le déplacement du ressaut hydraulique									
Nous allons utiliser les abaques associés au bassin de type selon la classification extraite de « design of small dams »									
La longueur du bassin de dissipation avec blocs de chute et chicane est L' =Y2*2,6 =							6,31	<b>6,00</b>	m
La distance entre les blocs de chute et les chicanes est égale à 0,8* Y2 (m) :							1,94	<b>2,00</b>	m
a) blocs de chutes									
Y1 (m)	0,40								
dist bajoyer-bloc		0,5* Y1	20	cm	Prenons	20	cm		
hauteur		Y1	40	cm	Prenons	40	cm		
largeur		Y1	40	cm	Prenons	40	cm		
intervalle		Y1	40	cm	Prenons	40	cm		
b) blocs chicane									
h2/Y1=1,75	h2 = Y1* 1,75		70	cm	Prenons :	40	cm		
dist bajoyer-bloc		0,375*h2	15	cm	Prenons :	15	cm		
hauteur		h2 =	40	cm	Prenons :	40	cm		
largeur		0,75*h2 =	30	cm	Prenons :	30	cm		

intervalle		$0,75 \cdot h_2 =$	30	cm	Prenons :	30	cm		
épaisseur de crête		$0,2 \cdot h_2$	8	cm	Prenons :	10	cm		
penne			1/1						
Base du bloc chicane						50	cm		
c) <u>seuil terminal</u>									
$h_4/Y_1 =$	1,4	$h_4 =$	0,56		Prenons :	60	cm		

## 9. Devis du Barrage

N° prix	Désignation des travaux	U	Qtés	Prix	
				Unit	total
<b>I</b>	<b>INSTALLATION</b>				
1	Amenée et mise en place des installations générales	FF	1	20 000 000	20 000 000
2	Laboratoire de chantier et son fonctionnement	Mois	2	2 500 000	5 000 000
3	Assurance qualité	FF	1	3 500 000	3 500 000
4	Implantation du projet	FF	1	2 000 000	2 000 000
5	Repliement des installations	FF	1	3 500 000	3 500 000
	<b>SOUS TOTAL O</b>				<b>34 000 000</b>
<b>II</b>	<b>DIGUE</b>				
<b>1</b>	<b>TERRASSEMENTS</b>				
2	Débroussaillage et décapage sur une épaisseur de 20 cm	m2	1 520	300	456 000
3	Abattage d'arbres et dessouchage dans la cuvette et la zone des ouvrages	FF	1	3 500 000	3 500 000
4	Déblai avec mise en place de cordons de protection ou dépôt définitif	m3	8 562	4 500	38 530 350

5	Remblai argileux compacté à l'OPN pour tranchée d'ancrage et noyau du corps digue	m <sup>3</sup>	17 602	4 400	77 450 120
6	Remblai latéritique compacté à l'OPN pour parement digue et corps diguette de protection	m <sup>3</sup>	0	4 600	0
7	Couche de de perrés maçonné du talus aval	m <sup>3</sup>	1 925	5 000	9 626 600
8	Sable pour filtre vertical (épaisseur = 0,50 cm)	m <sup>3</sup>	0	9 000	0
9	Sable pour filtre horizontal (épaisseur = 0,57 m)	m <sup>3</sup>	2 985	8 000	23 882 400
10	Sable grossier pour protection filtre horizontal épaisseur = 10 cm)	m <sup>3</sup>	486	9 500	4 618 900
11	Gravier pour protection filtre horizontal (épaisseur = 0,15 cm)	m <sup>3</sup>	795	9 500	7 554 400
12	Couche pour protection filtre horizontal (épaisseur = 25 cm)	m <sup>3</sup>	989	9 500	9 398 350
<b>300</b>	<b>TERRASSEMENTS POUR OUVRAGES D'ART</b>				
301	Fouille à la main	m <sup>3</sup>	997	3 500	<b>3 488 800</b>
<b>400</b>	<b>MACONNERIES/GABIONS</b>				
401	Enrochements rangés	m <sup>3</sup>	186	8 500	1 582 700
402	Perrés maçonnés	m <sup>2</sup>	2 069	8 500	17 586 500
403	Maçonnerie de moellons	m <sup>3</sup>	199	55 000	10 961 500
404	Perrés non maçonnés	m <sup>2</sup>	1 120	5 000	5 600 000
					<b>35 730 700</b>
	<b>Sous total I</b>				<b>214 236 620</b>
<b>II</b>	<b>DIGUETTES DE PROTECTION</b>				
500	Débroussaillage et décapage sur une épaisseur de 20 cm	m <sup>2</sup>	1 520	300	456 000
501	Déblai avec mise en place de cordons de protection ou dépôt définitif	m <sup>3</sup>	130	3 500	455 000
502	Bornage de la zone de servitude	u	130	20 000	2 600 000
503	Remblai latéritique compacté à l'OPN pour parement digue et corps diguette de protection	m <sup>3</sup>	3 042	4 000	12 168 400
<b>600</b>	<b>TERRASSEMENTS POUR OUVRAGES D'ART</b>				

