

Élaboration d'un plan d'aménagement pour la réalisation de bassins piscicoles au niveau de l'aire aquacole de la zone de BAGRE au BURKINA-FASO



**MÉMOIRE POUR L'OBTENTION DU MASTER EN
INGENIERIE DE L'EAU ET DE L'ENVIRONNEMENT**

OPTION : COLLECTIVITES LOCALES

Présenté et soutenu publiquement le 21 juillet 2015 par :

Romuald Adébayo LATOUNDJI

Travaux dirigés par : Dr Lawani Adjadi MOUNIROU, Enseignant-Chercheur en
hydraulique générale et appliquée à 2iE

Jean-Bosco NANA, Ingénieur en hydraulique à CETRI

Jury d'évaluation du stage :

Président : Dial NIANG

Membres et correcteurs : Amadou KEITA
Boube BASSIROU
Lawani MOUNIROU

Promotion : 2014-2015

REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail, mes sincères remerciements s'adressent à :

- Monsieur **Francis DAMIBA**, Directeur Général du bureau d'études CETRI, pour m'avoir donné l'opportunité d'effectuer ce stage au sein de sa structure. ;
- Mon maitre de stage monsieur **Jean-bosco NANA**, Ingénieur en hydraulique à CETRI, pour sa disponibilité, son encadrement et conseils qui m'ont été très utiles lors la rédaction de mon mémoire ;
- Mon collègue **Tohou Prosper MISSI KYA**, pour sa sympathie et sa disponibilité ;
- Tout le personnel du bureau d'études CETRI particulièrement à monsieur BASSOLE, monsieur KOUAOU, monsieur BONKIAN pour leur conseil et leurs recommandations fondamentales ;
- Monsieur **Lawani A. MOUNIROU**, Docteur en hydraulique, Enseignant-Chercheur à la fondation (2iE) ; mon directeur de mémoire pour ses instructions et qui a su m'orienter tout au long de ce stage et pendant la rédaction de ce mémoire ;
- L'ensemble du corps professoral de la Fondation (2iE), pour leurs sacrifices et enseignements ;
- Toute ma famille à laquelle je renouvèle mes remerciements pour leur soutien continuel ;
- À tous ce qui de près ou de loin ont contribué à la rédaction de ce mémoire.

DEDICACES

Grâce à Dieu, le tout puissant, je dédie ce travail :

- ☞ *À la mémoire de ma très chère mère **PRODJINOTHO Bernadette Véronique**, qui m'a toujours inculquer de son vivant les valeurs indispensables, puisse Dieu t'accorder dans son éternel demeure.*
- ☞ *À mes mères pour leurs prières, conseils et leur soutiens indéfectibles que Dieu vous garde encore longtemps à nos côtés.*
- ☞ *À mon très cher père, **LATOUNDJ I Akotohoto François** pour les sacrifices consentis afin d'assurer l'avenir de ses enfants et qui m'a toujours soutenu ; reçoit ici le fruit d'un parcourt ardu, que Dieu te garde encore longtemps à nos côtés.*
- ☞ *À mes oncles et tantes, pour leurs encouragements sans cesse.*
- ☞ *À mes frères et sœurs qui ont su me porter secours dans les moments les plus difficiles de ma formation, merci infiniment.*
- ☞ *Aux familles **LATOUNDJ I** et **PRODJINOTH O**.*
- ☞ *À tous mes camarades de la promotion, que ce diplôme nous ouvre de meilleurs débouchés dans le monde de l'emploi.*
- ☞ *À tous ceux qui me sont chers et à ceux qui ont contribué à ma Formation.*

RESUME

Le projet traité dans ce mémoire concerne l'élaboration d'un plan d'aménagement de périmètre piscicole initié par la Coopération de Pisciculteurs de Bagré (CO.P.BA).

Sur une superficie totale du site de 28 ha, il est proposé l'emplacement des étangs et de ses ouvrages connexes, après l'exécution des études de base. Le plan d'aménagement du périmètre est composé de (03) trois blocs de 64 étangs au total ; on a un besoin unitaire en eau de 475 m^3 pour les étangs du bloc 1, et un besoin de 1137 m^3 pour les étangs des blocs 2 et 3. Il est prévu des canaux d'alimentation et de vidange ainsi que des bassins de lagunage.

Les canaux d'admission sont de sections géométriques ($30 \times 20 \text{ cm}^2$), les secondaires ($40 \times 40 \text{ cm}^2$) et le canal principal de largeur au radier 90 cm et de hauteur 75 cm.

Les canaux de vidange ont une largeur au radier de 0,50 m et une profondeur respectivement de 1,80 m pour le bloc 1 et 2,00 m pour le bloc 2.

La production de poissons marchands est estimée à 28,40 t/ha/an de poids final 256 g de tilapia du Nil avec la production d'alevins de poids moyen (1-5g) de 72000 pour un cycle de production dans un étang de 400 m^2 .

Le coût global de l'aménagement est évalué à **758.189.379 FCFA (HT/HD)** donc un coût à l'hectare de **26.649.890 FCFA**.

