



REPUBLIQUE DU MALI  
Un Peuple - Un But - Une Foi

MINISTRE DE L'ADMINISTRATION  
TERRITORIALE ET DES COLLECTIVITES LOCALES

Commune Urbaine de Fatao  
Tél : 66 40 62 01/ 79 10 42 62

**Etudes de réhabilitation du micro barrage et de l'étang piscicole de  
Fatao dans la commune urbaine de Fatao**

DOSSIER D'AVANT PROJET DETAILLE

BENEFICIAIRES : POPULATION DE LA COMMUNE URBAINE DE FATAO

Etude financée par la commune de Tremblay-en-France



B U R E A U D ' I N G E N I E R I E C O N S E I L S  
E T D ' E X P E R T I S E S P O U R L E  
D E V E L O P P E M E N T



**BICED-sarl**

BP: 47, Tél: 00 (223) 21 54 02 33; Cél : 00 (223) 73 15 39 29, Koulouba Nioro du sahel  
Email: bicedmali@yahoo.fr

**25 avril 2012**

**FICHE TECHNIQUE D'OUVRAGE..... 4**

**PARTIE A : Présentation générale de la commune - Etat des lieux du micro barrage et de l'étang piscicole ..... 5**

I- CONTEXTE.....	6
II- OBJECTIFS DE L'ETUDE .....	6
III- METHODOLOGIE.....	7
3.1 Réunions de concertation .....	7
3.2 Visites de terrain .....	7
IV- PRESENTATION DU VILLAGE .....	7
4.1 Historique.....	7
4.2 Traits physiques.....	8
4.3 Traits humains .....	8
4.4 Religion .....	8
4.5 Description des secteurs d'activités.....	8
4-5-1- Economie rurale.....	8
a) Agriculture .....	9
b) Elevage .....	10
c) Maraîchage .....	10
d) Autres activités.....	10
4-5-2- Dynamiques associatives .....	10
4-5-3- Equipements et infrastructures .....	10
4.6 Utilisation et gestion actuelle du bas-fond concerne par le projet.....	11
V- ETAT DES LIEUX DU BARRAGE ET DE L'ETANG PISCICOLE DE FATAO .....	11
VI- PROPOSITION DES SOLUTIONS ENVISAGEABLES .....	14

**PARTIE B : Faisabilité technique d'ouvrages de retenue, de défense et de restauration des sols dans la commune urbaine de Fatao ..... 15**

I. ÉTUDES TOPOGRAPHIQUES .....	16
II. TRAVAUX DE TERRAIN .....	16
2.1 Méthodologie .....	16
2-1-1- Mesure des côtes des points .....	16
2-1-2- Précision des mesures.....	16
III. TRAVAUX DE BUREAU .....	17
3.1 Matériels .....	17
3.2 Personnel.....	17
IV- SONDAGES AU DROIT DES FONDATIONS ET ANALYSE DE L'ETAT DU BARRAGE .....	17
V. ÉTUDE TECHNIQUE DU BASSIN VERSANT.....	19
5.1 Le bassin versant.....	19
5-1-1- Délimitation .....	19
5-1-2- Caractéristiques numériques du bassin versant.....	19
a) Superficie .....	19
b) Le périmètre du bassin .....	19
c) Indice de forme du bassin versant .....	19
d) Le rectangle équivalent.....	19
e) La densité de drainage .....	19
f) Répartition hypsométrique.....	19
5.2 Études hydrologiques .....	20
5-2-1- Détermination des apports en eau.....	20
5-2-2- Détermination de la crue de projet.....	20
5-2-2-1- Détermination de la pluie annuelle et maximale journalière .....	20
5-2-2-2- Méthode de détermination de la crue de projet .....	20
a) Méthode ORSTOM.....	20
b) Méthode CIEH .....	23
c) Choix du débit de crue du projet .....	23
5-2-3- Estimation des besoins en eau et des pertes .....	24
5-2-2-1- Les besoins humains.....	24
5-2-2-2- Les besoins pour la pisciculture .....	24
5-2-2-3- Besoins agricoles .....	24
5-2-2-4- Estimation des pertes par évaporation et infiltration .....	24
5.3 Les caractéristiques de l'ouvrage retenu.....	25
5-3-1- Courbe hauteur -volume (cf. fig. 1) .....	25

5-3-2- Détermination de la côte de projet .....	27
5.4 Évaluation du transport solide .....	27
5.5 Études hydrauliques – génie civil dimensionnement des ouvrages .....	27
5-5-1- Dimensionnement des ouvrages .....	28
5-5-1-1- Déversoir .....	28
5-5-1-2- Laminage de la crue .....	28
5-5-1-3- Ouvrage de protection (Bassin de dissipation) .....	28
a) Détermination des dimensions du bassin de dissipation du réservoir .....	28
b) Les murs bajoyers .....	29
c) Ouvrage de régulation ou de vidange .....	29
d) Calcul de l'épaisseur des murs bajoyers .....	29
e) Largeur de muret de protection .....	29
5-5-1-4- Etude de la stabilité du déversoir .....	29
a) La tranchée d'ancrage du déversoir .....	29
b) Détermination des forces (Voir annexe) .....	30
VI - DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF .....	31
VII- LES MESURES DE PROTECTIONS ANTI-EROSIVES : .....	32
7.1 Les barrières en cailloux .....	32
7-1-1- Définition .....	32
7-1-2- Objectifs .....	32
7-1-3- Moyens .....	32
7-1-4- Choix de sites .....	32
7-1-5- Mode de réalisation .....	33
7-1-5-1- Confection .....	33
a) Confection d'une barrière simple .....	33
b) Confection d'une barrière renforcée .....	33
7-1-6- Zone concernée par les barrières en cailloux .....	34
7.2 Devis quantitatif et estimatif des mesures anti-érosives .....	35
VIII- ESTIMATION DU COUT TOTAL DU PROJET .....	35
IX- DESCRIPTION ET DISPOSITION DES TRAVAUX .....	36
9.1 Les travaux à la charge des populations .....	36
9-1-1- Les travaux de débroussaillage de l'emprise de l'ouvrage .....	36
9-1-2- Les travaux de fouilles en amont de l'ouvrage déversoir, bassin de dissipation et le curage de l'étang piscicole .....	36
9-1-3- Le chargement des camions en matériaux .....	36
9-1-4- La fourniture de la main d'œuvre .....	36
9.2 Les travaux à l'entreprise .....	36
9-2-1- Le contrefort du déversoir .....	36
9-2-2- Le bassin de dissipation .....	36
9-2-3- Les murs bajoyers .....	37
9-2-4- L'étang piscicole .....	37
9-2-5- Les mesure anti érosives .....	37
X- PROPOSITION DE GESTION ET D'ENTRETIEN DE L'OUVRAGE .....	37
<b>ANNEXES .....</b>	<b>38</b>
ANNEXE 1 : NOTE DE CALCUL .....	39
ANNEXE 2 : Quelques photos du conseil villageois .....	49

# REHABILITATION DU MICRO BARRAGE ET DE L'ETANG PISCICOLE DE FATAO DANS LA COMMUNE URBAINE DE FATAO

## FICHE TECHNIQUE D'OUVRAGE

<b>Intitulé du Projet</b>		REHABILITATION DU MICRO BARRAGE ET DE L'ETANG PISCICOLE DE FATAO DANS LA COMMUNE URBAINE DE FATAO
<b>Bénéficiaires</b>		Village de Fatao
<b>Localisation du site</b>		<b>Commune Urbaine : Fatao Cercle : Diéma</b> <b>Longitude : 9°31'50,40"W * Latitude : 14°19'52,1" N</b>
<b>Accès au Site</b>		A partir de Fatao à 250m au nord - est de la ville.
<b>Objectif du Projet</b>		Réhabilitation retenue d'eau pour la recharge de la nappe phréatique et la pratique des activités de : <ul style="list-style-type: none"> <li>- maraîchage, riziculture, cultures de décrue (tabac, maïs, niébé, autres)</li> <li>- pisciculture dans l'étang piscicole et les poches d'eau</li> </ul>
<b>Principe de fonctionnement</b>		L'ouvrage est constitué d'un déversoir poids en béton cyclopéen construite sur un cours d'eau en vue de stocker les eaux de ruissellement. La retenue ainsi constituée permettra la recharge de la nappe phréatique, le développement du maraîchage, de la riziculture, de la culture de décrue et de la pisciculture.
<b>Descriptif</b>	Pluviométrie	Pan = 700 mm P10 (24 h) = 100 mm
	Crue du projet	Qp = 55,98 m <sup>3</sup> /s - superficie du bassin versant S = 60,67 km <sup>2</sup>
	Déversoir	<b>Nature</b> : déversoir poids en maçonnerie de moellon Talus amont vertical – talus aval 1/1 <b>Longueur</b> : longueur utile L = 222,78 m <b>Largeur en crête</b> = 0,5 m <b>Côte crête</b> : PEN = 281,2 m <b>Hauteur maxi/TN</b> = 2 m <b>Protection aval</b> = Bassins en Béton cyclopéen + enrochement reposant sur filtre en gravier et sable
	Bassin de dissipation	<b>Nature</b> : Bassin à réseau en perrés maçonnés Largeur du bassin = 222,78 m Longueur max du bassin = 3,6 m Filtre en gravier épaisseur 5 cm Filtre en sable épaisseur 5 cm Barbacane en PVC63
	Bajoyer / Mur en aile	<b>Nature</b> : simple muret en maçonnerie de moellons, épaisseur = 50 cm <b>Longueur</b> : rive droite = 80,95 m - rive gauche = 110,69 m <b>Côte crête</b> : 281,72 m - hauteur maxi/TN = 2,16 m
	Longueur totale de l'ouvrage	<b>414,42 m</b>
	Ouvrage de vidange	<b>Nature</b> : 2 pertuis de 120 x 100 cm muni de batardeaux métalliques de 25 x 120
	Retenue	- plan d'eau normale PEN = 281,2 m - Plus haute eau PHE = 281,45 m - surface dominée = 15,51 ha - volume d'eau stockée = 50 300m <sup>3</sup>
<b>Coût du micro barrage</b>		<b>30 180 597 F CFA</b>
<b>Coût de l'étang piscicole</b>		<b>2 466 153 F CFA</b>
<b>Coût de l'aménagement</b>		<b>6 886 000 F CFA</b>
<b>Suivi Contrôle</b>		<b>3 953 275 F CFA</b>
<b>Coût total des travaux</b>		<b>43 486 024 F CFA</b>
<b>Échéance du Projet</b>		15 ans
<b>Financement</b>		
<b>Maître d'Ouvrage</b>		<b>Mairie de la commune urbaine de Fatao</b>
<b>Études</b>		<b>BICED- Sarl</b>
<b>Durée travaux et période</b>		<b>Deux (02) mois pendant saison sèche</b>

**PARTIE A :**

**Présentation générale de la commune**

**Etat des lieux du micro barrage et de l'étang piscicole**

## I- CONTEXTE

Dans le cadre de la coopération décentralisée, la commune urbaine de Fatao souhaitant réhabiliter le micro barrage et l'étang piscicole de Fatao, a fait appel à son partenaire la commune de Tremblay-en-France. Celle-ci ayant accepté de financer l'étude, l'Amscid et Essonne-Sahel ont signé une convention afin de mener à bien cette étude. Pour cela, il a été fait appel au bureau d'étude Biced.

Le village de Fatao (chef-lieu de la commune urbaine de Fatao) est situé dans le cercle de Diéma, à 60 km au Sud-Ouest de Diéma.

La population du village est composée par ordre d'importance de Soninkés, de Bambaras, de Peulhs et de Maures sédentarisés.

L'ouvrage réalisé en 1998, par le Programme d'appui aux projets villageois de développement (PAPVD), piloté par Essonne-Sahel, est en maçonnerie de moellons. L'empierrement libre pour la protection du bassin de dissipation se situait sur l'axe routier principal reliant Diéma à Kita.

De ce fait, le passage des engins lourds (camion benne,...) a provoqué plusieurs fissures sur le micro barrage (fuites souterraines sur toute la longueur du déversoir). Ces dégâts constatés font que l'ouvrage ne retient plus d'eau et les activités qui étaient pratiquées dans sa zone d'influence diminuent d'année en année.

L'étang piscicole est alimenté par un canal à partir de la retenue du barrage. Son fonctionnement hydraulique n'est pas satisfaisant.

Les ouvrages réalisés avaient pour objectif de constituer une réserve d'eau permettant d'améliorer les ressources en eau du village. Cette augmentation des ressources en eau, en plus de la satisfaction des besoins domestiques et pastoraux a permis, partiellement, d'accroître les ressources agricoles et piscicoles qui étaient axées sur :

- ✓ le maraîchage ;
- ✓ la riziculture ;
- ✓ les cultures de décrue (tabac, maïs, niébé, autres) ;
- ✓ la pisciculture dans les poches d'eau ou l'étang piscicole.

Pour redonner ces capacités initiales de rétention d'eau, l'étude commandité par l'AMSCID, agissant en qualité de Maître d'Ouvrage Délégué, a mandaté le Bureau d'Ingénierie Conseils et d'Expertises pour le Développement (BICED-SARL) pour réaliser cette étude.

## II- OBJECTIFS DE L'ETUDE

L'étude de réhabilitation du micro barrage et de l'étang piscicole devra être faite de manière à répondre à l'objectif précisé ci-dessus. Le projet défini devra être techniquement bien adapté à la réalité de la zone.

De plus, il est indispensable que le projet de réhabilitation soit en accord avec les décisions de la commune et l'organisation des villageois.

Pour cela, le bureau d'études devra :

- étudier et concevoir la réhabilitation des ouvrages (micro-barrage et étang piscicole) en palliant les insuffisances techniques et organisationnelles constatées ;

- étudier et proposer les techniques à mettre en œuvre pour permettre le bon fonctionnement de l'ensemble des ouvrages projetés et de lutter contre le comblement de la retenue par ensablement et envasement.

Outre l'amélioration de la ressource en eau, l'ouvrage défini devra permettre :

- le rehaussement de la nappe phréatique ;
- l'inondation d'une surface au minimum égale à celle prévue lors de la réalisation du barrage ;
- le développement de la pisciculture ;
- l'intensification de la riziculture et du maraîchage dans le bas-fond.