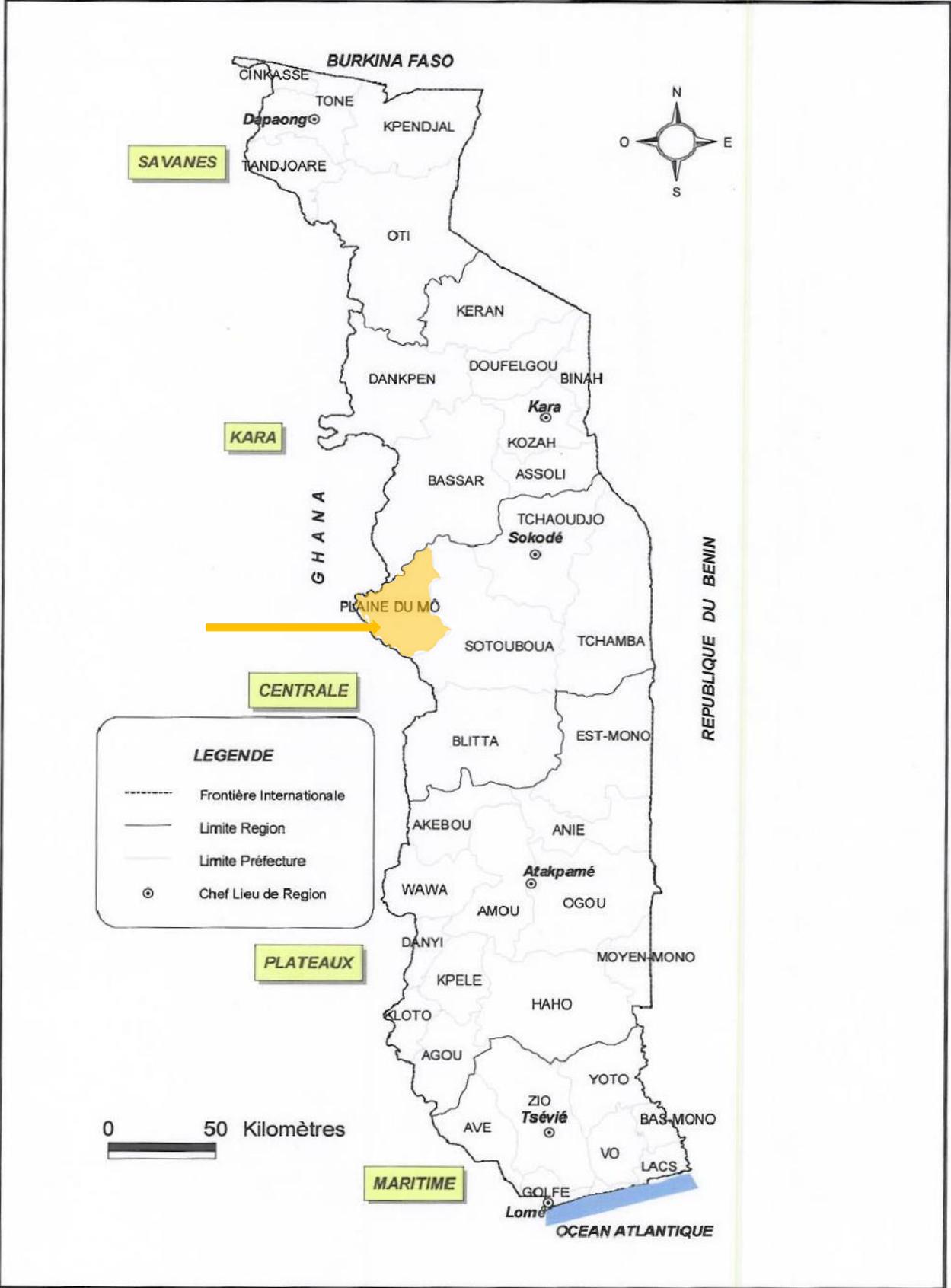
601	Fouille à la main pour para fouilles et assises ouvrages	m <sup>3</sup>	80	3 500	<b>280 000</b>
<b>700</b>	<b>PROTECTIONS ET ENROCHEMENTS</b>				
701	Enrochements rangés à la main pour drain de pied	m <sup>3</sup>	34	8 500	289 000
702	Perrés maçonnés	m <sup>2</sup>	202	9 000	1 820 700
703	Maçonnerie de moellons	m <sup>3</sup>	80	60 000	4 800 000
704	Perrés non maçonnés	m <sup>2</sup>	98	5 500	540 100
					<b>7 449 800</b>
	<b>Sous total II</b>				<b>23 409 200</b>
<b>III</b>	<b>DEVERSOIR + BASSIN +MUR BAJoyer + CHENAL</b>				
<b>800</b>	<b>TERRASSEMENTS</b>				
801	Déblai avec mise en place de cordons de protection ou dépôt définitif	m <sup>3</sup>	892	3 500	3 122 000
802	Lit de sable pour filtre (épaisseur =20 cm)	m <sup>3</sup>	76	8 500	646 000
803	Lit de pose en sable pour filtre sous bassin (épaisseur =20 cm)	m <sup>4</sup>	95	8 500	807 500
					<b>4 575 500</b>
<b>900</b>	<b>TERRASSEMENTS POUR OUVRAGES D'ART</b>				
901	Déblai à la main pour para fouilles et assises ouvrages	m <sup>3</sup>	200	3 000	<b>600 000</b>
<b>1000</b>	<b>BÉTONS ET DIVERS</b>				
1001	Béton de type "B1" pour propreté dosé à 150 kg/m <sup>3</sup> y compris coffrage	m <sup>3</sup>	30	30 000	898 800
1002	Béton de type "B2" pour béton cyclopéen dosé à 250 kg/m <sup>3</sup> y compris coffrage	m <sup>2</sup>	1 102	75 000	82 665 000
1003	Béton de type "B3" pour béton ordinaire dosé à 300 kg/m <sup>3</sup> y compris coffrage	m <sup>3</sup>	59	85 000	5 015 000
1004	Béton de type "B4" pour béton armé dosé à 350 kg/ m <sup>3</sup> y compris coffrage et toutes sujétions comprises	m <sup>3</sup>	596	100 000	59 621 000
					<b>148 199 800</b>
<b>1100</b>	<b>ACIERS</b>				
1101	Aciers TOR à haute adhérence pour armatures de tout diamètre	kg	28 645	800	<b>22 916 000</b>