L'analyse économique et financière réalisée sur le projet a permis de trouver une valeur actuelle nette (VAN) positive ce qui permet de dire que le projet est rentable.

Le délai de récupération de l'investissement est d'environ 5 ans.

Mots Clés :

- 1 - Aménagement
- 2 – Bagré
- 3 – Étangs
- 4 – Périmètre piscicole
- 5 - Tilapia du Nil

ABSTRACT

The project treated in this memory relates to the development of a plan of piscicultural installation of perimeter initiated by the Cooperation of Pisciculturists of Bagré (CO.P.BA).

On a total surface of the site, of 28 ha, it is proposed the site of the ponds and its related works, after the execution of the basic studies. The plan of installation of the perimeter is composed of (03) three blocks of 64 ponds on the whole; one has a unit requirement in water for 475 m³ for the ponds for block 1, and a need for 1137 m³ for the ponds of blocks 2 and 3.

It is envisaged canals feeder and draining as well as basins of lagunage. The channels of admission are geometrical sections (30 x 20 cm²), the secondary (40 x 40 cm²) and the principal channel of width to the foundation raft 90 cm and height 75 cm.

The channels of draining have a width with the foundation raft of 0,50 m and a depth respectively of 1,80 m for block 1 and 2,00 m for block 2.

The production of commercial fish is estimated at 28,40 t/ha/an final weight 256g of tilapia of the Nile with the production of alevins of average weight (1-5g) of 72000 for a cycle of production in a pond of 400m².

The total cost of installation is evaluated to **758.189.379 FCFA (HT/HD)** thus a cost per hectare of **26.649.890 FCFA**.

The analysis economic and financial realized on the project made it possible to find a net present value (VAN) positive what makes it possible to say that the project is profitable.

The time of recovery of the investment is approximately 5 years.

Key words:

- 1 - Installation
- 2 - Bagré
- 3 - Ponds
- 4 - Piscicultural perimeter
- 5 - Tilapia of the Nile

LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS

AL	: Argiles Limons
AS	: Argiles Sables
BEPEH	: sols Bruns Eutrophes Peu Évolués Hydromorphes.
COPBA	: Coopérative des Pisciculteurs de Bagré
cg	: Charge graveleuse
CPB	: Numéro de profil pédologique
DN	: Diamètre Nominal
FAO	: Food and Agriculture Organization of the United Nations
GPS	: Global Positioning System
i	: Contrainte d'inondation
INRAN	: Institut National de Recherches Agricoles du Niger.
N2	: Sol définitivement inapte
p	: Contrainte de profondeur
PCD-AEPA	: Plan Communal de Développement d'Approvisionnement en Eau potable et Assainissement
PEP	: Projet d'Élevage Piscicole
PN	: Pression Nominale
RGPH	: Recensement Général de la Population et de l'Habitat
S1	: Sol apte
S2	: Sol moyennement apte
t	: Contrainte de topographie
TDR	: Termes de Référence
VH	: Vertisols Hydromorphes

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS.....	i
DEDICACES	ii
RESUME	iii
ABSTRACT	iv
LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS.....	v
LISTE DES TABLEAUX	8
LISTE DES FIGURES.....	9
INTRODUCTION	10
A. Problématique.....	11
B. Objectif général de l'étude	11
C. Objectifs spécifiques de l'étude.....	11
D. Résultats attendus	11
Partie I : Présentation de la zone d'étude	12
I-1. Caractéristiques du milieu physique	12
I-1.1. Situation géographique du site	12
I-1.2. Données climatiques.....	13
I-1.3. Réseau hydrographique	13
I-1.4. Sols, relief et Géologie	13
I-2. Caractéristiques du milieu humain	14
I-2.1. Aspects sociaux et démographiques	14
I-2.2. Aspects économiques	15
I-2.3. Potentialités et contraintes	16
Partie II : Méthodologie d'études	17
II-1. Démarche générale adoptée.....	17
II-1.1. Phase préparatoire, de collecte et de traitement de données	17
II-1.2. Phase de visite de terrain et de diagnostique	17
II-1.3. Phase de conception de l'aménagement et de rédaction du rapport.....	17
II-1.3.1. Aperçu sur les normes retenues en pisciculture au Burkina-Faso.....	17
II-1.3.2. Études topographiques.....	18
II-1.3.3. Études pédologiques	19
II-1.3.4. Paramètres de bases du dimensionnement et caractéristiques des ouvrages.....	22
II-1.3.5. Dimensionnement hydrauliques des ouvrages du périmètre piscicole.....	24
Partie III : Résultats.....	30
III-1. Les études de base	30
III-1.1. Les études topographiques.....	30
III-1.2. Les études pédologiques.....	30
III-2. Proposition et description du plan d'aménagement du périmètre piscicole .30	
III-3. Calcul hydraulique et dimensionnement des ouvrages.....	32
III-3.1. Les digues.....	32
III-3.2. Les canaux d'admission.....	32
III-3.2.1. Équipements de prises des canaux d'admission	33
III-3.2.2. Caractéristiques des équipements de prises	34