### III- METHODOLOGIE

Pour la réalisation des études techniques, le Bureau d'études a engagé une équipe pluridisciplinaire composée de :

- Un ingénieur génie rural spécialiste dans l'aménagement du bas-fond ;
- Un ingénieur topographe expérimenté dans les études d'aménagements urbains et ruraux ;
- Un ingénieur génie civil spécialiste dans le dimensionnement des structures.

#### 3.1 Réunions de concertation

Des réunions de concertation ont eu lieu au siège de BICED-SARL entre les différents experts sur la méthodologie à adopter pour la bonne réussite de la mission.

#### 3.2 Visites de terrain

Des visites sur le terrain ont été effectuées sur le site pendant que l'ouvrage fonctionnait en plein régime et après le retrait de l'eau. Au cours de ces visites, l'équipe s'est intéressée aux considérations suivantes :

- Aux limites des zones d'intervention réalisées ;
- Les différentes défaillances constatées sur le micro barrage et l'étang piscicole ;
- Les différents équipements existants dans la zone d'étude.

### IV- PRESENTATION DU VILLAGE

La Commune Urbaine de Fatao est située entre le 9°27' et le 9°32' longitude ouest et le 14°12'-14°19' latitude nord dans la région de Kayes, Cercle de Diéma, et à 50 Km de Diéma, chef-lieu de Cercle. Elle comprend 3 villages: Diabira, Mounta-Soninké, Fatao et ses trois hameaux Gourdy, Boulé et Kaïmpo.

#### 4.1 Historique

Le fondateur du village de Fatao nommé Yari GARY, un chasseur légendaire qui mesurait environ 2,54 m dont la tombe se trouve au Sud- Est de la colline de Fatao (lieu de culte où l'on fait des sacrifices). Au cours de ses randonnées, il rencontra Bemba NIAKATE et Sayiné DABO avec qui, il noua des pactes, la chefferie du village est confiée aux NIAKATE, la gestion des terres aux DABO et les prises des décisions aux GARY. Le nom Fatao signifie en Soninké "ENTENTE" (consensus).

Tableau 1 : Distances entre les villages, hameaux et le chef-lieu de la commune.

Villages	Nature	Distance avec le chef-lieu de la commune	Etat des pistes		
			Bon	Passable	Mauvais
Fatao	Central	-			
Mounta Soninké	Périphérique	18 Km		X	
Diabira	Périphérique	20 Km		X	

## 4.2 Traits physiques

### ⇒ Situation géographique

Située au cœur du Kaarta, la commune Urbaine de Fatao est limitée au Nord et à l'Ouest par la commune de Lambidou, à l'Est par la commune de Madiga-Sacko, au Sud par le Cercle de Kita.

### ⇒ Relief

Le relief de la commune urbaine de Fatao est assez accidenté dans ses parties Nord et Sud avec les massifs volcaniques tels que "Tahaganguidé", "Diankaraguidé", "Débénogoguidé", "Sinaniguidé", "Founouguidé", "Tountoubéré", "Diamanguidé", "Kotiéguidé", "Fataoguidé" et "Kourouko".

### ⇒ Climat et végétation

Le climat est de type sahélien avec une alternance de 2 saisons : une saison pluvieuse et une saison sèche. Les formations végétales sont du type de la savane arbustive et boisée. On y rencontre des arbres et des arbustes de 5 à 15 m de hauteur disséminés dans un tapis herbacé très souvent discontinu. La couverture végétale est constituée essentiellement de *penisetum pedicellatum*. La forte diminution de *bombax costatum* ; les pieds morts de *cordyla pinata* sont signes de régression de la végétation.

### ⇒ Réseau hydrographique

Il se compose de cours d'eau alimentés pendant l'hivernage par les eaux de pluie. Les principaux cours d'eau sont : Fatao-Wassa et Bambé qui alimentent l'ouvrage de retenue de Fatao, Goumba-Koulé, Dioncounda-Lambé, Yagarou-Sélibégué, Makan-Khoussé, Grikhou-Wassa, Jinkarlo-Kamaléntéguéda Dorolambé et Mamadji-Lambé, Kotiélambé, Goundolambé.

## 4.3 Traits humains

Population essentiellement composée de Sarakolé, elle connaît une forte migration vers l'Europe, les USA et l'Afrique Centrale. La population migrante est d'un apport considérable dans la réalisation des infrastructures de la commune et la satisfaction des besoins quotidiens.

Tableau 2 : Populations

Villages	Population en hbt	Nombres de migrants	Patronyme dominant	Ethnies		
				1	2	3
Fatao	4 167	600	GARY	Sarakolé	Bambara	Peulh
Mounta Soninké	1 305	200	SISSOKO	Sarakolé	Peulh	Maures
Diabira	813	100	KONTE	Sarakolé		
Total	6 285					

NB : les noms bambara et peulh qu'on rencontre dans la commune sont considérés comme des Sarakolé

## 4.4 Religion

La principale religion de la commune est l'Islam.

Les grandes fêtes dans les villages restent les fêtes religieuses (Ramadan, Mouloud et Tabaski). Les principales manifestations dans les villages sont les cérémonies de mariage et les baptêmes.

## 4.5 Description des secteurs d'activités

### 4-5-1- Economie rurale

L'économie de la Commune de Fatao est basée principalement sur l'agriculture et l'élevage. En dépit de son appellation de commune urbaine, l'agriculture et l'élevage occupent plus de 90% de la population active de Fatao. Tout effort d'aménagement du territoire communal doit tendre vers la création de conditions propices au développement de ces 2 grandes activités et à la

transformation des produits qui en résultent. Les espaces réservés à ces activités sont à protéger et des unités de transformations doivent notamment être créées.

Le développement d'activités d'appoint que sont le maraîchage, le commerce et l'artisanat doit être également encouragé par la création de zones et d'équipements qui leur sont réservés.

#### a) Agriculture

Le volet agricole intéresse les activités hivernales (cultures hivernales) et les activités maraîchères.

Communément appelées cultures sèches, elles sont pratiquées de façon extensive par les producteurs, ce qui a des conséquences néfastes sur l'environnement. Les principales cultures sont : le mil, le sorgho, le maïs, l'arachide, le niébé et le gombo. Ces productions sont destinées majoritairement à la consommation pour satisfaire les besoins quotidiens et peu vendues.

Tableau 3 : Les moyens de production agricole.

Quartier	Nombre d'UPA	Matériels agricoles			Animaux de trait		
		Charrues	Multiculteurs	Charrettes	Bovins	Equins	Asins
Fatao	58	300	-	120	2 000	95	300
Mounta Soninké	46	120	-	100	700	70	100
Diabira	40	50	-	41	400	42	36

Tableau 4 : Données agricoles.

Quartier	Cultures sous pluies			Cultures maraîchères			Cultures de décrue		Problèmes
	1	2	3	1	2	3	1	2	
Fatao	Sorgho	Mil	Arachide	Aubergine	Gombo	Tomate	Tabac	Maïs	Dégâts : causes les sautériaux, criquets et autres insectes... Dégâts des animaux. Dégradation des sols
Mounta Soninké	Sorgho	Maïs	Arachide	Aubergine	Gombo	Tomate			
Diabira	Sorgho	Mil	Arachide	Aubergine	Gombo	Tomate			

Tableau 5 : Productions agricoles.

Spécifications	Superficie emblavée en ha	Rendement en kg	Les principales contraintes	Les potentialités
Sorgho	1 500	900	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La faiblesse et l'irrégularité des pluies ;</li> <li>- les attaques des cultures par les déprédateurs ;</li> <li>- l'insuffisance des terres fertiles ;</li> <li>- l'érosion des sols ;</li> <li>- la coexistence difficile entre agriculteurs et éleveurs ;</li> <li>- la faible exploitation des ressources naturelles et des mares ;</li> <li>- - inexistence de système de conservation et de stockage.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- présence de la chambre d'agriculture ;</li> <li>- stimulation de la création des coopératives ;</li> <li>- les services techniques et autres partenaires (SLACAER, SCN, SLRC, PASAOP, ONG) ;</li> <li>- la position géographique de la commune etc.</li> </ul>
Mil	1 000	800		
Arachide	400	500		
Maïs	600	600		
Riz	5			

## b) Elevage

Tableau 6 : Potentiel et problèmes.

Quartier	Taille du cheptel				Les potentialités	Types de problèmes
	Bovins	Ovins/ Caprins	Asins	Equins		
Fatao	2 000	3 000	300	95	<ul style="list-style-type: none"> <li>- la richesse du pâturage ;</li> <li>- les services techniques et autres partenaires (SLACAER, SCN, SLRC, PASAOP, ONG, Projet etc.) ;</li> <li>- la position géographique de la commune ;</li> <li>- les coopératives et associations ;</li> <li>- les vétérinaires ;</li> <li>- les routes bitumées etc.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- la non matérialisation des couloirs de transhumance ;</li> <li>- les conditions précaires d'abreuvement en saison sèche ; le coût élevé des intrants vétérinaires ;</li> <li>- les vols des animaux ;</li> <li>- les conflits liés à la divagation des animaux et au défrichement anarchique des champs ;</li> <li>- les maladies etc.</li> </ul>
Mounta Soninké	700	400	100	70		
Diabira	400	600	36	42		

## c) Maraîchage

Le maraîchage est très développé dans la commune. Il constitue le soutien incontestable à la promotion de l'autosuffisance alimentaire. Les produits maraîchers et agricoles sont très vendus sur le marché local.

Il fait l'apanage des femmes et des hommes.

Les principaux produits maraîchers sont : la laitue, le chou, la tomate, l'aubergine, les légumes feuilles, la carotte, la pomme de terre, le gombo etc.

Quant aux produits arboricoles, ils sont constitués de la mangue, les goyaves, les grenadines, les papayes etc.

## d) Autres activités

L'artisanat n'est pas développé mais il est pratiqué par des hommes de caste.

Le commerce de denrées de 1<sup>ère</sup> nécessité est tenu par quelques boutiquiers et étalagistes. Il existe une boutique villageoise installée par les ressortissants de Fatao à l'extérieur et 2 boutiques privées.

### 4-5-2- Dynamiques associatives

Tableau 11 : Caractéristiques des Organisations

Dénomination	Type d'organisation	Localisation du siège	Couverture	Activités principales	Nombre d'adhérents	Problèmes
Coopérative des femmes de Fatao	Coopérative	Fatao	Fatao	Maraîchage	Plus de 50	Manque d'intrants et non aménagement du périmètre
Siguidiya	Association	Fatao	Fatao	Aviculture	Plus de 20	Manque d'intrants

### 4-5-3- Equipements et infrastructures

#### a) Equipements

Tableau 12 : Etat des pistes vitales de la commune et distances

Pistes	Distances en Km	Etat			Importance
		Bon	Passable	Mauvais	
Diéma-Fatao	55	17	13	X	Cette piste relie la commune au chef-lieu de cercle

La ville de Fatao est accessible à partir de Kita. Par contre les routes de Fatao vers les autres communes du cercle ne sont praticables qu'en saison sèche.

#### 4.6 Utilisation et gestion actuelle du bas-fond concerne par le projet

Depuis quelque année le bas fond de Fatao fait l'objet de culture de tabac à grande échelle au détriment des périmètres maraîchers. La riziculture occupe aujourd'hui une faible espace avec l'apparition d'une mauvaise herbe appelé rhizome.

Avec les fuites énormes sur le barrage et le manque d'entretien à l'étang piscicole cette dernière n'a jamais fonctionné depuis sa réalisation.

### V- ETAT DES LIEUX DU BARRAGE ET DE L'ETANG PISCICOLE DE FATAO

#### Barrage :

- Fuites d'eau constatées au niveau du corps du déversoir ;
- *Fuites d'eaux constatées sur les fondations du micro barrage ;*
- Fuites énormes entre les batardeaux ;
- Dégradation du bassin de dissipation au droit des pertuis ;
- Absence de contrefort sur l'ensemble du déversoir ;
- Absence de bassin de dissipation sur l'ensemble du déversoir ;
- Erosion régressive constatée après le déversoir ;
- Décrochement de la couche d'arase du déversoir.

#### Etang piscicole :

- Comblement ;
- Dégradation de la clôture;
- Dégradation du canal de liaison entre les deux bassins ;
- Absence de pente au niveau du canal d'améné d'eau.



DES FUITES D'EAU CONSTATEES AU NIVEAU DU CORPS DU DEVERSOIR



LES FUITES D'EAUX CONSTATÉES SUR LES FONDATIONS DU MICRO BARRAGE



DES FUITES ÉNORMES ENTRE LES BATARDEAUX



LA DEGRADATION DU BASSIN DE DISSIPATION AU DROIT DES PERTUIS



ABSENCE DE CONTREFORT ET BASSIN DE DISSIPATION SUR L'ENSEMBLE DU DEVERSOIR



DECROCHEMENT DE LA COUCHE D'ARASE DU DEVERSOIR



COMBLEMENT DE L'ETANG PISCICOLE



DEGRADATION DU CANAL DE LIAISON ENTRE LES DEUX BASSINS

## Constats techniques

### Micro-barrage

- Le comblement progressif du bas fond ;
- Insuffisance de liant entre les agrégats ;
- Absence de contrefort, de bassin de dissipation et de barbacanes ;
- Absence d'enduit sur les parements des murs et la fondation ;
- Absence d'enduit sur certaine partie du mur écran et la fondation.

### Etang piscicole

- Le comblement progressif ;
- La faible pente sur le canal d'amené d'eau.

## VI- PROPOSITION DES SOLUTIONS ENVISAGEABLES

### Micro-barrage

- Stopper les fuites d'eaux constatées sur les murs d'étanchéités par application d'un enduit étanche sur des fuites du mur de barrage et la fondation,
- Vérifier le dimensionnement de la stabilité du déversoir,
- Reprise partiel de contrefort du déversoir et du bassin de dissipation,
- Fixation de l'érosion régressive au droit de pertuis,
- Reprise de l'enrochement après le bassin de dissipation,

### Etang piscicole

- Reprise partiel du canal d'amené et de liaison,

### Comblement bas-fond

- Aménager le bassin versant afin de réduire sensiblement le taux de transport solide.