<b>1200</b>	<b>ÉTANCHEITÉS ET JOINTS</b>				
1201	Joint de mastic bitumineux	ml	295	3 500	1 032 500
1202	Joint d'étanchéité type water stop ou similaire	ml	90	35 000	3 146 500
1203	Enduit bitumineux sur parement amont	kg	199	3 000	597 600
					<b>4 776 600</b>
<b>1300</b>	<b>CONDUITES, ROBINETTERIES ET DIVERS</b>				
<b>1301</b>	<b>Conduites PVC</b>				
1301a	Tuyau PVC diamètre 50 mm pour éjecteurs	ml	130	4 500	<b>585 000</b>
<b>1400</b>	<b>Protections et enrochements</b>				
1401	Enrochements rangés à la main pour bassin de dissipation	m <sup>3</sup>	130	75 000	<b>9 750 000</b>
	<b>Sous total III</b>				<b>191 402 900</b>
<b>IV</b>	<b>OUVRAGE DE PRISE</b>				
<b>1500</b>	<b>TERRASSEMENTS POUR OUVRAGES D'ART</b>				
1501	Déblai à la main pour para fouilles et assises ouvrages	m <sup>3</sup>	247	4 000	<b>987 200</b>
<b>1600</b>	<b>BÉTONS ET DIVERS</b>				
1601	Béton de type "B1" pour propreté dosé à 150 kg/m <sup>3</sup> y compris coffrage	m <sup>3</sup>	8	35 000	280 000
1602	Béton de type "B3" pour béton ordinaire dosé à 300 kg/m <sup>3</sup> y compris coffrage	m <sup>3</sup>	19	80 000	1 488 000
1603	Béton de type "B4" pour béton armé dosé à 350 kg/ m3 pour regard écran anti-renard	m <sup>3</sup>	43	100 000	4 323 500
					<b>6 091 500</b>
<b>1700</b>	<b>ACIERS</b>				
1701	Aciers TOR à haute adhérence pour armatures de tout diamètre	kg	896	800	<b>717 040</b>
<b>1800</b>	<b>CONDUITES, ROBINETTERIES ET DIVERS</b>				
<b>1801</b>	<b>CONDUITES EN FONTE</b>				
1801a	Conduites en fonte diamètre 600mm	ml	130	250 000	32 500 000
<b>1802</b>	<b>CREPINES</b>				