III-3.3.	Les canaux secondaires	35
III-3.3.1.	Équipements pour canaux secondaires	36
III-3.4.	Le canal principal ou d'amenée	37
III-3.5.	Les canaux de vidange	37
III-3.6.	Les dispositifs de régulation (moines)	39
III-3.6.1.	Détermination des caractéristiques des moines	39
III-3.7.	Les bassins de lagunage	41
III-4.	Estimation du coût du projet	41
III-5.	Planification de la production et gestion des fermes piscicoles	43
III-5.1.	Justification du choix de l'espèce d'élevage	43
III-5.2.	Oxygénation des poissons	44
III-5.3.	Technique de production d'alevins en étang de 400m ²	44
III-5.3.1.	Hypothèse de production	44
III-5.3.2.	Organisation et résultats de production	44
III-5.4.	Technique de production de poissons marchands en étang de 800 m ²	46
III-5.4.1.	Hypothèses et vérification de production de poissons marchands	46
III-5.5.	Gestion du périmètre piscicole	46
III-6.	Analyse économique et financière du projet	47
III-6.1.	Détermination du coût de budget du projet	47
III-6.1.1.	Le budget d'investissements du projet	47
III-6.1.2.	Le besoin en fond de roulement (BFR)	48
III-6.2.	Évaluation des amortissements de l'investissement	49
III-6.3.	Estimation du chiffre d'affaires ou du budget de ventes	50
III-6.4.	Compte de résultats prévisionnels	50
III-6.5.	Détermination de la capacité d'auto-financement	51
III-6.6.	Analyse de la rentabilité	52
III-6.6.1.	Valeur actuelle nette (VAN)	52
III-6.6.2.	Délai de récupération du budget	52
III-7.	Notice d'impact environnemental	53
III-7.1.	Identification et évaluation des principaux impacts	53
III-7.1.1.	Identification des impacts	53
III-7.1.2.	Évaluation des impacts	54
III-7.2.	Les mesures d'atténuation, de bonification ou compensation	55
Conclusion		56
RECOMMANDATIONS SUR LE PROJET		57
BIBLIOGRAPHIE		58
NOTE DE CALCUL		59
PLAN ET SCHÉMAS D'AMÉNAGEMENT		1
ANNEXES		2
ANNEXES I : Description de profils des sols du site		3
ANNEXES II: Profils en long des canaux		10

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Coordonnées géographiques du site de l'étude.....	12
Tableau 2: Répartition de la population de la commune par sexe et par tranche d'âge.....	14
Tableau 3: Mesures d'infiltration sur les profils pédologiques	20
Tableau 4: Classes de valeurs d'interprétation des sols.....	21
Tableau 5: Caractéristiques morphologiques des profils de sols du site et leurs aptitudes.....	21
Tableau 6: Vitesses maximales des canaux en fonction des matériaux utilisés.....	23
Tableau 7: Valeurs d'évaporation de la Station de Fada N'Gourma.....	25
Tableau 8:Caractéristiques des digues	32
Tableau 9: Débits de dimensionnement des canaux d'admission.....	32
Tableau 10: Paramètres hydrauliques des canaux d'admission.....	33
Tableau 11: Caractéristiques géométriques retenus pour les canaux d'admission	33
Tableau 12: Caractéristiques des vannettes pour prises des canaux d'admission.....	34
Tableau 13: Calcul du diamètre de prises par tuyaux sur les canaux d'admission.....	34
Tableau 14: Débits d'alimentation des canaux secondaires	35
Tableau 15: Paramètres hydrauliques des canaux secondaires	35
Tableau 16: Caractéristiques géométriques des canaux secondaires	36
Tableau 17: Caractéristiques des vannettes de prise et de sectionnement des canaux secondaires	36
Tableau 18: Débit d'amenée du canal principal	37
Tableau 19: Paramètres hydrauliques du canal principal.....	37
Tableau 20: Caractéristiques géométriques du canal d'amenée	37
Tableau 21: Débits de vidange des étangs	38
Tableau 22: Paramètres hydrauliques des canaux de vidange	38
Tableau 23: Caractéristiques géométriques des canaux de vidange.....	38
Tableau 24: Diamètre des tuyaux de vidange en fonction de la superficie des étangs	39
Tableau 25: Dimensions des moines et tuyaux de vidange pour les étangs de 400 m2.....	40
Tableau 26: Dimensions des moines et tuyaux de vidange pour les étangs de 800m2.....	40
Tableau 27: Caractéristiques géométriques des bassins de lagunage	41
Tableau 28: Devis estimatif du projet	41
Tableau 29: Coût des aliments pour poissons	45
Tableau 30: Coût d'investissements du projet.....	47
Tableau 31: Besoin en fonds de roulement (BFR).....	48
Tableau 32: Amortissements de l'investissement.....	49
Tableau 33: Budget de ventes des produits.....	50
Tableau 34: Compte de résultats prévisionnels.....	50
Tableau 35: Capacité d'auto-financement du projet.....	51
Tableau 36: Capacité d'auto-financement ou Cash-Flow actualisés	52
Tableau 37: Identification des sources et récepteurs d'impacts.....	53
Tableau 38: Matrice d'évaluation des impacts	54
Tableau 39: Mesures d'atténuation et de bonification.....	55
Tableau 40: Caractéristiques géométriques des étangs	60
Tableau 41: Calcul des volumes d'eau et de déblais pour chaque type d'étang	62
Tableau 42: Estimation des besoins en eau pour la production	63
Tableau 43: Devis quantitatif	65
Tableau 44: Estimation du prix d'un moine	70