**PARTIE B :**

**Faisabilité technique d'ouvrages de retenue, de défense  
et de restauration des sols dans la commune urbaine de Fatao**

## I. ÉTUDES TOPOGRAPHIQUES

Les travaux topographiques du bas-fond du village de Fatao (sur le cours d'eau « Fatao ») a pour objectifs :

La réhabilitation du micro barrage et de l'étang piscicole afin que ces aménagement puissent remplir leurs fonctions initialement prévues

*Constituer une réserve en eau, permettant d'améliorer les ressources en eau du village pour la satisfaction de ses besoins domestiques, pastoraux et d'accroître les ressources agricoles et piscicoles qui étaient axées sur :*

- ✓ *le maraîchage,*
- ✓ *la riziculture,*
- ✓ *les cultures de décrue (tabac, maïs, niébé, autres)*
- ✓ *la pisciculture dans les poches d'eau ou étang piscicole*

Pour ce faire, une équipe topo s'est rendue sur le terrain du 10 au 12 décembre 2010. Les travaux de cette équipe se sont déroulés en deux étapes, à savoir les travaux de terrain et les travaux de bureau.

## II. TRAVAUX DE TERRAIN

### 2.1 Méthodologie

Pour l'exécution de ces travaux, le Bureau BICED-SARL a utilisé une paire de GPS différentiel professionnel Magellan Promark3 RTK:

La méthodologie utilisée est celle de la détermination des coordonnées XYZ des points à partir des satellites par poste traitement.

Un des GPS dénommé base est stationné à un point fixe. Ce dernier sert à déterminer de façon continue les coordonnées XYZ de ce point de base à partir des signaux captés des satellites.

Le second GPS (Mobil) fait le déplacement sur les points de détail pour déterminer leurs coordonnées altimétriques et planimétriques à partir des signaux satellitaires.

#### **2-1-1- Mesure des côtes des points**

- Déterminer les coordonnées brutes XYZ des points par mesure directe sur les points avec départ et fermeture sur des points de contrôle préalablement implantés avec une très grande précision.
- Déterminer les coordonnées corrigées XYZ par post traitements (correction) des données brutes à l'aide des informations recueillies de la station de base. Ce traitement se fait à l'aide du logiciel GNS Solution fourni avec les équipements GPS.

#### **2-1-2- Précision des mesures**

Après le post traitement la précision des mesures est la suivante :

- Planimétrie : 0.005 m + 1 ppm
- Altimétrie : 0.01 m + 2 pp m

A Fatao les travaux ont consisté à :

- réaliser une polygonale de ceinture matérialisée par des bornes en béton scellées aux sommets ;
- numéroter les bornes ;
- procéder à des mesures planimétriques et altimétriques de cette polygonale ;
- réaliser un levé tachéométrique et de détails du bas-fond ;

- faire le profil en long de l'axe du lit mineur du bas-fond avec une équidistance de 20 m ;
- réaliser le profil en travers du bas-fond sur l'axe proposé de la digue de retenu avec une équidistance de 10 m.

### III. TRAVAUX DE BUREAU

Pour le site de Fatao les travaux de bureau ont consistés à :

- Saisir et calculer les carnets de terrain à l'ordinateur ;
- Dessin des plans topographiques au 1/2000<sup>ème</sup> avec les courbes de niveau tous les 25 cm ;
- Dessin des différents profils ;
- Etablissement du répertoire des coordonnées X, Y, Z des bornes de la polygonale ;
- Etablissement d'un rapport ;

#### 3.1 Matériels

Le Bureau BICED-SARL a utilisé le matériel suivant pour l'exécution des travaux :

- Des GPS différentiels MAGELLAN Promark3 RTK et accessoires ;
- Un Véhicule 4X4 Toyota Hilux double cabines.

#### 3.2 Personnel

Le Bureau BICED-SARL A utilisé le personnel suivant :

- Un Ingénieur topographe pour la coordination et le traitement des données ;
- Un technicien topographe comme chef de brigade ;
- Deux aides topographes ;
- Un chauffeur ;
- Des manœuvres recrutés localement.

**NB : En amont du micro barrage, il n'existe pas de concession ni d'habitation c'est pourquoi le levé topograpique a été limité à la surface dominé.**

### IV- SONDAGES AU DROIT DES FONDATIONS ET ANALYSE DE L'ETAT DU BARRAGE

Les sondages au droit des fondations ont pour objet de :

- vérifier si les fissures constatées sur les parements ont atteint la fondation de l'ouvrage ;
- vérifier que les vibrations auxquels le micro-barrage était soumis n'ont pas affectés les fondations.

Ils ont consisté en l'ouverture de fosses géotechniques, puits carrés de 0,80 m de côté, creusés jusqu'à la profondeur fini de la fondation. Il a été réalisé au total quatre puits à des endroits où les fuites d'eau étaient énormes (photos ci-dessous).



***Puits N°01 réalisé au droit du déversoir***



***Puits N°02 réalisé au droit du Déversoir***



***Puits N°03 réalisé au droit du déversoir***



***Puits N°04 réalisé au droit du pertuis***

***NB : Au regard de ces puits de sondages, le béton qui a été utilisé pour la confection de la fondation était assez friable par endroit voir même insuffisant pour enrober certain moellon. D'où un enduit fort sera utilisé pour renforcer la fondation et empêcher les fuites.***

L'ingénieur aménagiste a effectué des tournées dans la zone pour prospecter les caractéristiques du bassin versant, ainsi :

- les bas-fonds du bassin ont été analysés (pente, géomorphologie, végétation, occupation) ;
- l'hydrographie du bassin versant (cours d'eau principaux et secondaires, ruisseaux et ravinements etc.) ;
- les carrières (nature, position par rapport au site de l'ouvrage, mode d'extraction etc.).

**NB** : La carrière de moellon a été identifiée à 1,5 Km du Site, le sable et le gravier sont disponibles à 4 Km à l'Est du site du barrage.

## V. ÉTUDE TECHNIQUE DU BASSIN VERSANT

### 5.1 Le bassin versant

Le bassin versant est un ensemble topographique délimité par les lignes de crêtes sur lequel toute précipitation qui tombe doit obligatoirement sortie par une section aval qu'on appelle exutoire.

#### 5-1-1- Délimitation

Elle a été faite sur fond de carte IGN à l'échelle 1/200 000. Elle offre cependant une meilleure lecture des lignes de ruissellement et des lignes de partage des eaux.

#### 5-1-2- Caractéristiques numériques du bassin versant

##### a) Superficie

La superficie du bassin versant de Fatao été calculée par planimétrie (digital planimeter PLACOM). Elle est de :

$$S = 60,67 \text{ km}^2$$

##### b) Le périmètre du bassin

Avec le curvimètre on trouve comme valeur du périmètre

$$P = 36,8 \text{ km}$$

##### c) Indice de forme du bassin versant

Il en existe plusieurs. Ils permettent de comparer les bassins de superficie identique. Coefficient de compacité du bassin (formule de gravelius)

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

$$Kc = 1,33$$

Cette valeur de Kc traduit que le bassin est faiblement allongée.

##### d) 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 :

$$L = (S)^{0,5} * (Kc/1.128) * [1 + (1 - (1.128/Kc)^2)^{0.5}]$$

$$L = 14,05 \text{ km} \quad l = 4,35 \text{ km}$$

##### e) La densité de drainage

$$D_d = L' * S^{-1/2}$$

L' : longueur totale des cours d'eau (réseau hydrographique du bassin versant).

S : superficie du bassin versant  $D_d = 10,2$

##### f) Répartition hypsométrique

f.1- La courbe hypsométrique du bassin versant donnant le pourcentage s de la superficie S du bassin versant située au-dessus d'une altitude donnée H en fonction de

cette altitude H permet d'évaluer Ig. Dans le cas du bassin versant de Fatao la courbe hypsométrique calculer donne le résultat ci - dessous.

**L'indice global de pente est égal :  $I_g (m/km) = 5,69$**

## 5.2 Études hydrologiques

### 5-2-1- Détermination des apports en eau

Elle a pour objectif d'étudier les conditions de remplissage de la réserve d'une part et d'autre part d'estimer la crue contre laquelle il est nécessaire de protéger l'ouvrage.

L'ORSTOM a fait une évaluation des ressources en eau non pérennes du Mali où il a déterminé par mesure hydrométrique ou par reconstitution "utilisation de modèle" les paramètres d'écoulement nécessaires pour le calcul de la lame d'eau et de la crue décennale.

### 5-2-2- Détermination de la crue de projet

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

Dans le cas de notre barrage, nous choisirons le débit de crue décennal (Q10) qui semble raisonnable d'après la plupart des documents traitant des petits barrages pour l'équipement rural en Afrique de l'ouest.

Ne disposant pas de chroniques de mesures hydrométriques importantes dans la zone d'études, nous utiliserons les méthodes spécialement élaborées par le CIEH et l'ORSTOM pour la détermination des crues dans les bassins versants non jaugés d'Afrique.

#### 5-2-2-1- Détermination de la pluie annuelle et maximale journalière

La hauteur d'averse décennale P10 est assimilée à la pluie journalière de même fréquence. Elle peut être déterminée à partir d'ajustements statistiques effectués sur les observations d'un poste de référence. Néanmoins, une approche pratique et suffisamment précise, dans de très nombreux cas, consiste à utiliser les cartes d'isohyètes (figures 3 et 4). Ces documents permettent de déterminer P10 par interpolation linéaire, connaissant la longitude et la latitude du bassin versant.

Une cartographie de précipitation journalière décennale et de précipitation annuelle en Afrique de l'Ouest a été élaborée par CIEH en 1985 (figure 3 et 4)

L'analyse de ces deux figures nous permet de déterminer par interpolation linéaire la valeur de la pluie annuelle et de la pluie maximale journalière de fréquence décennale. Elles sont de : **Pan = 700 mm P10 = 100 mm**

#### 5-2-2-2- Méthode de détermination de la crue de projet

##### a) Méthode ORSTOM

Le coefficient de ruissellement et le temps de base dépendent des caractéristiques physiques du bassin versant en premier lieu et en particulier de la perméabilité du sol.

Le bassin versant du bas-fond de Fatao est très peu boisé avec un taux de couverture de 25% et une pente du terrain relativement forte.

Au regard de l'expérience in situ réalisé dans le bas-fond et les caractéristiques physiques et de la géologie on admet que le bassin versant appartient à la classe R1 des catégories de perméabilité, et de pente  $I_g = 6,05 m/km$

Ceci nous permet de calculer à partir des formules le coefficient de ruissellement, le temps de base et éventuellement le temps de monté.

❑ **Détermination de A<sub>10</sub> (coefficient d'abattement de la pluie journalière décennale)**

Obtenu à partir de la formule :

$$A = 1 - [(161 - 0,042 \cdot \text{Pan}) / 1000 \cdot \text{Log S}]$$

$$\text{Pan} = 700 \text{ mm}$$

$$\text{A10} = 92, 61\%$$

❑ **Détermination de kr<sub>10</sub> (coefficient de ruissellement décennal)**

La pluviométrie moyenne annuelle de la zone du Site est de : **700 mm**

La zone du site est au plein cœur du sahel occidental du Mali.

$$\text{lg} = 5,69 \text{ m/km}$$

classe RI

$$S = 60,67 \text{ km}^2$$

On a  $S > 10 \text{ km}^2$

$$\text{lg} = 3 \text{ m/km}$$

On applique la formule suivante pour déterminer kr<sub>70</sub> et kr<sub>100</sub>

$$kr_{70} = (a / (s+b)) + c$$

Pour lg = 3

$$a = 164$$

b = 17

$$c = 10,5$$

$$\underline{kr_{70.1} = 12,61}$$

Pour lg = 7

$$a = 239$$

$$b = 17,7$$

$$c = 14,5$$

$$kr_{70/lg3} = 12,61$$

$$kr_{70/lg7} = 17,54$$

$$kr_{70/lg5,69} = 15,92$$

**Tableau Pour Kr70**

Caractéristiques		a	b	c
infiltrabilité	lg			
RI	15	329	18,5	16,5
	7	239	17,7	14,5
	3	164	17	10,5

$$\underline{kr_{70.2} = 17,54}$$

Par interpolation linéaire on trouve

Pour lg = 5,69

$$kr_{70} = 12,61 + [(17,54 - 12,61) \cdot (5,69 - 3) / (7 - 3)]$$

$$\underline{kr_{70} = 15,92}$$

On utilise la même formule pour kr<sub>100</sub>

Pour lg = 3

$$a = 250$$

$$b = 20$$

$$c = 12$$

$$\underline{kr_{100} = 15,09}$$

Pour lg = 7

$$a = 300$$

$$b = 20$$

$$c = 15$$

$$Kr_{100/lg3} = 15,09$$

$$Kr_{100/lg7} = 18,71$$

$$Kr_{100/lg5,2} = 17,52$$

**Tableau Pour Kr100**

Caractéristiques		a	b	c
infiltrabilité	lg			
RI	15	421	20,5	17,5
	7	300	20	15
	3	250	20	12

$$\underline{kr_{100} = 18,71}$$

Par interpolation linéaire on trouve

Pour lg = 5,69

$$\underline{kr_{100} = 17,52}$$

$$kr_{100} = 17,52\%$$

$$kr_{70} = 15,92\%$$

$$kr_{10} = 15,92 + [(17,52 - 15,92) \cdot (90 - 70) / (100 - 70)]$$

$$\underline{kr_{10} = 16,98\%}$$

❑ **Détermination de la pluie décennale moyenne ruisselée (Pm10)**

$$Pm_{10} = A_{10} * P_{10}$$

$$Pm_{10} = 92,61 \text{ mm}$$

- **Détermination de lame d'eau ruisselée décennale (Hr10)**

$$Hr_{10} = Pm_{10} * Kr_{10}$$

$$Hr_{10} = 15,72 \text{ mm}$$

- **Détermination du volume d'eau décennal ruisselé (Vr10)**

$$Vr_{10} (m^3) = Hr_{10} * 10^3 * S (km^2)$$

$$Hr_{10} = 15,72 \text{ mm}$$

$$S = 60,67 \text{ km}^2$$

$$Vr_{10} = 953 \text{ 732,4 m}^3$$

- **Calcul du temps de base Tb10**

Le temps de base est déterminé en utilisant l'abaque (fig 16) en annexe du document

On trouve:

$$S=60 / lg = 3 /$$

$$\Rightarrow Tb_{10} = 1350 \text{ mn}$$

$$S=60 / lg = 7 /$$

$$\Rightarrow Tb_{10} = 625 \text{ mn}$$

Par Interpolation linéaire

$$S=60 / lg = 5,69 /$$

$$\Rightarrow Tb_{10} = 1112,56 \text{ mn}$$

$$S=70 / lg = 3 /$$

$$\Rightarrow Tb_{10} = 1400 \text{ mn}$$

$$S=70 / lg = 7 /$$

$$\Rightarrow Tb_{10} = 650 \text{ mn}$$

Par Interpolation linéaire

$$S=70 / lg = 5,69 /$$

$$\Rightarrow Tb_{10} = 1154,37 \text{ mn}$$

Par interpolation logarithmique sur la surface on trouve :

$$Tb_{10} = 625 + (1350 - 625) * [(\log 60,67 - \log 60) / (\log 70 - \log 60)]$$

$$Tb_{10} = 677,22 \text{ mn}$$

- **Détermination du débit moyen de ruissellement décennal**

$$Qm_{10} = Vr_{10} / Tb_{10}$$

$$Qmr_{10} = 23,47 \text{ m}^3/\text{s}$$

- **Détermination du débit maximal de ruissellement décennal**

$$Qr_{10} = \alpha_{10} * Qmr_{10}$$

Le coefficient corrigé check list P219

Le coefficient de pointe  $\alpha_{10} = 2.6$

$$Qr_{10} = 61 \text{ m}^3/\text{s}$$

Constitution ou prise en compte de l'écoulement retardé.