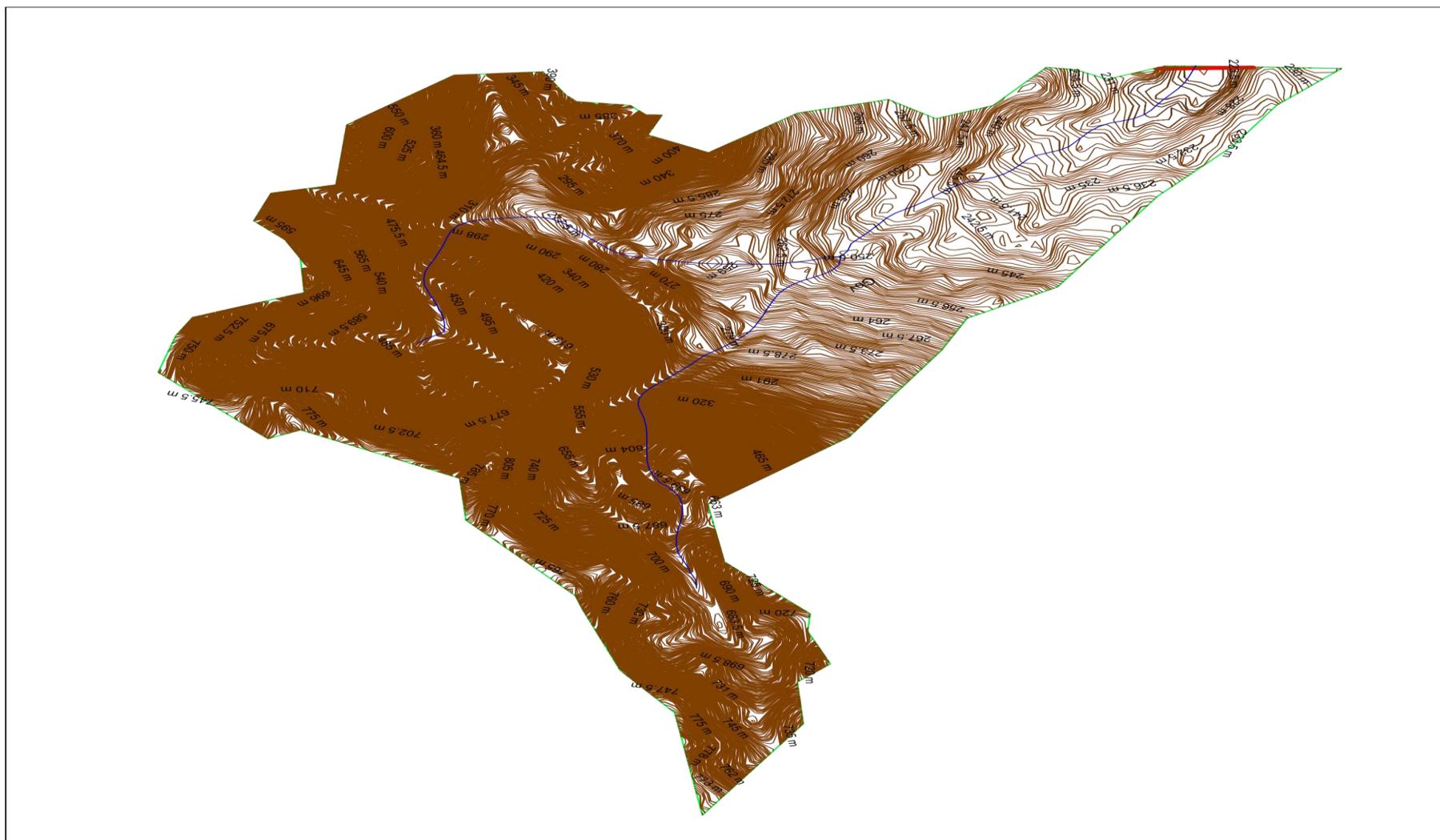
1802a	Crépines diamètre 300mm	U	1	70 000	70 000
<b>1803</b>	<b>VANNE D'ARRET</b>				
1803a	Vanne d'arrêt diamètre 300mm	U	1	2 500 000	2 500 000
					<b>35 070 000</b>
<b>1804</b>	<b>PROTECTIONS ET ENROCHEMENTS</b>				
1804a	Maçonnerie de moellons pour escalier d'accès	m <sup>3</sup>	12	55 000	<b>660 000</b>
<b>1804</b>	<b>FOURTURES ET MENUISERIES METALLIQUES</b>				
1804a	Fournitures métalliques pour grilles de protection	kg	30	35 000	1 050 000
1804b	Fournitures métalliques pour échelles limnométriques et pièces en acier	kg	10	40 000	400 000
					<b>1 450 000</b>
	<b>Sous total IV</b>				<b>44 975 740</b>
	<b>TOTAL I+II+III+IV</b>				<b>508 024 460</b>