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Localisation du site de projet	12
Figure 2: Section type d'un canal rectangulaire	22
Figure 3: Section type d'un canal trapézoïdal.....	22
Figure 4: Schéma montrant les parties d'une digue.....	25
Figure 5 : Vue d'un moine avec ses éléments constitutifs.....	28
Figure 6: Plan d'aménagement du périmètre piscicole.....	31
Figure 7: Vue d'un canal d'admission avec ses équipements de fonctionnement	34
Figure 8: Tilapia du Nil (<i>Oreochromis niloticus</i>).....	43

INTRODUCTION

A l'instar des autres pays en développement, le Burkina-Faso est confronté à l'insécurité alimentaire. En effet, selon le profil de pauvreté, 46,7% de la population burkinabè, soit environ 7,5 millions d'habitants, vivent en dessous du seuil minimum acceptable (INSD, 2012). Dans le but de résoudre les problèmes sans cesse croissants liés à la demande en produits halieutiques, le développement de la pêche et de la pisciculture est primordiale ; elles jouent un rôle important dans l'économie occupant des rangs notables aux Produits Intérieurs Bruts (PIB) nationaux (0,3 à 0,8 %).

Face aux sécheresses des années 70, l'État burkinabé a entrepris un vaste programme de maîtrise des eaux de surface, à travers la construction de barrages. Cette modification de l'hydrographie du pays a eu des répercussions notables sur l'évolution des potentiels halieutiques (FAO). L'application d'une politique de contribution significative basée sur la maximisation de la production halieutique, dans la sécurité alimentaire et dans la lutte contre la pauvreté est fondée sur l'optimisation de l'eau, à travers la construction d'infrastructures adéquates en vue de faire du secteur la base des moyens de subsistance des populations.

Fort de cela, et dans le cadre de la concrétisation de l'initiative visant l'aménagement d'un nouveau périmètre piscicole portée par la Coopérative des Pisciculteurs de Bagré (CO.P.BA), il est prévu des études de base confiées au bureau d'études (CETRI).

Ce projet d'aménagement piscicole dont il est question dans ce document vise à l'augmentation des produits halieutiques à travers l'aquaculture qui est devenue aujourd'hui, le secteur de production le plus dynamique au monde, avec 66,6 millions de tonnes de poissons de consommation, d'une valeur totale estimée à 144 milliards de \$ (FAO).

La démarche méthodologique utilisée a débuté par une phase préparatoire et de documentation, une phase de visite de terrain et de diagnostic, pour aboutir à la phase de conception et de rédaction du rapport.

Le document s'articule autour des points essentiels suivants :

- ✚ La problématique ;
- ✚ La présentation de la zone d'étude ;
- ✚ Les résultats obtenus ;
- ✚ L'estimation du coût global du projet ;
- ✚ L'analyse économique et financière du projet.

A. Problématique

L'autosuffisance alimentaire en produits halieutiques est un enjeu majeur pour tous les pays africains en développement. Le Burkina Faso, pays sahélien sans façade maritime enregistre ces dernières années une baisse vertigineuse de la production piscicole de ses principales pêcheries. La production de 2000 tonnes en 1998, passe à 700 tonnes de nos jours dans le lac de Kompienga ; et de 1000 tonnes par an, elle a chuté et pivote entre 600 et 800 tonnes à Bagré selon les statistiques de la Direction Générale des Ressources halieutiques tandis que la consommation nationale croît fortement. La conséquence directe de cette baisse est l'augmentation des importations de poisson, en 2009 qui dépassaient les 28000 tonnes, soit plus de 2,8 milliards de francs CFA, donc l'effondrement du pouvoir d'achat et la dégradation des conditions de vie des acteurs de la filière. En réponse, l'État burkinabè à travers le ministère en charge de la pêche et de l'aquaculture a entrepris une réorganisation de la politique halieutique du pays depuis 2002. Cette réorganisation privilégie l'aquaculture pour accroître la production halieutique nationale qui génèrera des emplois et contribuera à la sécurité alimentaire des populations. Ainsi, pour garantir et atteindre ses objectifs, il y a nécessité, donc de construire et de gérer des périmètres piscicoles afin de contribuer efficacement à l'augmentation des pêcheries et le développement de la filière au niveau de Bagré.

B. Objectif général de l'étude

L'objectif général de l'étude est la contribution à l'augmentation de la production piscicole à travers l'élaboration d'un plan d'aménagement pour la réalisation de bassins piscicoles au niveau de l'aire aquacole de la zone de Bagrépôle.