Zone sèche et bassin relativement imperméable.

$$Qret_{10} = (0,03 + 0,06) / 2 * Qr_{10}$$

$$Qret_{10} = 2,7 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$Q_{10} = Qr_{10} + Qret_{10}$$

$$Q_{10} \text{ ORSTOM} = 63,7 \text{ m}^3 / \text{s}$$

**Résumé des résultats des calculs pour la méthode ORSTOM :**

N°	Désignation	Valeurs	Unités	Observations
1	P10	100	mm	
2	A10	92,61	%	
3	Hr10	15,72	mm	
4	Vr10	953 732,4	m <sup>3</sup>	
5	Kr10	16,98	%	
6	Tb10	677,22	mn	
7	Pm10	92,61	mm	
8	Qr10	61	m <sup>3</sup> /s	

9	Qmr10	23,47	m <sup>3</sup> /s	
10	Qret10	2,7	m <sup>3</sup> /s	
<b>11</b>	<b>Q10</b>	<b>63,7</b>	<b>m<sup>3</sup>/s</b>	

### b) Méthode CIEH

L'application de cette méthode pour un bassin versant donné nécessite la détermination de :

- ✓ La pluviométrie moyenne interannuelle du site Pan = 700 mm
- ✓ La superficie S = 60,67 Km<sup>2</sup>
- ✓ L'indice de pente Ig = 5,69m/km
- ✓ Le coefficient de ruissellement décennal Kr10 = 16,98%

Le débit décennal est déterminé avec les abaques ou par application des équations correspondantes aux zones auxquelles appartient le bassin versant de Fatao.

Dans le cadre de notre projet nous avons retenu les équations suivantes pour la détermination de Q10 : n°8 ; 10 ; 11 ; 12 ; 41 et 42

N° de formule	Valeur de Q10	Observations
2	61,77	
8	60,79	
10	32,19	
11	56,86	
12	49,49	
41	51,94	
42	44,50	
44	36,91	
45	40,03	
<b>Moyenne</b>	<b>48,27</b>	

**Q10 CIEH = 48,27m<sup>3</sup> /s**

Le débit initialement utilisé pour le dimensionnement du barrage est de 45m<sup>3</sup>/s.

Estimation du débit des crues observées par les villageois par la formule de Manning-Strickler.  **$Q = K.S.R^{2/3}.i^{1/2}$**

$$V = K.R^{2/3}.i^{1/2}$$

Où V : vitesse moyenne (m/s)

Avec K : étant le coefficient de Strickler du lit (K= 5)

S : section mouillée (S=1535,85m<sup>2</sup>)

R : rayon hydraulique (R= 5,19)

P : périmètre mouillée (P= 295,53m)

i : pente du tronçon de cours d'eau (i=5,69)

$$Q = 42.95 \text{ m}^3/\text{s}$$

### c) Choix du débit de crue du projet

Le choix de ce paramètre important revient à l'ingénieur aménagiste et sera fait en fonction de la sécurité recherchée de l'ouvrage et son coût.

La durée de vie minimale de notre ouvrage étant fixée à 15 ans et les biens qui pourraient être endommagés en cas de rupture du barrage pouvant être considérable,

nous retiendrons la crue décennale moyenne entre ORSTOM, CIEH donc la crue de projet est de :

$$Q_p = 55,98 \text{ m}^3/\text{s}$$

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 3 « objectif – Coût – sécurité »

### 5-2-3- Estimation des besoins en eau et des pertes

L'appréciation des besoins est fonction des différents usages prévus pour la retenue que sont : la riziculture, la recharge de la nappe, le maraîchage et la pisciculture.

#### 5-2-2-1- Les besoins humains

Le projet ne vise pas à un approvisionnement en eau potable de la population. Cependant des prélèvements dans la retenue pour les petits besoins domestiques (vaisselle et lessive etc. ...) sont prévisibles mais négligeables.

#### 5-2-2-2- Les besoins pour la pisciculture

L'étang piscicole est composé de deux bassins qui peuvent accumulés jusqu'à la côte de 280,64m un volume d'eau total de 640,71 m<sup>3</sup>.

#### 5-2-2-3- Besoins agricoles

Les franges de culture et leurs superficies respectives nous ont permis de fixer la superficie de la riziculture à 15,51 ha pendant la saison des pluies et la tabaculture et le maraîchage en contre saison.

Les besoins spécifiques du riz pluvial est estimé à 160 m<sup>3</sup>/j/ha soit un total de **9306 m<sup>3</sup>** durant le cycle végétatif.

En maraîchage et tabaculture les besoins spécifiques sont estimés à 50m<sup>3</sup>/j/ha ; soit un total de 2327 m<sup>3</sup>

#### 5-2-2-4- Estimation des pertes par évaporation et infiltration

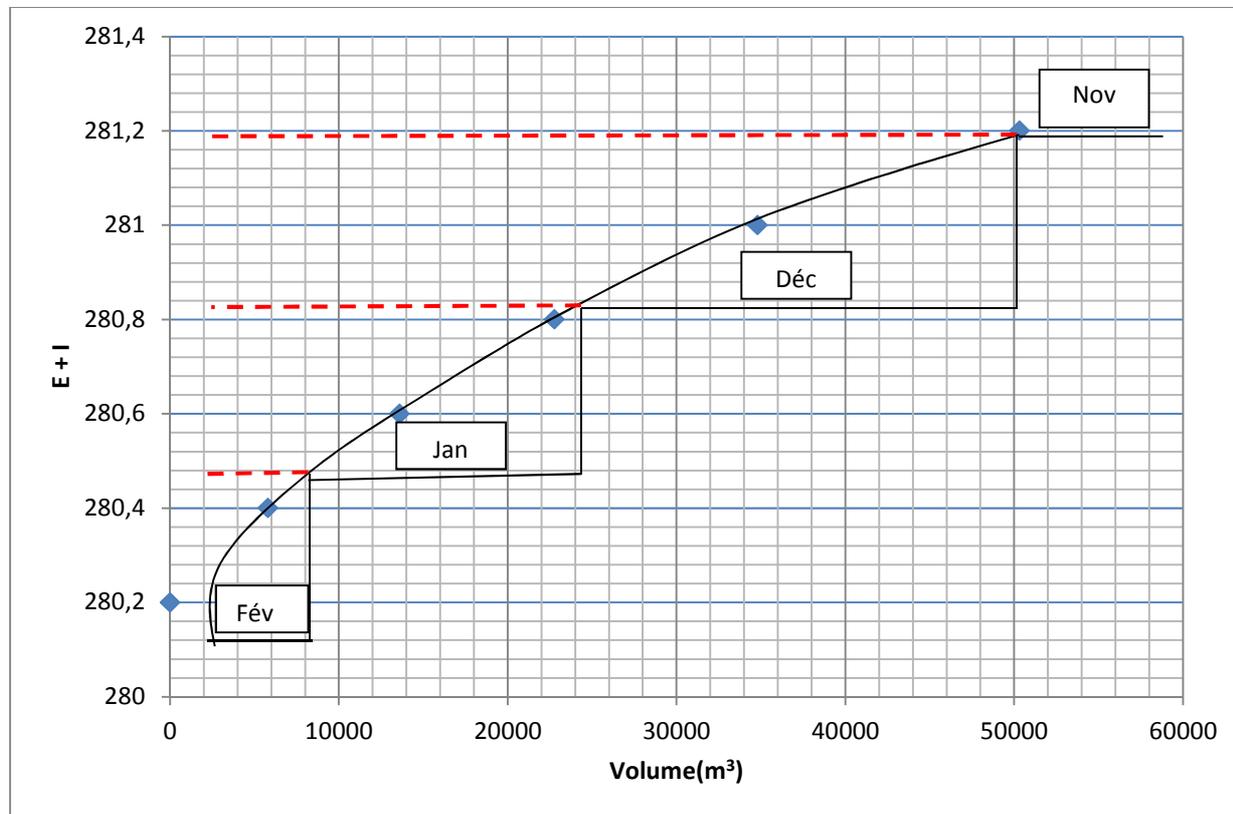
Les pertes par évaporation sont celles fournies par le rapport technique sur une étude d'agro météorologie de l'Afrique sèche au sud du Sahara en Afrique occidentale pour la région de Kayes.

	Evaporation (mm / j)	Evaporation (mm/mois)
J	4.34	134,54
F	4.97	139,16
M	5.98	185,38
A	6.56	196,80
M	6.97	216,07
J	5.93	177,90
J	4.66	144,46
A	3.81	118,11
S	4.15	124,50
O	4.47	138,57
N	4.07	122,10
D	3.91	121,21
<b>Total annuel</b>		<b>1818,80</b>

Les pertes par infiltration sont fonction de la nature du sol en place. Les sondages in situ nous ont permis d'apprécier la nature du sol qui est de limon argileux d'où la perméabilité à une moyenne de 0,9 cm/j, soit 0,27m/mois

L'exploitation de la courbe d'utilisation de la retenue nous a permis de fixer la cote crête de déversoir à 281,2 m.

La courbe d'exploitation de la retenue indique un tarissement de celle-ci pendant le mois de février (Cf. courbe d'exploitation). Nous pouvons donc affirmer que la retenue satisfait les objectifs du projet qui sont : la riziculture, la recharge de la nappe, le maraîchage et la tabaculture. La pisciculture sera assurée pendant les mois d'août, septembre, octobre et novembre.



### 5.3 Les caractéristiques de l'ouvrage retenu

#### 5-3-1- Courbe hauteur -volume (cf. fig. 1)

Tableau d'établissement des courbes "hauteur – surface" et " hauteur – Volume".

Côtes	Surface	Hauteur	Surf. Moy	Volume	Vol.cum
Fonds	0	h	-	-	-
Fonds + h	$S_1$	h	$S_1/2$	$S_1h/2$	$V_1$
Fonds + 2h	$S_2$	h	$(S_1 + S_2)/2$	$(S_1 + S_2)h/2$	$V_2 + V_1$
Fonds + 3h	$S_3$	h	$(S_2 + S_3)/2$	$(S_2 + S_3)h/2$	$V_3 + V_2 + V_1$
Fonds + nh	$S_n$	h	$(S_{n-1} + S_n)/2$	$(S_{n-1} + S_n)h/2 = V_n$	$\sum V_i$

De cette courbe on déduit le volume maximum de la cuvette correspondant à la retenue pleine à la cote **281,2 m**.

$$V_{\max} = 50\,300 \text{ m}^3$$

La cote de la crête du déversoir sera fixée à cette valeur.

Cette courbe permet d'analyser le remplissage de la cuvette d'apprécier l'importance du volume des dépôts solides.

Pour notre cas précis, on peut retenir :

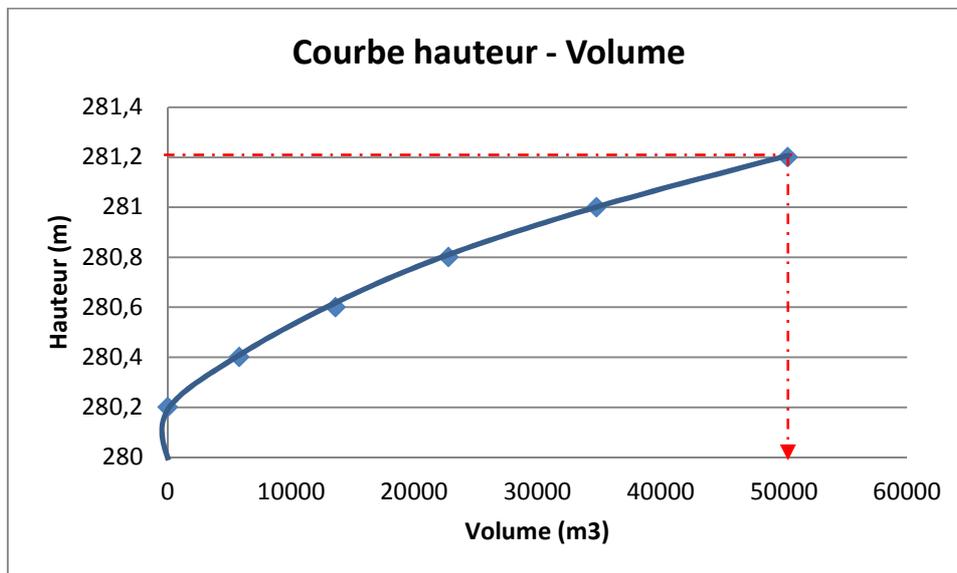


fig. 1 : Courbe hauteur/Volume

**Commentaire :**

De la côte de fond aux côtes 280,4 la cuvette accumule 11,51% de sa capacité avec référence prise à la côte projet (281,2) la cuvette accumule 100% de sa capacité. Cette configuration est un atout pour l'épandage avec un maximum de volume d'eau infiltration.