ANNEXE II : LES CARTES

1. Carte de localisation de la zone d'étude

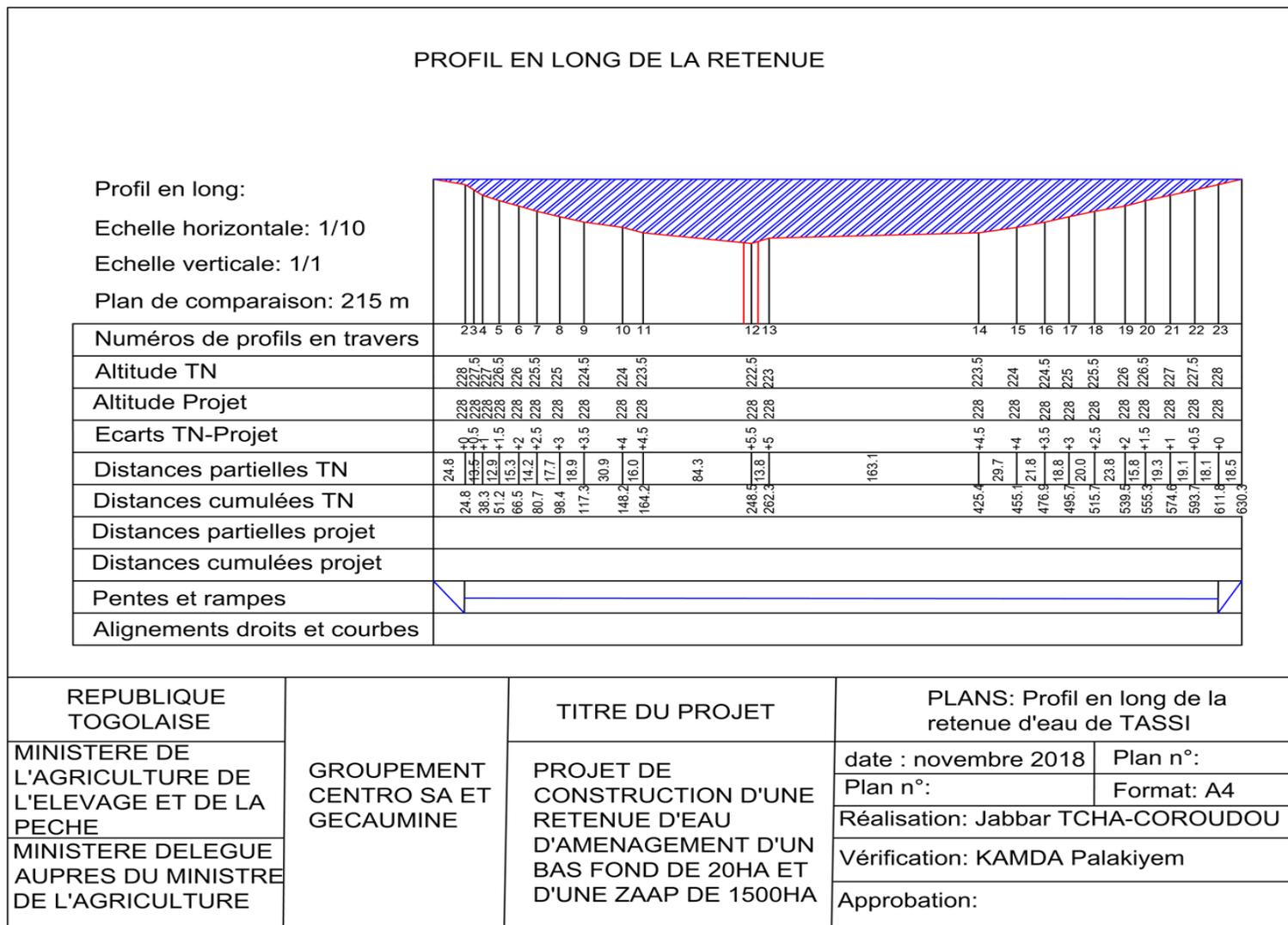


## 2. Carte Topographique du Bassin (courbe de niveau)

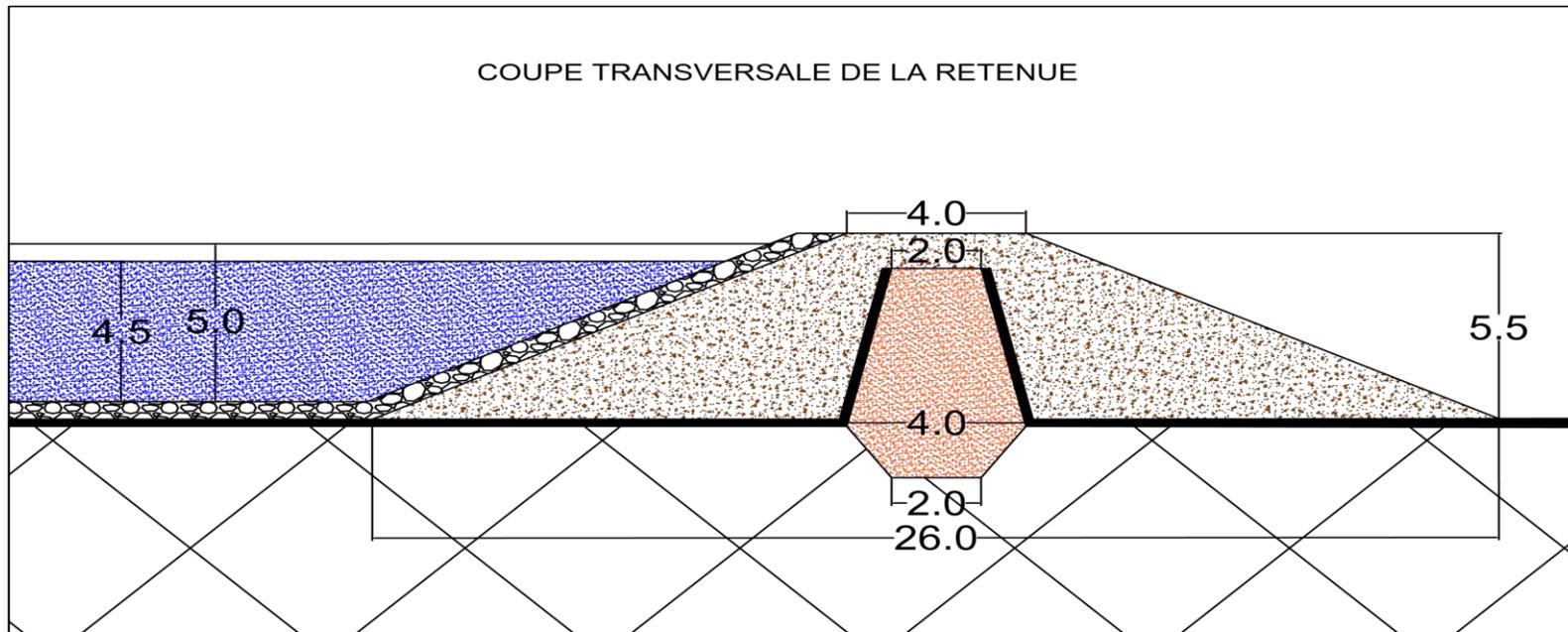


## ANNEXE III : LES PLANS

### 1. Profils en long de la retenue

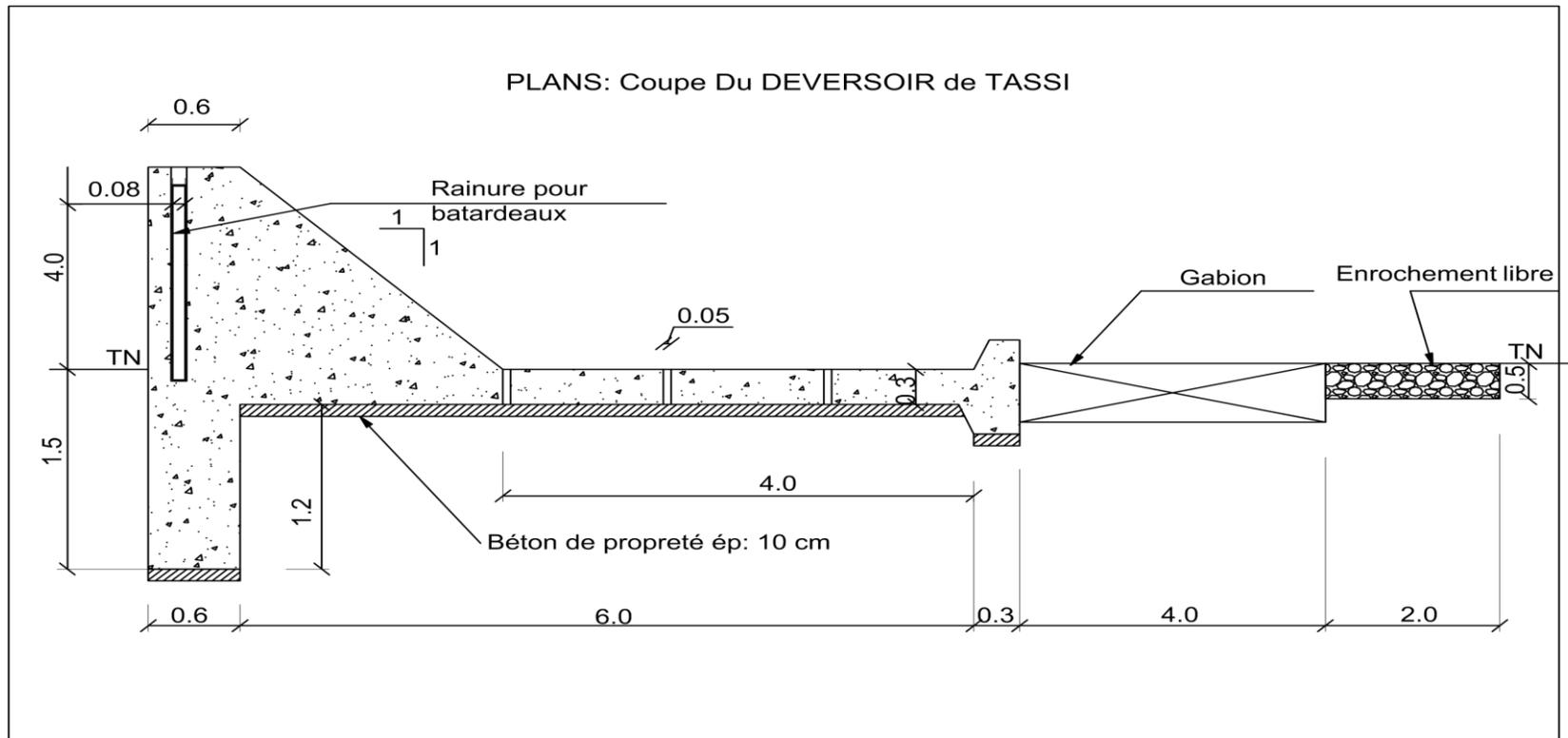


2. Coupe de la digue



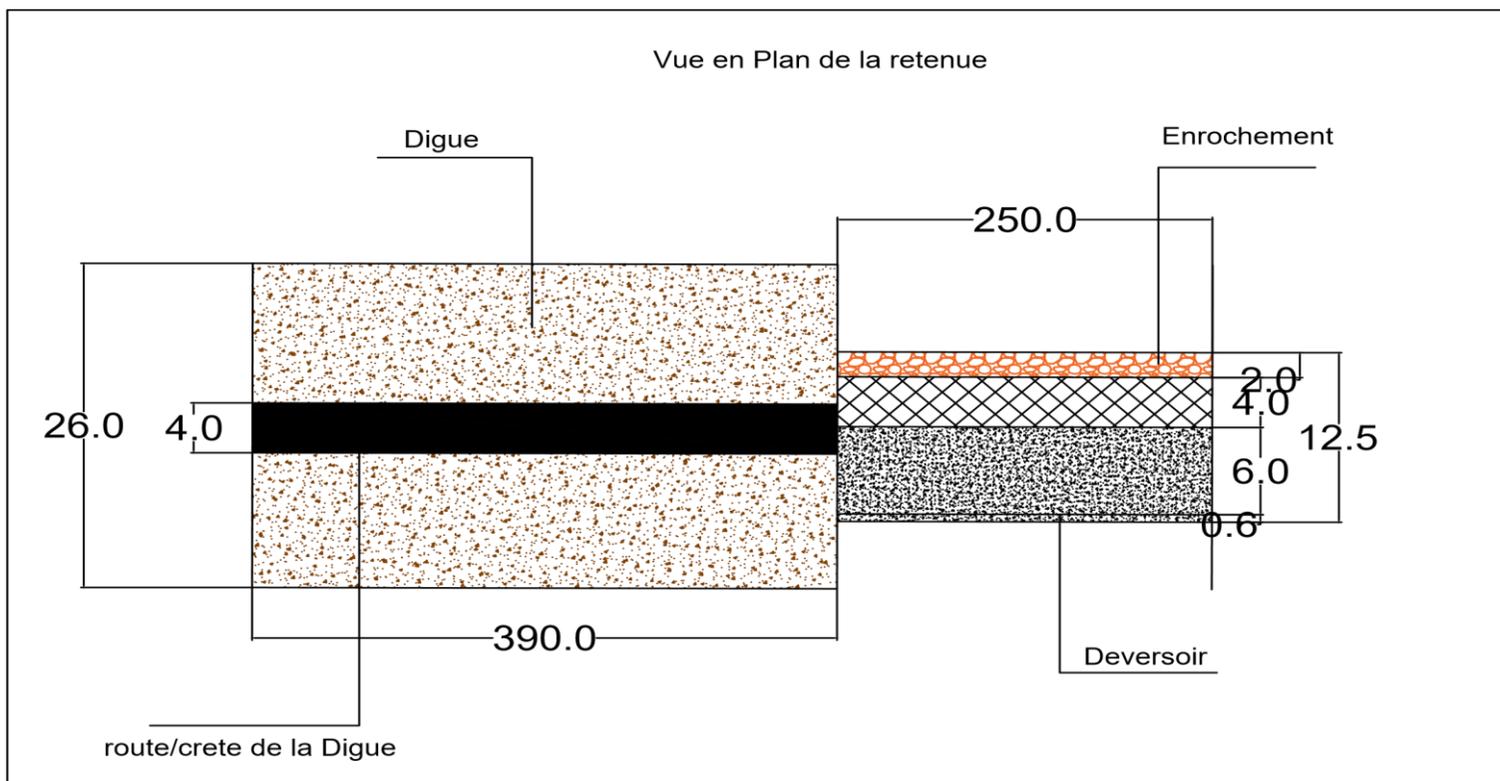
REPUBLIQUE TOGOLAISE		TITRE DU PROJET	PLANS: Coupe transversale de la retenue d'eau de TASSI	