C. Objectifs spécifiques de l'étude

Les objectifs spécifiques s'énumèrent comme suit :

- ❖ Proposer un plan d'aménagement de l'aire aquacole retenue ;
- ❖ Opter d'un dispositif d'imperméabilisation pour atténuer les infiltrations selon les résultats de l'analyse pédologique fourni par le cabinet CETRI ;
- ❖ Faire les calculs hydrauliques et dimensionner tous les ouvrages du périmètre piscicole de la zone de Bagré, ainsi qu'une évaluation quantitative et estimative de réalisation du projet.

D. Résultats attendus

Au terme de l'étude, les résultats escomptés sont :

- ❖ Les recommandations sont formulées sur les types de sols rencontrés selon les études pédologiques ;
- ❖ Le plan d'aménagement de l'aire aquacole de Bagré est élaboré ;
- ❖ Une évaluation économique et environnementale du projet est effectuée.

PARTIE I : PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

I-1. Caractéristiques du milieu physique

I-1.1. Situation géographique du site

La commune de Bagré est située au Centre-Est du Burkina-Faso. Elle est à environ 45 km de Tenkodogo, chef-lieu de la région du Centre-Est et de la province du Boulgou ; à 250 km de Ouagadougou suivant l'axe Ouagadougou-Koupéla (nationale N°4) - Tenkodogo – Bittou (nationale N°16) ; à 30 et 50 km respectivement des frontières du Ghana et du Togo. Le site du projet est situé à l'aval en rive droite du grand barrage de Bagré à proximité des infrastructures aquacoles mises en place dans le cadre du Projet d'Élevage Piscicole (PEP), fruit de la coopération entre le Burkina Faso et la République de Chine Taiwan, ses coordonnées géographiques sont les suivantes :

Tableau 1: Coordonnées géographiques du site de l'étude

Latitude	Longitude	Point de repère
11° 9' 41,53'' N	4° 20' 11,12'' W	Centre du site

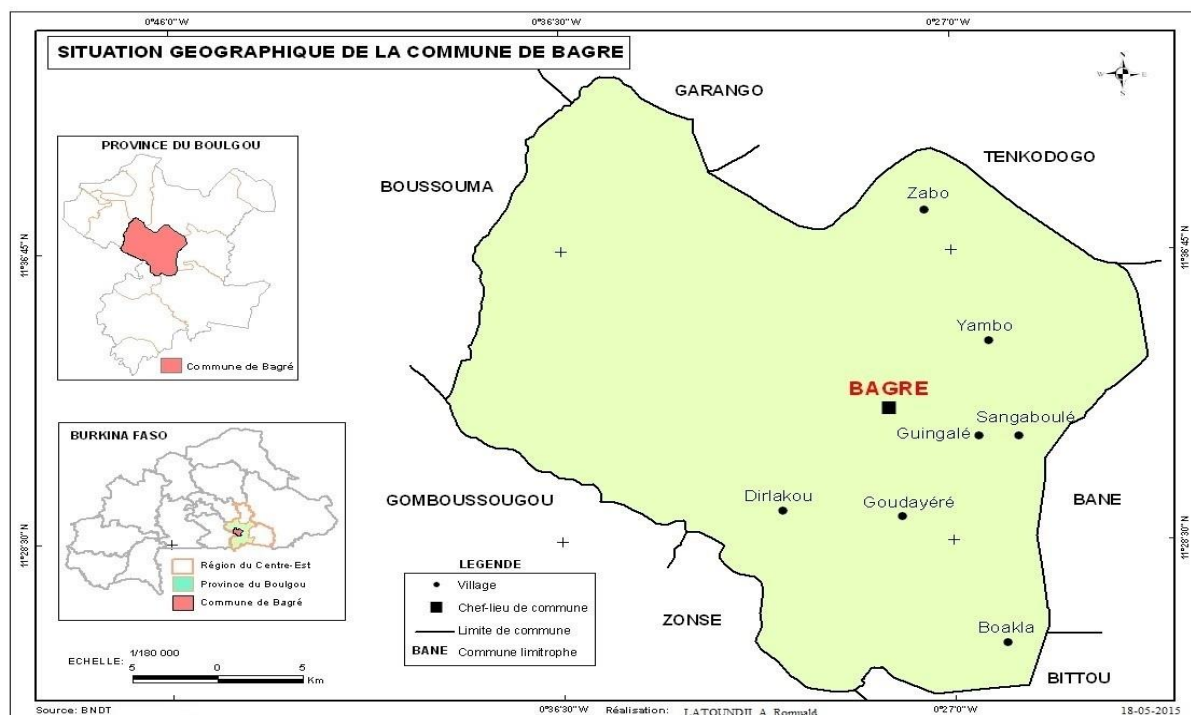


Figure 1: Localisation du site de projet

I-1.2. Données climatiques

La zone du projet est soumise à un climat tropical de type nord-soudanien avec une pluviométrie répartie de façon irrégulière diminuant du Sud vers le Nord de la fourchette des isohyètes 800 à 900 mm à 700 – 800 mm. Elle est caractérisée par l'alternance de deux saisons, une longue saison sèche de novembre à mai influencée par un flux d'air sec et chaud d'harmattan et une courte saison humide de juin à octobre influencée par les vents de la mousson du Sud-Ouest. Les vitesses de vent oscillent entre 0,8m/s à 28 m/s avec une température minimum de 16,8°C observée entre décembre-janvier et un maximum de 39,6°C en avril. La température moyenne annuelle est de l'ordre de 28°C.