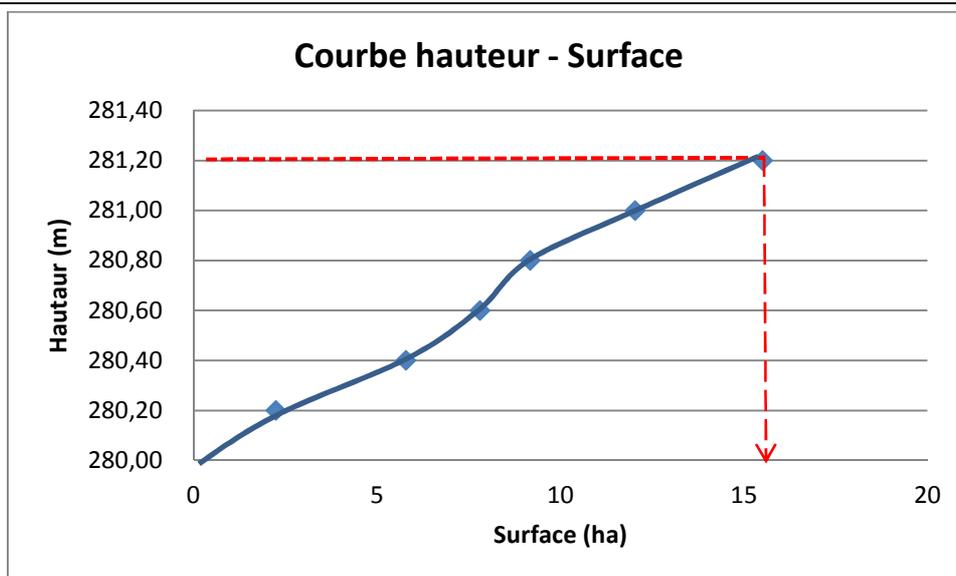


fig. 2 : Courbe hauteur/Surface

C'est une courbe qui permet de faire une analyse croisée entre la côte de calage de l'ouvrage principal et la superficie inondable correspondante.

Pour notre cas cette côte est de : 281,2 m pour une superficie inondable de **15,51 ha**

**Commentaire :**

De la côte de fond à la côte 280,4 la cuvette inonde seulement 37,33% des superficies inondables. Avec référence prise à la côte projet (281,2) elle inonde 100%.

L'épandage profitable à l'infiltration qui est maximale à partir de la côte 280,6 jusqu'à la côte projet (les côtes supérieures).

### 5-3-2- Détermination de la côte de projet

Pour notre cas cette côte est de : 281,2 m pour une superficie inondable de 15,51 ha et un volume de la retenue de : **50 300 m<sup>3</sup>**. A cette côte l'épandage profitable à l'infiltration qui est maximale.

### 5.4 Évaluation du transport solide

De nombreux Hydrauliciens ont cherchés à établir des relations permettant d'estimer le débit solide d'un cours d'eau, à partir de nombreuses mesures en modèle réduit, sur des fleuves et les formules empiriques dans les cas de manque de données sur les cours d'eau.

Ces différentes formules donnent rarement des résultats comparables, car elles ont été établies dans les conditions différentes.

Il n'y a pas de formules universelles de transport solide.

Dans la présente étude nous utiliserons la formule **TIXERONT**.

$$Es = a \times R^{0.15}$$

Es = taux d'abrasion (t/km<sup>2</sup>.an)

R = P<sub>0</sub> - D<sub>m</sub> où P<sub>0</sub> : la pluviométrie moyenne annuelle (mm)

D<sub>m</sub> : le déficit annuel de l'écoulement (mm)

D'après la relation de Turc

$$D_m = P_0 / (0,9 + (P_0 / L^2))^{1/2}$$

Avec L : variable thermique

$$L = 300 + 25t_0 + 0,05t_0^2$$

t<sub>0</sub> : température moyenne annuelle (°C) = 40 °C

S = Superficie du bassin versant (Km<sup>2</sup>) = 60 67 Km<sup>2</sup>

P = Pluviométrie moyenne annuelle = 700 mm

a = 75 pour les bassins à perméabilités moyennement élevées

S(Km <sup>2</sup> )	P <sub>0</sub> (mm)	R	A	Es (t/km <sup>2</sup> .an)
60,67	700	37,71	75	129,27

**Remarque : La valeur du transport solide ainsi obtenu est de l'ordre de 7 842,81 tonnes par an, soit 3 682,07 m<sup>3</sup> ; d'où en absence des mesures antiérosives, on assisterait à un comblement totale de la retenue d'ici quatorze ans.**

### 5.5 Études hydrauliques – génie civil dimensionnement des ouvrages

Fonctionnement hydraulique de la retenue :

Calage du plan d'eau normal (PEN) :

La variable étant la superficie exploitable. Nous obtenons :

Plan d'eau normale (côte crête du déversoir)	PEN = 281,2 m
Volume de la retenue	50 300 m <sup>3</sup>
Superficie inondable	15,51 ha
Hauteur maxi/TN	2 m

Choix du type d'évacuation de crue et de bassin de dissipation :

Critère de choix :

- la sécurité de fonctionnement ;
- les facteurs économiques liés aux coûts de réalisation (disponibilité des matériaux de construction) ;
- les facteurs géologiques, géotechniques et topographiques ;
- la facilité d'entretien ;

- possibilités de modification de l'ouvrage.

Ces critères conduisent aux choix d'un déversoir poids en béton cyclopéen et un bassin de dissipation de type ressaut simple avec l'adoption de matériaux adéquats pour la dissipation de l'énergie.

### **5-5-1- Dimensionnement des ouvrages**

#### 5-5-1-1- Déversoir

Notre choix s'est porté sur le déversoir rectangulaire pour les raisons suivantes :

1/ Raisons techniques :

- disponibilité des matériaux (blocs de roche)
- étanchéité par rapport aux autres types de déversoir

2/ Raison sécuritaire : ce type de déversoir offre plus de sécurité que ceux en gabion

3/ Raison économique : la proximité des zones d'emprunts des matériaux de remplissage induit une économie par rapport au déversoir en béton nécessitant que l'emploi de ciment si les granulats se trouvent sur place.

#### 5-5-1-2- Laminage de la crue

Q<sub>cmax</sub> : crue de projet sans tenir compte de l'effet de laminage car nous nous sommes placés dans l'hypothèse de la survenue de la crue du projet alors que la retenue a été remplie par un épisode pluvieux précédent.

$$Q_{cmax} = m \cdot L_1 \cdot h \cdot (2gh)^{1/2}$$

$$L_1 = Q_{cmax} / m \cdot h \cdot (2gh)^{1/2} = 55,98 / (0,35 \cdot 0,296 \cdot (2 \cdot 10 \cdot 0,296)^{1/2})$$

$$\underline{L_1 \approx 221,85}$$

**NB** : La cote du déversoir étant en fonction du bon fonctionnement de l'étang piscicole, une remise à niveau de la cote du déversoir à 281,2m peut alimenter l'étang piscicole en eau sur une colonne d'eau de 56 cm sans tenir compte de la cote des plus hautes eaux 281,45m. Avec un rehaussement de la cote des murs bajoyers de 281,53m à 281,72 m barrage ce qui semble être juste pour sécuriser l'ouvrage.

#### 5-5-1-3- Ouvrage de protection (Bassin de dissipation)

a) Détermination des dimensions du bassin de dissipation du réservoir

□ **Déterminons la longueur du ressaut.**

Plusieurs formules permettent de déterminer la longueur du ressaut mais la formule la plus utilisée est :

$$L = 6 \cdot (Y_2 - Y_1)$$

$$Y_1 = Y_2 / 2 \cdot [(1 + (8q^2 / g \cdot Y_2^3))^{0.5} - 1]$$

$$q = Q/L \text{ où } q = 0.25 \text{ m}^3/\text{s}/\text{ml}$$

$$\underline{Y_1 = 0.0016 \text{ mL} \approx 3,6\text{m}}$$

□ **Déterminons les pertes d'énergie dans le ressaut.**

$$\Delta E = [(Y_2 - Y_1)^3 / (4 \cdot Y_1 \cdot Y_2)]$$

$$\Delta E = 55.80$$

b) Les murs bajoyers

Sont constitués d'un simple muret en maçonnerie de moellons ayant l'épaisseur de la crête du déversoir et calé à une côte supérieure ou égale à la côte des plus hautes eau (PHE= 281,45 m) plus une revanche de 0,27m. La côte de calage des murs bajoyers est de 281,72m.

c) Ouvrage de régulation ou de vidange

L'ouvrage de vidange sera dimensionné pour assurer la vidange de la retenue en moins de 72 heures.

- Le débit moyen du pertuis peut être approché par :

$$Q_{moy} = m \cdot L \cdot (2 \cdot g)^{0.5} \cdot (H/2)^{3/2}$$

$$m = 0,35$$

$$L = \text{Longueur des batardeaux} = 2 \text{ m}$$

$$Q_{moy} = 1,11 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Le temps de vidange

$$T = V / Q_{moy} \cdot 3600$$

$$T = 12,62 \text{ heures}$$

Elle est constituée de deux pertuis au niveau du lit mineur. Les caractéristiques sont les suivants :

Désignation	Position du pertuis	Dimension du pertuis	Ouvrage de régulation
Pertuis	Profil N°1	120x 100	Batardeau métallique munis de glissières Nombre= 4 Dimension : 120x25cm
Pertuis	Profil N°2	120x 100	Batardeau métallique munis de glissières Nombre= 4 Dimension : 120x25cm

d) Calcul de l'épaisseur des murs bajoyers

Par disposition constructive l'épaisseur du micro barrage est égale 0,5m

e) Largeur de muret de protection

idem d)

$$l = 0,5$$

5-5-1-4- Etude de la stabilité du déversoir

a) La tranchée d'ancrage du déversoir

Pour freiner les phénomènes de renard, il est nécessaire d'ancrer d'une profondeur suffisante le déversoir.

Ce calcul se fait par l'application de la règle de LANE

$$\sum L_v + \sum L_h/3 \geq CH \text{ avec}$$

$L_v$  : longueur verticale

$L_h$  : longueur horizontale

$H$  : la hauteur d'eau en amont du déversoir = 2 m

$C$  : coefficient dépendant de la nature du sol de fondation. Les puits de sondages géotechniques montrent l'existence d'un sol argileux sur l'axe de l'ouvrage.  $C = 2$

D'autre part les formules de empirique nous préconisons un encrage  $p \geq H/3$

AN:

Nous adopterons un ancrage  $p = 1,5$  m qui correspond à la valeur moyenne de la profondeur des fondations après sondage in situ

b) Détermination des forces (Voir annexe)

Calcul des forces sur 1 m du mur

Désignation des forces		Forces (t/ml)	Lv (m)	Lh (m)	Moment T.ml
<b>Poussée de l'eau</b> <b>Pe = 3,98 t/ml</b>	Pe1	0,145		2,25	<b>0,33</b>
	Pe2	4,13	1,26		<b>5,2</b>
<b>Sous-pressions</b> <b>U = 2,19 t/ml</b>	U1	0,75		1,25	<b>3,32</b>
	U2	1,44		1,66	
<b>Poids du déversoir</b> <b>W = 11 t/ml</b>	W1	3,96		2,25	<b>17,4</b>
	W2	2,64		1,00	
	W3	4,40		1,33	

Vérification de la stabilité :

✓ Renversement

$$\frac{\Sigma M_s}{\Sigma M_r} \geq 1,5 = 2,08 > 1,5 \text{ vérifiée}$$

✓ Glissement

$$\frac{\Sigma F_v}{\Sigma F_H} > 1 = 2,16 > 1 \text{ vérifiée}$$

Vérification de la règle du tiers central

$$- \frac{B}{6} < e < \frac{B}{2} \Rightarrow -0,42 \leq 0,22 < 1,25$$

$$e = \left| \frac{\Sigma M}{\Sigma F_v} - \frac{B}{2} \right|$$

**L'équilibre au renversement est donc vérifié**

**NB : Pour la réhabilitation de l'étang piscicole nous avons proposés de démolir une partie le canal d'amené d'eau et le canal de liaison pour les raisons ci-dessous :**

- ✓ Leurs états très vétustes,
- ✓ La superstructure du canal de liaison complètement décollée de la fondation,
- ✓ Un comblement du fond de radier par les dépôts de sédiments.