MINISTERE DE L'AGRICULTURE DE L'ELEVAGE ET DE LA PECHE	GROUPEMENT CENTRO SA ET GECAUMINE	PROJET DE CONSTRUCTION D'UNE RETENUE D'EAU D'AMENAGEMENT D'UN BAS FOND DE 20HA ET D'UNE ZAAP DE 1500HA	date : novembre 2018	Plan n°:
MINISTERE DELEGUE AUPRES DU MINISTRE DE L'AGRICULTURE			Echelle :	Format: A4
			Réalisation: Jabbar TCHA-COROUDOU	Vérification: KAMDA Palakiyem
			Approbation:	

### 3. Coupe du déversoir



REPUBLIQUE TOGOLAISE	GROUPEMENT CENTRO SA ET GECAUMINE	TITRE DU PROJET	PLANS: Coupe Du DEVERSOIR de TASSI	
MINISTERE DE L'AGRICULTURE DE L'ELEVAGE ET DE LA PECHE		PROJET DE CONSTRUCTION D'UNE RETENUE D'EAU D'AMENAGEMENT D'UN BAS FOND DE 20HA ET D'UNE ZAAP DE 1500HA	date : novembre 2018	Plan n°:
MINISTERE DELEGUE AUPRES DU MINISTRE DE L'AGRICULTURE			Echelle :	Format: A4
			Réalisation: Jabbar TCHA-COROUDOU	Vérification: KAMDA Palakiyem
	Approbation:			

4. Vue en plan de la retenue



REPUBLIQUE TOGOLAISE	GROUPEMENT CENTRO SA ET GECAUMINE	TITRE DU PROJET	PLANS: Coupe Du DEVERSOIR de TASSI	
MINISTERE DE L'AGRICULTURE DE L'ELEVAGE ET DE LA PECHE		PROJET DE CONSTRUCTION D'UNE RETENUE D'EAU D'AMENAGEMENT D'UN BAS FOND DE 20HA ET D'UNE ZAAP DE 1500HA	date : novembre 2018	Plan n°:
MINISTERE DELEGUE AUPRES DU MINISTRE DE L'AGRICULTURE			Echelle :	Format: A4
			Réalisation: Jabbar TCHA-COROUDOU	Vérification: KAMDA Palakiyem
	Approbation:			