Les pertes par évaporation atteignent des valeurs très élevées se situant entre 2600 mm et 3000 mm par an d'après (M. FAYE, 2011).

I-1.3. Réseau hydrographique

La zone du projet est dans un bassin versant de 41000 km² que draine le fleuve du Nakanbé. Il prend sa source à l'Est de Ouahigouya, dans une région qui reçoit 500 mm à 600 mm d'eau par an, et ne coule que pendant la saison des pluies. Celui-ci est le collecteur principal de nombreux bras qui forment des chapelets de mares constituant des réserves d'eau, pendant un certain temps, en saison sèche pour le bétail. En effet les cours d'eau affluents sont peu profonds et s'assèchent pour la plupart entre décembre et février.

La zone est totalement artificialisée en raison de la présence en nombre de réservoirs (Loumbila, Ziga, Mogtéo, Bagré) et où les activités d'orpaillage connaissent un essor. L'analyse de la qualité des eaux du barrage de Bagré indique que les eaux du barrage sont oligotrophes (pauvres en éléments nutritifs) à mésotrophes (riches en nutriments), relativement bien minéralisées, présentant un niveau d'acidité proche de la neutralité. À l'exception des matières en suspension, les paramètres de qualité des eaux mesurés sont conformes aux normes fixées par la réglementation nationale.

I-1.4. Sols, relief et Géologie

La commune de Bagré présente un relief en pente douce accidenté tout comme la zone du projet marqué par des ravinements à l'exception de la vallée principale forée par le lit du fleuve Nakanbé. L'ensemble du territoire communal présente un modèle très légèrement ondulé, dominé par des reliefs résiduels rocheux dégradés par l'érosion.

Les sols de la zone de projet sont généralement pauvres en matière organique, en azote total, en phosphore assimilable et en potassium disponible. Ils sont faiblement saturés (taux de saturation $\leq 30\%$) avec un pH fortement acide (pH 5,2). L'analyse de la qualité des sols de 2014 a montré la présence à l'état de traces de métaux lourds de toxicité reconnue comme le chrome, le plomb et l'arsenic dans les échantillons.

Il ressort de la revue de « l'étude morphopédologique de la province du Boulgou » (BUNASOLS, 1989) que les sols rencontrés dans la zone de Bagré sont regroupés en (03) grandes classes :

- Les sols ferrugineux tropicaux lessivés : ils représentent 25% des sols de glacis et ont une texture sableuse ou limoneuse en surface, argileuse et imperméable en profondeur ;
- Les sols minéraux bruts et les sols peu évolués d'apport alluvial : Ils sont généralement qualifiés de sols sableux, de sols sablo–limoneux ou sablo – argileux ;
- Les sols brunifiés, hydromorphes et vertiques : Ces sols résultent de l'altération de certaines roches notamment des argiles gonflantes du type montmorillonite, ils présentent une plus grande capacité de rétention et se situent dans les vallons.

I-2. Caractéristiques du milieu humain

I-2.1. Aspects sociaux et démographiques

Selon le recensement général de la population de 2006, concernant 08 villages (RGPH, 2006), la population de la commune de Bagré est estimée à 29 164 habitants dont 14 011 hommes et 15 153 femmes pour un total de 4625 ménages comme le présente le tableau ci-dessous :

Tableau 2: Répartition de la population de la commune par sexe et par tranche d'âge

Villages	Nombre de Ménages	Population résidente				Repartition par tranche d'âge			
		Hommes	Femmes	Total	% Femmes	0-14 ans	15-64 ans	65 ans ou +	Age N.D
Bagré	711	2330	2663	4993	53.33	2473	2295	179	46
Boakla	307	993	1176	2169	54.22	1118	988	45	18
Dirlakou	2069	5813	5574	11387	48.95	5480	5696	166	45
Goudayere	103	333	339	672	50.45	329	319	14	10
Guingale	186	568	598	1166	51.29	549	553	36	28
Sangaboule	209	781	846	1627	52	875	690	57	5
Yambo	585	1755	2177	3932	55.37	2041	1725	163	3
Zabo	455	1438	1780	3218	55.31	1699	1393	109	17
Total	4625	14011	15153	29164	51.96	14564	13659	769	172

Selon les données du tableau ci-dessus, on note la jeunesse de la population ce qui constitue un potentiel en termes de main d'œuvre pour la commune et donc un défi en termes d'emplois, de formations, d'organisation, de santé etc. Le recensement de 2006 nous montre que la tranche des moins de 15 ans représente 49,94% de la population, la tranche de 15 à 64 ans représente 46,84%. Celle du troisième âge c'est à dire 65ans ou plus est estimé à 2,64% et celle dont l'âge n'est pas déclaré est de 0,59%. En 2012, selon le Plan Communal de Développement sectoriel de l'Approvisionnement en Eau Potable et Assainissement (PCD-AEPA) cette population était estimée à 39.011 personnes avec un taux de croissance de 3,63% et pourrait atteindre 49.713 habitants en 2017 pour un taux de croissance de 1,47%. Retenons une moyenne annuelle du taux de croissance de 2,5%.