**Le canal d'amené d'eau sera réhabiliter afin de corriger ces imperfections et le canal de liaison sera réaliser au même endroit.**

## VI - DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

<b>A- MICRO BARRAGE</b>					
<b>N°</b>	<b>Désignation des travaux</b>	<b>U,</b>	<b>Qté</b>	<b>P.U</b>	<b>Montant</b>
<b>I- TRAVAUX PRELIMINAIRES</b>					
1.1	Installation et replis du chantier	ff	1,0	400 000	400 000
1.2	Préparation du terrain et implantation des ouvrages	ff	1,0	400 000	400 000
1.3	Décapage terre végétale emprise des ouvrages (20cm)	m <sup>2</sup>	2 486,5	150	372 978
<b>Sous total 1</b>					<b>1 172 978</b>
<b>II- DÉVERSOIR et BASSIN DE DISSIPATION</b>					
2.1	Déblai en amont de l'ouvrage et du bassin de dissipation	m <sup>3</sup>	772,3	1 250	965 409
2.2	Béton de propreté dosé à 150 kg/m <sup>3</sup> e=10 cm	m <sup>3</sup>	97,5	35 000	3 410 787
2.3	Filtre en gravier calibré e=5cm	m <sup>3</sup>	72,3	8 000	578 678
2.4	Filtre en sable calibré e= 5cm	m <sup>3</sup>	72,3	7 000	506 344
2.5	Béton cyclopéen dosé à 300Kg/m <sup>3</sup> pour le contrefort du déversoir	m <sup>3</sup>	291,75	40 000	11 670 014
2.6	Béton cyclopéen dosé à 300Kg pour bassin de dissipation	m <sup>3</sup>	176,8	40 000	7 072 736
2.7	Enrochement en pierre sèche à l'aval du bassin de dissipation et mur bajoyer	m <sup>3</sup>	133,7	4 000	534 672
2.8	Barbacane en PVC63mm	ml	33,0	2 000	66 000
2.9	Enduit étanche dosé à 350 kg/m <sup>3</sup> sur le corps du déversoir	m <sup>2</sup>	612,6	2 500	1 531 613
2.10	Batardeaux métalliques de 25x110 cm	u	8,0	40 000	320 000
2.11	Échelle limnigraphique a scellé dans un ouvrage en béton	u	1,0	80 000	80 000
2.12	Couche d'arase de 9cm dosé à 300Kg	m <sup>3</sup>	4,0	35 000	140 651
<b>Sous total 2</b>					<b>26 876 904</b>
<b>III- MUR BAJOYER</b>					
3.1	Couche d'arase de 29cm dosé à 300Kg	m <sup>3</sup>	27,8	35 000	972 573
3.2	Enduit étanche	m <sup>2</sup>	463,3	2 500	1 158 142
<b>Sous total 3</b>					<b>2 130 715</b>
<b>Total A</b>					<b>30 180 597</b>
<b>B- ETANG PISCICOLE</b>					
1.1	Curage des bassins de l'étang piscicole et des canaux	m <sup>3</sup>	148,17	1 250	185 216
1.2	Dépose de 10ml de canal d'aménagé	ml	50,90	1 500	76 350
1.3	Dépose du canal de liaison entre les deux bassins	ml	12,03	1 500	18 045
1.4	Béton de propreté pour canal d'aménagé dosé à 150 kg/m <sup>3</sup> e=10 cm	m <sup>3</sup>	2,52	35 000	88 102
1.5	Béton cyclopéen dosé à 300Kg/m <sup>3</sup> pour les canaux	m <sup>3</sup>	18,88	40 000	755 160
1.6	Reprise dalle de couverture en BA dosé à 300Kg/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	1,00	130 000	130 000
1.7	FP Clôture en grillage y compris toutes sujétions	ml	284,57	4 000	1 138 280
1.8	FP Portillon clôture	U	1,00	75 000	75 000
<b>Total B</b>					<b>2 466 153</b>
<b>Total A+B</b>					<b>32 646 749</b>

## VII- LES MESURES DE PROTECTIONS ANTI-EROSIVES :

Dans le cas de l'étude du micro barrage de Fatao nous envisageons de mettre en place une méthode de lutte contre le transport solide qui est :

- ✓ Les barrières en cailloux pour l'ensemble du bassin versant de la Fatao

### 7.1 Les barrières en cailloux

Si le terrain est incliné, même si la pente est très légère, les eaux de ruissellement se concentrent dans les petites dépressions, trouvent un chemin d'écoulement et très vite creusent des petites rigoles qui grandissent dans le temps pour devenir des grandes rigoles puis les ravines.

Pour éviter que la rigole ou le ravine deviennent plus profonde ou plus large, on doit freiner la vitesse d'écoulement dans la rigole par des barrières.

La différence entre rigole et une ravine est surtout sa profondeur. Une rigole à une profondeur de 20 à 50 cm. Nous utilisons le mot ravine si la profondeur dépasse les 50 cm.

#### 7-1-1- Définition

Une barrière en cailloux est une construction de pierre disposées perpendiculairement au tracé d'une rigole ou d'une petite ravine, et débordant légèrement les deux côtés.

#### 7-1-2- Objectifs

L'objectif est de freiner la vitesse d'écoulement de l'eau dans la rigole ou la ravine pour :

- Stopper le processus d'approfondissement et d'élargissement de la rigole ou de la ravine ;
- Permettre la sédimentation en amont de l'ouvrage ;
- Favoriser l'installation d'une végétation dans le cours d'eau.

Au moyen et long terme certaines rigoles peuvent disparaître et d'être cultivées comme le reste du champ.

#### 7-1-3- Moyens

Matériels :

- Charrettes pour transport des cailloux ou
- Brouette pour transport des cailloux ;
- Pioche pour enlever les cailloux ;
- Daba pour matérialiser l'emplacement des cailloux.

Matériaux :

- Cailloux de différentes tailles.

#### 7-1-4- Choix de sites

Toutes les rigoles et ravines peuvent être traitées par des barrières, mais nous commençons avec :

- Les rigoles qui prennent source dans les champs, et
- Les rigoles qui prennent source dans la brousse en amont des champs, puis passent à travers des champs.

La première barrière doit être placée juste à la tête de la rigole (soit dans la brousse ou dans les champs) puis nous descendons pour la deuxième et ainsi de suite.

La barrière doit être en amont d'un tournant, mais jamais en aval à cause d'un fort creusement dans le tournant.

En principe la distance entre deux barrières dépend de la pente du terrain (plus forte la pente, plus rapprochées les barrières)

Dans les champs, spécialement là où les rigoles ne sont pas très importantes on peut utiliser les tiges de coton ou de céréales pour la confection des barrières (voir fiche technique sur barrières en fascines), mais là où le courant d'eau est important nous utilisons toujours des cailloux.

### **7-1-5- Mode de réalisation**

#### 7-1-5-1- Confection

On peut distinguer deux types de barrières en cailloux :

- Barrières simples pour les rigoles (jusqu'à 50 cm de profondeur) ;
- Barrières renforcés pour les rigoles et des ravines plus profondes que 50 à 100cm.

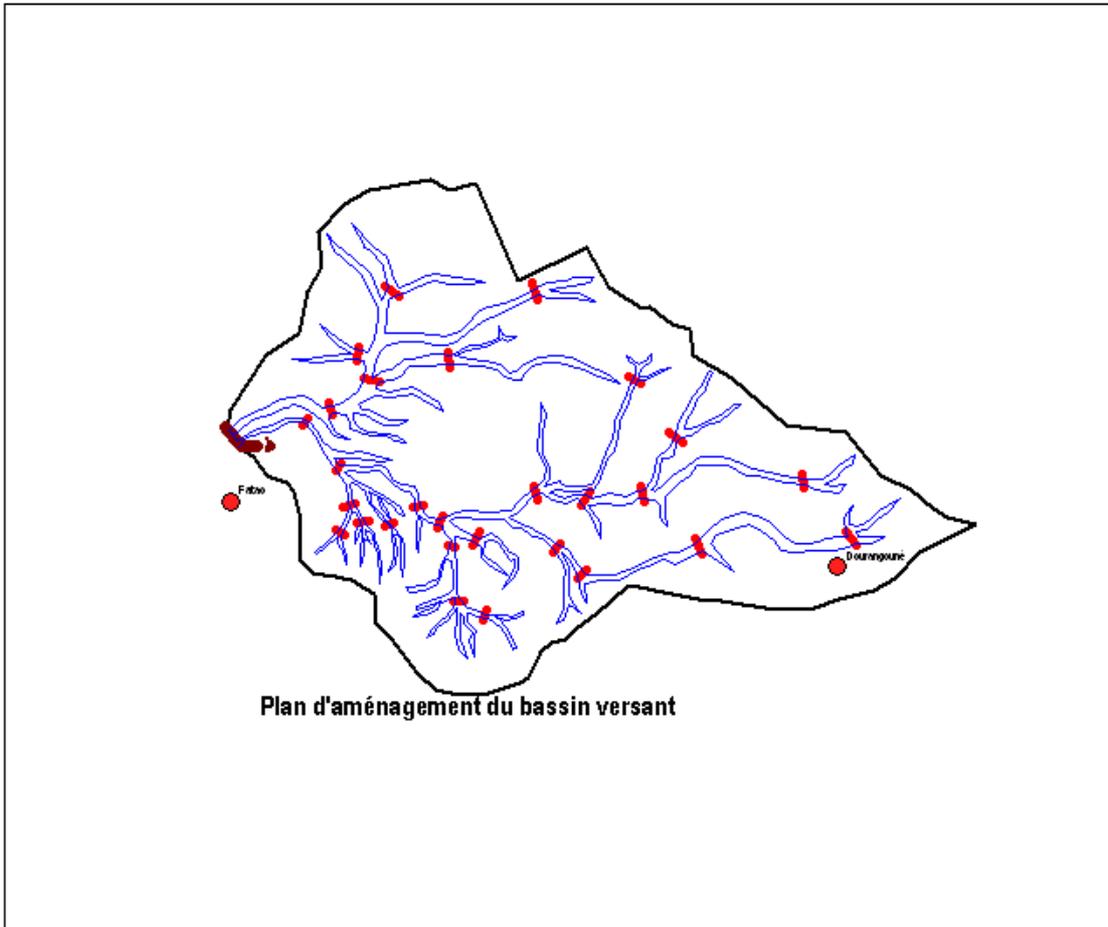
#### a) Confection d'une barrière simple

- On commence en traçant une ligne droite à travers du cours d'eau.
- Les deux bouts de la ligne s'arrêtent là où elles atteignent le niveau de la surface du champ.
- On dégage un petit fossé le long de la ligne jusqu'à une profondeur de 10 cm et une largeur de 30 m, dans lequel seront bien enfoncés de gros cailloux.
- Ensuite on placée une deuxième ligne de moyens et petits cailloux en amont.
- Il faut éviter que toute la rigole soit remplie avec des cailloux.
- La crête doit être horizontale.

#### b) Confection d'une barrière renforcée

- On commence en traçant 2 lignes droites et parallèles à travers du cours d'eau
- La distance entre les deux lignes est de 500 cm.
- Les deux bouts des lignes s'arrêtent là où elles atteignent le niveau de la surface du champ.
- Au deux bouts on trace une ligne droite de 2 m de longueur, légèrement vers l'amont pour des ailes.
- On dégage un fossé le long de la première ligne en amont jusqu'à une profondeur de 20 cm et une largeur de 30 cm dans lequel seront bien enfoncées de gros cailloux.
- On place encore des gros et moyens cailloux en amont de la première ligne.
- On met une autre couche de moyens cailloux en dessous de la première ligne.
- La deuxième ligne en aval soit construite comme une barrière simple.
- L'espace vide entre les deux lignes doit être rempli d'abord avec une couche de petits cailloux et au-dessus une couche de moyens cailloux.
- Tous les cailloux doivent être placés d'une manière stable.
- Boucler les vides entre les gros et moyens cailloux avec des petits cailloux sur les deux lignes aux côtés amont.
- On sécurise les bords des berges entre les 2 lignes.

**7-1-6-Zone concernée par les barrières en cailloux**



## 7.2 DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF DES MESURES DE PROTECTIONS ANTI-EROSIVES

N°	Désignation des travaux	U	Qté	P.U	Montant
	<b>I- TRAVAUX PRELIMINAIRES</b>				
1.1	Installation et replis du chantier	ff	1	1 500 000	1 500 000
	<b>Sous total 1</b>				<b>1 500 000</b>
	<b>II- F/P DE BARRIERES EN CAILLOUX</b>				
2.1	Déblai pour nivellement de l'emprise des barrières en cailloux	m <sup>3</sup>	112	1 250	140 000
2.2	F/P des moellons y compris toute sujétion	m <sup>3</sup>	224	4 000	896 000
2.3	Renforcement des barrières en cailloux par les gabions 0.5X0.5x2	U	145	30 000	4 350 000
	<b>Sous total 2</b>				<b>5 386 000</b>
	<b>Total Général</b>				<b>6 886 000</b>

## VIII- ESTIMATION DU COUT TOTAL DU PROJET

N°	Désignation des travaux	Coûts (FCFA)
I	Travaux de réhabilitation du micro barrage et étang piscicole en entreprise + main d'œuvre valorisée	<b>32 646 749</b>
II	Mesures de protections antiérosives	<b>6 886 000</b>
II	Contrôle et surveillance technique des travaux	<b>3 953 275</b>
	<b>TOTAL</b>	<b>43 486 024</b>

Le coût total du projet s'élève à :

**Quarante-trois millions quatre cent quatre-vingt-six mille vingt-quatre francs CFA (43 486 024F CFA).**

Nioro-du-Sahel, le 27 mars 2012

BICED-SARL

Directeur général

Boureima KOUYATÉ

## **IX- DESCRIPTION ET DISPOSITION DES TRAVAUX**

Les travaux dans le cadre de ce projet seront exécutés avec la participation des bénéficiaires qu'est la population locale.

Ainsi certains travaux que sont le débroussaillage, et les fouilles seront confiés aux exploitants. Les autres à savoir l'exécution des maçonneries et des ouvrages ponctuels seront confiés à l'entreprise.

### **9.1 Les travaux à la charge des populations**

#### ***9-1-1- Les travaux de débroussaillage de l'emprise de l'ouvrage***

Ils consistent à la coupe des arbres arbuste et hautes herbes sur une emprise de 3 m de part et d'autre de l'axe de l'ouvrage et au nettoyage général de cette emprise.

#### ***9-1-2- Les travaux de fouilles en amont de l'ouvrage déversoir, bassin de dissipation et le curage de l'étang piscicole***

Ils consistent à la fouille en amont de l'écran d'étanchéité sur une profondeur moyenne de 1,50 m permettant une application d'un enduit fort dosé à 350 Kg/m<sup>3</sup> sur tous les parements intérieur. Au niveau du bassin de dissipation, ils consisteront à un léger déblai de 60 cm de profondeur sur le reste du déversoir sans bassin de dissipation soit 200,93ml. Pour l'étang piscicole ils consistent à curer les deux bassins sur une profondeur de 20cm ainsi que le canal d'amené. Les déblais seront rassemblés et mise en dépôt bien en aval de l'ouvrage dans un lieu indiqué par la mission de contrôle.

#### ***9-1-3- Le chargement des camions en matériaux***

Ce travail consiste à l'extraction des matériaux et à leur chargement dans les camions bennes. Ces matériaux doivent être de bonne qualité et les différentes carrières (sable, gravier et moellon) doivent être choisies de commun accord avec la mission de contrôle et l'entreprise.

#### ***9-1-4- La fourniture de la main d'œuvre***

Elle consiste en la fourniture quotidienne d'un certain nombre de manœuvre (fonction du besoin du chantier) mis à la disposition de l'entreprise pour les différents travaux. Ces manœuvres sont à la charge de la population.

### **9.2 Les travaux à l'entreprise**

Tous les travaux demandant de la main d'œuvre qualifiée notamment le coffrage, le ferrailage. Ils concernent :

#### ***9-2-1- Le contrefort du déversoir***

Le contrefort du déversoir restant est en maçonnerie de moellon dosé à 300 Kg/m<sup>3</sup>. La pente du talus en amont est nul tandis qu'elle est de 1/1 en aval. L'ensemble du contrefort repose une assise d'ancrage béton cyclopéen dosé également à 300 Kg/m<sup>3</sup> de 1,2m sur 0,61.

#### ***9-2-2- Le bassin de dissipation***

Il est réalisé en maçonnerie de moellons dosé à 300 kg /m<sup>3</sup> et repose sur une couche filtrante constituée d'un mélange de gravier et de sable de 5 cm d'épaisseur chacun. L'extrémité de l'ouvrage est constituée d'un seuil terminal ancré de 50 cm dans le sol. Une couche d'empierrement de 90 cm d'épaisseur, 3m de longueur fait suite au bassin de dissipation. Elle est constituée de pierre de diamètre minimale 18cm. Deux rangées de barbacanes (en PVC DN 63) débouchant sur le lit de sable parcourent le bassin à des intervalles régulier de 1.05 m.

### **9-2-3- Les murs bajoyers**

Ce sont des murs droits en maçonnerie de 80,95 ml sur la rive Droite et 110,69 ml sur la rive gauche qui seront rehaussés de 29 cm sur 50 cm d'épaisseur réalisés en maçonnerie de moellons dosé à 300 kg /m3.

### **9-2-4- L'étang piscicole**

Il s'agit de démolir 10 ml du canal d'aménagé et 12,3ml du canal de liaison. Ces canaux seront en béton cyclopéen dosé à 300 Kg/m3. Les extrémités de ces canaux seront également en béton cyclopéen dosé à 300 Kg/m3.

### **9-2-5- Les mesure anti érosives**

Les barrières en cailloux sont au nombre de 28 répartis sur le bassin versant avec une longueur moyenne de 20ml qui seront ancrés sur une profondeur de 50cm sur 40 cm de Large et 60cm de hauteur par rapport au terrain naturel. Chaque barrière en cailloux serait renforcée sur 10ml en Gabion.

## **X- PROPOSITION DE GESTION ET D'ENTRETIEN DE L'OUVRAGE**

La gestion sera participative ; un comité de suivi et de gestion du barrage sera mis en place et aura en charge la mise en place des batardeaux ; l'entretien des chenaux.

Le réglage des batardeaux se fera en fonction du stade végétatif des cultures. L'entretien des chenaux consiste essentiellement au désherbage et au curage. Une attention particulière sera portée aux empierrements aval, au bassin de dissipation et au corps de l'ouvrage où tout cas de fuite ou de fissure doit être systématiquement signalé et réparé.

Une caisse d'entretien alimentée par les exploitants (sur la vente des produits) pourra être mise en place à cet effet.

## ANNEXES

## ANNEXE 1 : NOTE DE CALCUL

## Études hydrauliques – génie civil dimensionnement des ouvrages

Fonctionnement hydraulique de la retenue :

Calage du plan d'eau normal (PEN) :

La variable étant la superficie exploitable. Nous obtenons :

Plan d'eau normale (côte crête du déversoir)	PEN =281,2 m
Volume de la retenue	50 300 m <sup>3</sup>
Superficie inondable	15,51 ha
Hauteur maxi/TN	2 m

Choix du type d'évacuation de crue et de bassin de dissipation :

Critère de choix :

- la sécurité de fonctionnement ;
- les facteurs économiques liés aux coûts de réalisation (disponibilité des matériaux de construction);
- les facteurs géologiques, géotechniques et topographiques ;
- la facilité d'entretien ;
- possibilités de modification de l'ouvrage.

Ces critères conduisent aux choix d'un déversoir poids en béton cyclopéen et un bassin de dissipation de type ressaut simple avec l'adoption de matériaux adéquat pour la dissipation de l'énergie.

### **Vérification des dimensionnements des ouvrages :**

#### **Déversoir :**

Notre choix s'est porté sur le déversoir rectangulaire pour les raisons suivantes :

. Raisons techniques :

- Disponibilité des matériaux (blocs de roche) ;
- Étanchéité par rapport aux autres types de déversoir ;

. Raison sécuritaire : ce type de déversoir offre plus de sécurité que ceux en gabion ;

. Raison économique la proximité des zones d'emprunts des matériaux de remplissage induit une économie par rapport au déversoir en béton nécessitant que l'emploi de ciment si les granulats se trouvent sur place.

#### **Laminage de la crue**

Q<sub>cmax</sub> : crue de projet sans tenir compte de l'effet de laminage car nous nous sommes placés dans l'hypothèse de la survenue de la crue du projet alors que la retenue a été remplie par un épisode pluvieux précédent.

$$Q_{cmax} = m \cdot L_1 \cdot h \cdot (2gh)^{1/2}$$

$$L_1 = Q_{cmax} / m \cdot h \cdot (2gh)^{1/2} = 55,98 / (0,35 \cdot 0,29 \cdot (2 \cdot 10 \cdot 0,29)^{1/2})$$

$$\underline{L_1 \approx 221,85m}$$

- débit de dimensionnement	Q	=	55,58 m <sup>3</sup> /s
- longueur utile (longueur de déversement)	L	=	221,85 m
- charge maximale	h	=	0,29 m
- largeur en crête		=	50 cm
- hauteur maxi / TN		=	2 m
- talus amont		=	verticale

- talus aval = 1/1
- tranchée d'encrage : profondeur maxi = 1,5 m
- filtre pour éviter la production de sous pression épaisseur 10 cm.

### Ouvrage de protection (Bassin de dissipation) :

#### a- Détermination des dimensions du bassin de dissipation du réservoir

Le bassin de dissipation est du type "Bassin à ressaut"

Il existe plusieurs types de bassin à ressaut selon la valeur du nombre de Froude.

Trouvons le nombre de Froude

Le nombre de Froude est obtenu à partir de certaines dimensions du bassin à ressaut.

De manière pratique pour les valeurs de  $h/H_o$  allant de 0.1 à 0.7 et pour des valeurs de  $Y_n / H_o$  allant de 0.1 à 0.8, on peut déterminer  $D$  à partir de l'abaque **fig 49b** (enfouissement de la fosse de dissipation en fonction de la profondeur du lit avec la pelle et de la hauteur de la lame d'eau au-dessus du seuil) annexé au document.

$$Y_n / H_o = 0,3$$

$$H / H_o = 0,145$$

0,1 < 0.145 < 0,15, correspondant à une courbe se trouvant entre 0,1 et 0,15 sur l'abaque.

$$Y_n = 0,6 \text{ m} = Y_2$$

$$D/H_o = 0,13$$

$$D = 0,26 \text{ m}$$

La profondeur critique  $Y_c = 0.47 \cdot (Q/L)^{2/3}$

$$Y_c = 0.18 \text{ m} < Y_n \text{ d'où l'écoulement est fluvial dans le canal}$$

$$F = V / (g \cdot Y_n)^{0.5}$$

$$V = (2 \cdot g \cdot [0.9 \cdot (H+h) - Y_n])^{0.5}$$

$$V = 5.4 \text{ m/s}$$

$$F = 2.20$$

Si  $1.7 < F < 2.5$  nous nous trouvons dans le cas d'un pré-ressaut.

#### □ Déterminons la longueur du ressaut.

Plusieurs formules permettent de déterminer la longueur du ressaut mais la formule la plus utilisée est :

$$L = 6 \cdot (Y_2 - Y_1)$$

$$Y_1 = Y_2 / 2 \cdot [(1 + (8q^2 / g \cdot Y_2^3))^{0.5} - 1]$$

$$q = Q/L \text{ où } q = 0.25 \text{ m}^3/\text{s}/\text{ml}$$

$$Y_1 = 0.0016 \text{ m}$$

$$L \approx 3,6 \text{ m}$$

#### □ Déterminons les pertes d'énergie dans le ressaut.

$$\Delta E = [(Y_2 - Y_1)^3 / (4 \cdot Y_1 \cdot Y_2)]$$

$$\Delta E = 41.17$$

Cette valeur de l'énergie abrasive des courants est dissipée ; elle garantit un régime fluvial voire laminaire à la sortie du bassin.

Malgré cette disposition sécuritaire de protection de l'ouvrage, la conception prévoit : Un empiérement libre tout le long du bassin.

### b- Ouvrage de régulation ou de vidange :

L'ouvrage de vidange sera dimensionné pour assurer la vidange de la retenue en moins de 72 heures.

- Le débit moyen du pertuis peut être approché par :

$$Q_{\text{moy}} = m \cdot L \cdot (2 \cdot g)^{0.5} \cdot (H/2)^{3/2}$$

$$m = 0,35$$

$$L = \text{Longueur des batardeaux} = 2 \text{ m}$$

$$Q_{\text{moy}} = 1,11 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Le temps de vidange

$$T = V / Q_{\text{moy}} \cdot 3600$$

$$T = 12,62 \text{ heures}$$

Elle est constituée de deux pertuis au niveau du lit mineur. Les caractéristiques sont les suivants :

Désignation	Position du pertuis	Dimension du pertuis	Ouvrage de régulation
Pertuis	Profil N°1	120x 100	Batardeau métallique munis de glissière Nombre= 4 Dimension : 120x25cm
Pertuis	Profil N°2	120x 100	Batardeau métallique munis de glissière Nombre= 4 Dimension : 120x25cm

### c- Calcul de l'épaisseur des murs bajoyers :

Par disposition constructive l'épaisseur du micro barrage est égale 0,5m

### d- Largeur de muret de protection :

idem c)

$$l = 0,5$$

## ÉTUDE DE LA STABILITÉ DU DÉVERSOIR :

### a- La tranchée d'ancrage du déversoir

Pour freiner les phénomènes de renard, il est nécessaire d'ancrer d'une profondeur suffisante le déversoir.

Ce calcul se fait par l'application de la règle de LANE

$$\sum L_v + \sum L_h/3 \geq CH \text{ avec}$$

$L_v$  : longueur verticale

$L_h$  : longueur horizontale

$H$  : la hauteur d'eau en amont du déversoir = 2 m

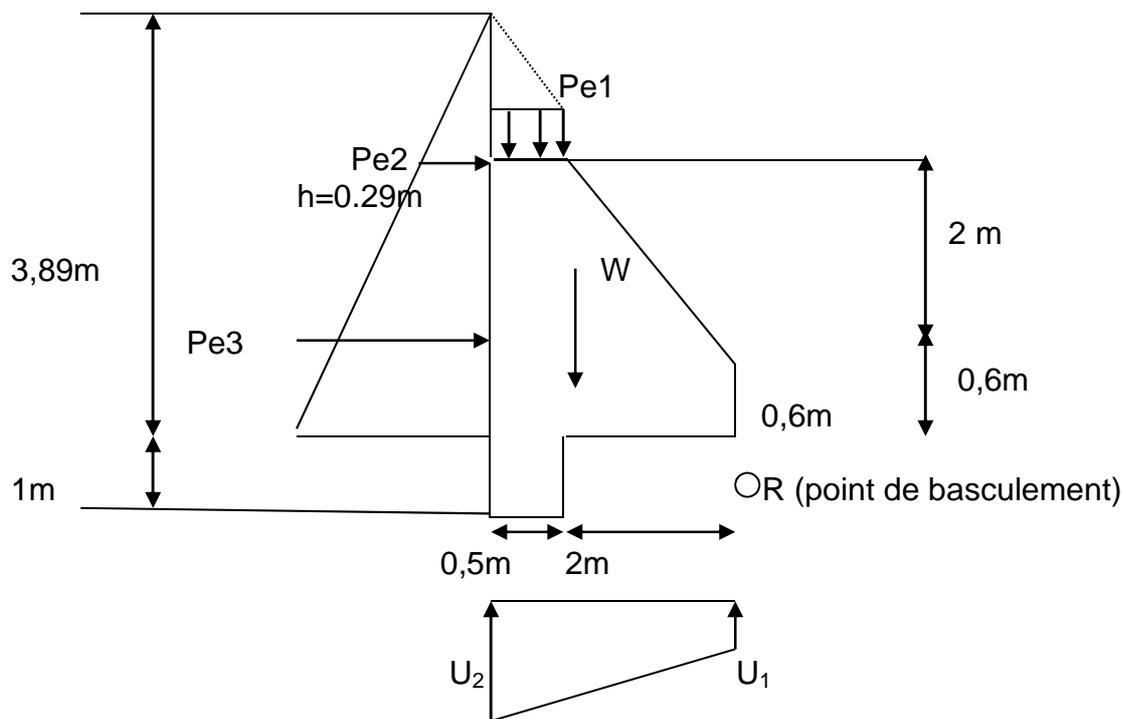
$C$  : coefficient dépendant de la nature du sol de fondation. Les puits de sondages géotechniques montrent l'existence d'un sol argileux sur l'axe de l'ouvrage.  $C = 2$

D'autre part les formules de empirique nous préconisons un encrage  $p \geq H/3$

AN:

Nous adopterons un ancrage  $p = 1,5$  m qui correspond à la valeur moyenne de la profondeur des fondations après sondage in situ