Les principales ethnies de la zone du projet sont : les bissas qui font 71,14%, les mossis 18,74%, les peulhs estimé à 8% et d'ethnies minoritaires. Du point de vue religieux, on distingue (04) quatre principales religions à savoir : les religions traditionnelles, le catholicisme, le protestantisme et la religion musulmane.

I-2.2. Aspects économiques

Les principales activités économiques de la zone du projet sont : l'agriculture, l'élevage, la pêche dont le principal support est le grand barrage de Bagré, le petit commerce et l'artisanat. L'agriculture constitue la principale activité de la commune et répond à environ 85% des besoins de la population. Elle est pratiquée toute l'année avec pour spéculations le mil, le sorgho, le maïs et le riz. Toutefois, on y pratique des cultures intermédiaires et de rente comme l'arachide, le coton, le sésame, le manioc et les cultures maraîchères (oignons, pastèques) qui constituent les principales cultures commerciales.

Quant à l'élevage, Il contribue de façon notable à l'amélioration de la production agricole par l'apport de fumier et la culture attelée ainsi qu'à l'amélioration des revenus en servant d'épargne. Les bovins, les ovins, les caprins, les porcins et la volaille sont les plus élevés par les Peuhls et quelques Mossis et sont en important transit vers les pays voisins.

La pratique de la pêche était très peu développée avant la construction du barrage de Bagré. Néanmoins, la pêche a pris son envol avec Bagré à partir de 1994. Ainsi cette activité occupe beaucoup de jeunes (environ 500 pêcheurs, 300 transformatrices et 20 mareyeurs) dans la

zone, même si elle est parfois occasionnelle faute de techniques qui est toujours artisanale et d'équipements adéquats.

Le commerce concerne les produits manufacturés, maraîchers et les bovins qui sont importés où exportés dans les marchés des pays voisins. Le petit commerce qui concerne la petite restauration, la vente de produits agricoles, la vente du poisson transformé est également pratiquée.

L'artisanat est un secteur qui n'est pas assez développé sans doute en raison de l'étroitesse du marché. Cependant on rencontre des forgerons produisant du matériel agricole et bien d'autres évoluant dans l'artisanat alimentaire, l'artisanat de textile, l'artisanat de service, l'artisanat utilitaire, l'artisanat du bois, etc.

I-2.3. Potentialités et contraintes

Du point de vue démographique, l'on remarque une dominance de la population féminine activement engagée dans les activités de valorisation et de transformation, comme le fumage et la salaison des espèces de poisson tel quel le carpe, le silure. Cependant les techniques sont inappropriées, ce qui constitue un frein pour les activités de transformation. Il y a donc lieu de former les femmes sur les techniques modernes de valorisation du poisson. Dans la zone du projet d'élevage piscicole qui se pratique depuis quelques années, on dispose d'un centre qui assure la formation de techniciens en aquaculture de façon générale mais surtout en pisciculture qui assurent les semences (culture d'alevins) sur place destinées à l'élevage. Les alevins bénéficient pour leur croissance d'aliments propres fabriqués sur les lieux. De nombreuses opportunités s'ouvrent à l'agriculture comme la présence de bas-fonds aménageables et de sols fertiles, les difficultés qui peuvent être rencontrées sont : le manque de technicité agricole des producteurs, faible niveaux d'équipements et mise en valeur insuffisante des terres.

Le secteur de l'artisanat dispose de potentialités telles que la diversité des produits, la disponibilité de matières premières (produits de la biomasse, produits de cueillette, etc.). Au titre des contraintes rencontrées au niveau de l'artisanat on note le manque de fonds de roulement, le faible niveau de formation des acteurs, le faible niveau d'équipements, la faible compétitivité des produits, etc.

PARTIE II : MÉTHODOLOGIE D'ÉTUDES

II-1. Démarche générale adoptée

II-1.1. Phase préparatoire, de collecte et de traitement de données

Cette phase consiste à s'imprégner du thème donc à l'analyse et à la compréhension des termes de référence, l'élaboration des outils d'enquêtes pour le terrain. Il a été fait pour l'atteinte des objectifs une collecte d'informations des données liées à la zone de l'étude. Ces données sont notamment physiques (végétation, sols, relief etc...) recueillies des rapports techniques de la zone concernée. Afin d'apporter des résolutions à la problématique et aux attentes du projet, il a été nécessaire de faire une recherche documentaire sur internet, et à consulter quelques cours liés au thème.