## Détermination des forces



Calcul des forces sur 1 m du mur  
Force verticale

➤ Poids propre :

$$W1 = \delta \times 1 \times S1 \Rightarrow W1 = 2,2 \times 1 \times (3,6 \times 0,5)$$

$$W1 = 3,96 \text{ t/ml}$$

$$W2 = \delta \times 1 \times S2 \Rightarrow W2 = 2,2 \times 1 \times (2 \times 0,6)$$

$$W2 = 2,64 \text{ t/ml}$$

$$W3 = \delta \times 1 \times S3 \Rightarrow W3 = 2,2 \times 1 \times (2 \times 2) / 2$$

$$W3 = 4,4 \text{ t/ml}$$

➤ Poids de la lame déversant

$$Pe1 = \gamma_w \times 1 \times S \Rightarrow Pe1 = 1 \times 1 \times 0,5 \times 0,29$$

$$Pe1 = 0,145 \text{ t/ml}$$

➤ Poussé de l'eau souterraine représenté par U

$$U1 = \gamma_w \times h \times H \Rightarrow U1 = 1 \times 0,29 \times 2,6$$

$$U1 = 0,75 \text{ t/ml}$$

$$U2 = ((\gamma_w \times (h + 2/3(H-h)) - (\gamma_w \times h)) \times H / 2) \Rightarrow U2 = (1,4 - 0,29) \times 2,6 / 2$$

$$U2 = 1,44 \text{ t/ml}$$

➤ Poussée de l'eau

$$Pe2 = \frac{1}{2} \gamma_w (H + 2h) H \Rightarrow Pe2 = \frac{1}{2} \times 1 (2,6 + 2 \times 0,29) \times 2,6$$

$$Pe2 = 4,13 \text{ t/ml}$$

Désignation des forces		Forces (t/ml)	Lv (m)	Lh (m)	Moment T.ml
<b>Poussée de l'eau</b> <b>Pe= 3,98 t/ml</b>	Pe1	0,145		2,25	<b>0,33</b>
	Pe2	4,13	1,26		<b>5,2</b>
<b>Sous-pressions</b>  <b>U = 2,19 t/ml</b>	U1	0,75		1,25	<b>3,32</b>
	U2	1,44		1,66	
<b>Poids du déversoir</b>  <b>W= 11 t/ml</b>	W1	3,96		2,25	<b>17,4</b>
	W2	2,64		1	
	W3	4,4		1,33	

Vérification de la stabilité :

✓ Renversement

$$\frac{\Sigma M_s}{\Sigma M_r} \geq 1,5 = 2,08 > 1,5 \text{ vérifiée}$$

✓ Glissement

$$\frac{\Sigma F_v}{\Sigma F_H} > 1 = 2,16 > 1 \text{ vérifiée}$$

Vérification de la règle du tiers central

$$- \frac{B}{6} < e < \frac{B}{2} \Rightarrow -0,42 \leq 0,22 < 1,25$$

$$e = \left| \frac{\Sigma M}{\Sigma F_v} - \frac{B}{2} \right|$$

**L'équilibre au renversement est donc vérifié.**



## Stocker l'eau : les barrages

### LA PROFONDEUR DU MATELAS D'EAU DANS LA FOSSE

La profondeur de la fosse de dissipation doit être établie afin que :

- \* la cote de la surface de l'eau dans le bassin soit toujours inférieure ou égale à la cote de la surface de l'eau à l'aval de l'évacuateur ;
- \* le matelas d'eau de la fosse soit suffisant pour dissiper l'énergie de l'eau qui chute ;
- \* le niveau du seuil de sortie du bassin soit au même niveau que le perré parafoinille à l'aval.

Pour plus d'efficacité, ce perré est réalisé à la même pente du terrain naturel (environ 6 %) sur une longueur de 10 à 15 mètres (voir figure 49a).

L'estimation de la profondeur est faite à l'aide de l'abaque de la (figure 49b).

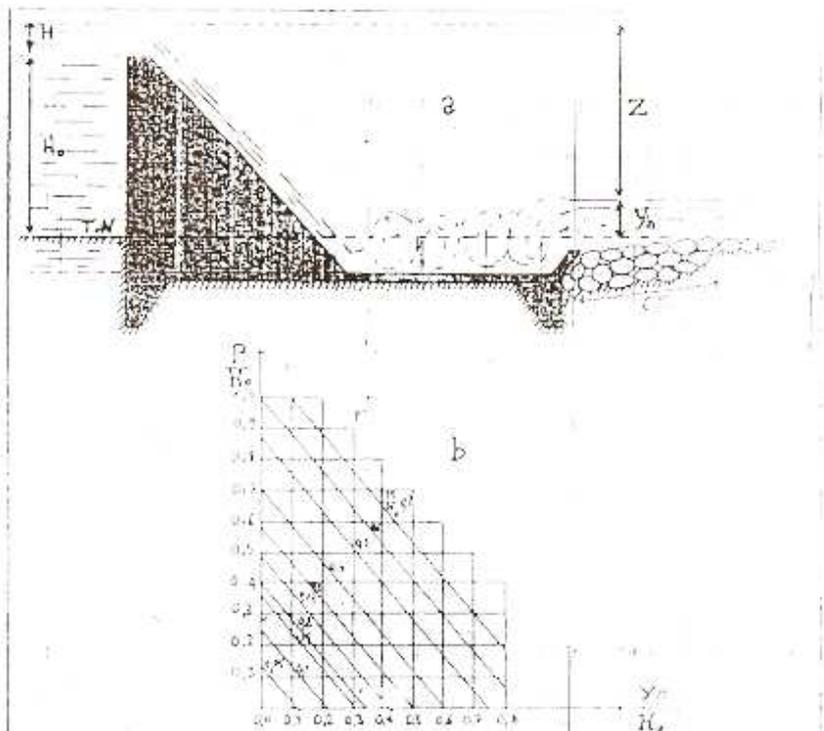


Figure 49 - Détermination de la profondeur de matelas d'eau

$H$  : Hauteur de la lame déversante

$H_0$  : Hauteur du déversoir par rapport au terrain naturel.

$P$  : Profondeur de la fosse

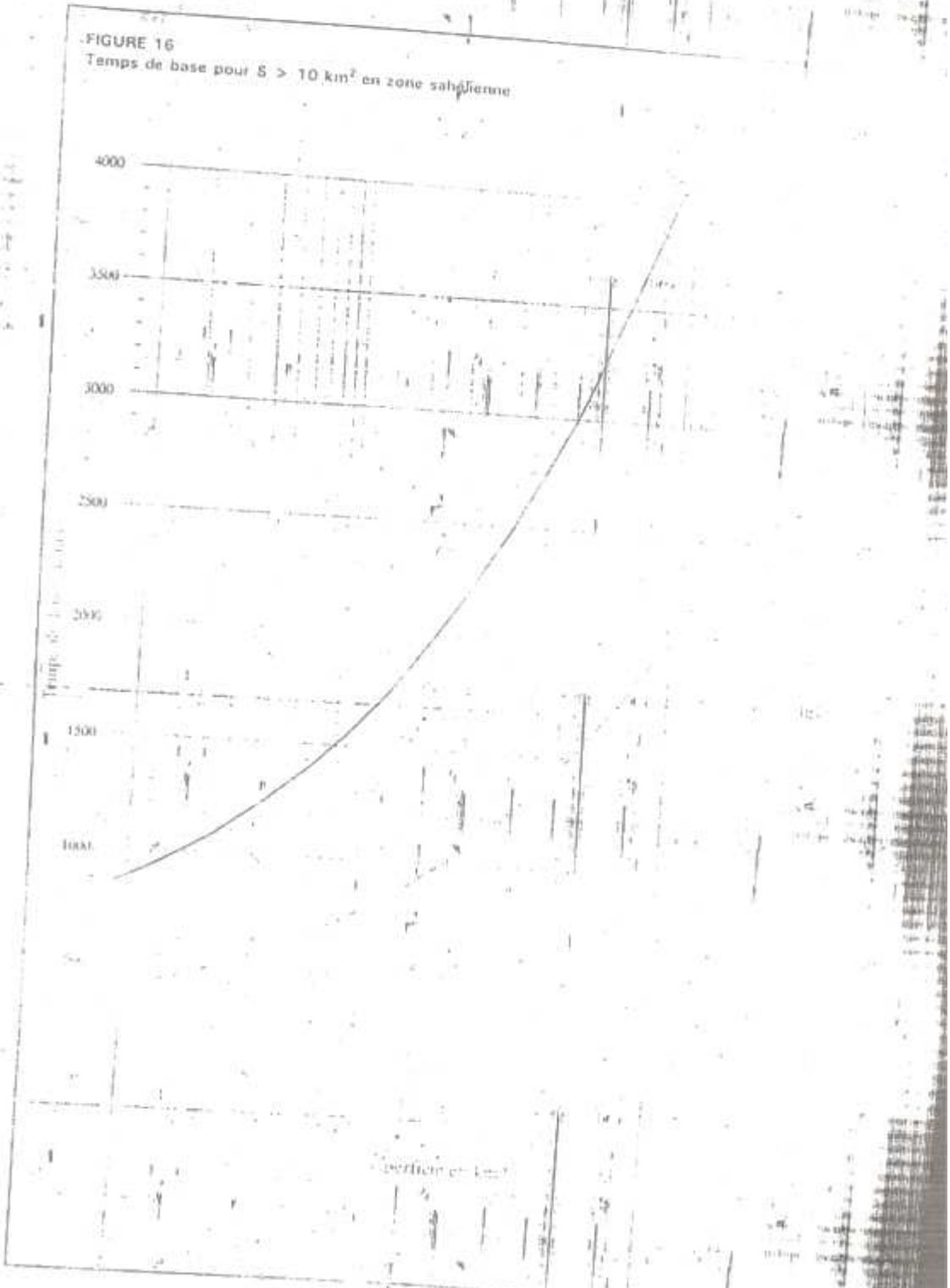
$Y_n$  : Epaisseur de la lame d'eau dans le bassin

(source : quelques aspects de l'hydraulique des barrages - EIER/CIEH)

TABLEAU 11  
Coefficients de l'équation 4.1

N°	Description	Echantillon		Corrélation		Constante	
		n	r	r	a	S	S
<b>DÉCOUPAGE CLIMATIQUE SANS KR10</b>							
avec S et Ig							
1	0-400 mm	71	0.760	0.874	2.83	0.624	0.493
2	400-800 mm	128	0.570	0.755	2.03	0.590	0.518
3	1200-1600 mm	87	0.579	0.761	1.33	0.556	0.497
avec S, Ig et Dd							
4	0-400 mm	33	0.629	0.793	3.43	0.583	0.510
5	400-800 mm	69	0.388	0.773	1.83	0.620	0.610
6	800-1200 mm	87	0.591	0.788	2.01	0.549	0.510
<b>DÉCOUPAGE CLIMATIQUE AVEC KR10</b>							
avec S et KR10							
7	0-400 mm	50	0.758	0.850	0.503	0.658	0.510
8	400-800 mm	116	0.736	0.858	0.461	0.540	0.510
avec S, Ig et KR10							
9	0-400 mm	65	0.847	0.920	0.167	0.745	0.510
10	400-800 mm	116	0.806	0.858	0.0833	0.679	0.510
<b>DÉCOUPAGE POUR LA ZONE Pan &lt; 1000 mm</b>							
Tous les bassins							
11	S, KR10	180	0.718	0.848	0.410	0.524	0.443
12	S, Ig, KR10	176	0.795	0.862	0.005	0.443	0.443
Longitude < 10° Ouest (seulement au Sénégal et en Mauritanie)							
13	S, Ig	21	0.562	0.754	1.78	0.197	0.462
14	S, Ig, PM10	21	0.581	0.762	31.6	0.462	0.462
15	S, Ig, KR10	20	0.700	0.830	0.224	0.540	0.462
16	S, KR10	20	0.645	0.803	0.061	0.375	0.462
Longitude comprise entre 10° Ouest et 10° Est							
17	S, KR10, PM10	117	0.764	0.874	30.2	0.492	0.462
18	S, Ig, KR10	112	0.788	0.881	0.0678	0.462	0.462
Longitude supérieure à 10° Est (seulement au Sénégal et en Mauritanie)							
19	S, PM10	46	0.640	0.804	0.00372	0.505	0.462
20	S, Ig	45	0.645	0.803	0.272	0.326	0.462
21	S, Ig, PM10	45	0.679	0.824	0.00638	0.694	0.462
22	S, KR10	39	0.700	0.877	0.0510	0.523	0.462
23	S, Ig, KR10	39	0.820	0.906	0.124	0.638	0.462
24	S, PM10, KR10	35	0.812	0.893	0.0213	0.719	0.462
<b>DÉCOUPAGE PAR PAYS OU GROUPES DE PAYS</b>							
Afrique de l'Ouest (de 10°E à 10°W)							
25	S, KR10	295	0.621	0.762	1.40	0.442	0.462
26	S, KR10, PM10	295	0.654	0.782	1.40	0.379	0.462
27	S, KR10, Ig	296	0.654	0.782	1.40	0.379	0.462
Afrique centrale							
28	S, KR10	50	0.735	0.858	0.521	0.521	0.462
29	S, KR10, Ig, PM10	49	0.815	0.903	0.591	0.727	0.462
30	S, KR10, Ig	49	0.779	0.882	0.109	0.521	0.462
Sénégal - Mauritanie							
31	S, PM10	40	0.640	0.804	0.00372	0.348	0.462
32	S, KR10	39	0.700	0.877	0.0510	0.462	0.462
33	S, KR10, Ig	39	0.700	0.877	0.0510	0.462	0.462
Soudan - Tchad							
34	S	37	0.712	0.844	0.272	0.462	0.462
35	S, Ig	37	0.712	0.844	0.272	0.462	0.462
36	S, PM10	37	0.712	0.844	0.272	0.462	0.462
37	S, KR10	37	0.712	0.844	0.272	0.462	0.462
38	S, KR10, Ig	37	0.712	0.844	0.272	0.462	0.462
Burkina Faso							
39	S, KR10	61	0.678	0.804	0.411	0.462	0.462
40	S, KR10, Ig	61	0.678	0.804	0.411	0.462	0.462
Burkina Faso - Mali - Niger							
41	S, KR10	132	0.681	0.804	0.411	0.462	0.462
42	S, KR10, Ig	132	0.759	0.862	0.411	0.462	0.462
43	S, A, PM10	132	0.681	0.804	0.411	0.462	0.462
44	S, KR10, PM10	132	0.759	0.862	0.411	0.462	0.462
45	S, Ig, PM10	130	0.681	0.804	0.411	0.462	0.462
Tchad - Nord Cameroun (Pan < 1000 mm)							
46	S, Ig	45	0.638	0.762	0.411	0.462	0.462
47	S, KR10	45	0.638	0.762	0.411	0.462	0.462
48	S, KR10, Ig	45	0.638	0.762	0.411	0.462	0.462

FIGURE 16  
Temps de base pour  $S > 10 \text{ km}^2$  en zone sahélienne



## ANNEXE 2 : Quelques photos du conseil villageois