II-1.2. Phase de visite de terrain et de diagnostique

Cette phase nous a permis de faire un lien avec les informations obtenues à la phase préparatoire, de faire un point sur les réalités et les obstacles visibles sur le site. En vue d'opter pour de bons choix techniques, des centres d'intérêt ont été portés sur les réalisations, les difficultés et leçons apprises de la mise en œuvre du Projet de coopération d'Élevage Piscicole (PEP), spécialement le comportement des bassins six ans après leur réalisation, les productions réalisées jusqu'en 2013, les prix d'acquisition des alevins et aliments, les moyens pour réaliser la production potentielle de semences piscicoles.

II-1.3. Phase de conception de l'aménagement et de rédaction du rapport

II-1.3.1. Aperçu sur les normes retenues en pisciculture au Burkina-Faso

Avant la conception d'un périmètre aquacole, un certain nombre de conditions sont à respecter. Il s'agit de :

- La disponibilité de façon permanente d'une ressource en eau suffisante de bonne qualité, afin de maintenir constant le niveau d'eau dans les étangs depuis la période de production jusqu'à la récolte des poissons (4 à 6 mois). Les sources d'eau les plus utilisées sont les eaux de surface (barrages, les lacs, les mares, les fleuves et rivières, etc.);

- Le choix de la disposition des étangs de manière à ce qu'ils soient dominés et alimentés de façon gravitaire par des canaux à partir d'une source afin d'amoindrir le coût de d'aménagement ;
- Pour des raisons économiques et de fonctionnalité, un choix judicieux du site est indispensable, il faut vérifier si les sols du site sont imperméables c'est-à-dire contenant assez d'argile pour limiter les pertes d'eau par infiltration car les étangs peuvent être non revêtues ;
- La disponibilité et la possibilité d'approvisionner la station régulièrement en aliments (site accessible, proximité de centres de production ou de vente des aliments) ou prévoir l'installation d'une unité de production d'aliments pour le projet ;
- La proximité d'un exutoire afin d'évacuer les eaux provenant de la vidange des étangs ; il est nécessaire de disposer d'un terrain avec une topographie favorable, des pentes légères comprises entre 2 et 8 %, permettant une vidange totale des étangs à un exutoire proche (cours d'eau, rigole, dépression, etc.).

II-1.3.2. Études topographiques

Avant d'effectuer les études topographiques, il est important de procéder tout d'abord à une reconnaissance préliminaire du site afin de cerner ses spécificités. Il est question pour l'équipe mobilisée pour cette étude, de faire une inspection du site et de ses alentours afin de déterminer la source et le mode d'alimentation en eau. L'équipe a identifié les lieux probables d'implantation des différents ouvrages, les exutoires possibles pour le rejet des eaux, les éventuelles zones dégradées à traiter (ravines, érosion, etc.), ainsi que les zones d'emprunt des principaux matériaux de construction des ouvrages.

À la suite de tout ceci, les études topographiques sont pratiquées de manière à obtenir des renseignements sur la zone de projet, car elles conditionnent les possibilités de création et de construction des étangs, le coût de l'aménagement ainsi que la facilité d'entretien et d'exploitation.

Nous espérons que le site choisi convienne favorablement pour l'aménagement.

a. Méthodologie adoptée

Dans le but de mieux apprécier les contraintes du terrain, une campagne topographique initiée par le cabinet CETRI a été menée par une équipe topographique sur le site de l'aménagement, après la collecte des données de base.

Les activités entreprises sur le terrain se résument comme suit : la mise en place d'une polygonale de base sur l'ensemble du site, sur laquelle se sont appuyés tous les levés de détails du terrain naturel (TN) avec un maillage serré de manière à donner le maximum d'information et une équidistance de 50 cm, de façon à suivre raisonnablement les points particuliers (crête, ravinement, arbres, grillage, ouvrages). Les renseignements recueillis sur le terrain en coordonnées X, Y, Z (terrain naturel, ouvrages existants, obstacles, arbres etc.) vont permettre à l'établissement du plan d'ensemble du site et du profil en long du canal d'amenée d'eau construit dans le cadre de PEP.

b. Résultats des études du cabinet CETRI

Les données recueillies sur le terrain par le cabinet CETRI ont été transférées sur ordinateur et ensuite traitées à l'aide de logiciels. Le traitement a permis de produire la vue en plan du site à l'échelle 1/1000^{ème} avec des courbes de niveau d'équidistance 0,50 m ; de représenter le profil en long du canal d'amenée d'eau du Projet d'Élevage Piscicole (PEP).

II-1.3.3. Études pédologiques

Les études pédologiques font partie des études de base pour la création d'étangs d'aquaculture. Elles ont permis d'observer et d'identifier au mieux les types de sols, de délimiter la zone à retenir pour les études techniques et les travaux de réalisation des bassins piscicoles et infrastructures liées.

a. Méthodologie adoptée

Après la phase de collecte et d'analyse des données physiques ou de la carte géologique du site, la prospection pédologique a suivi et a permis de recueillir les données sur place. À l'aide d'un plan topographique de base, à l'échelle 1/1.000^{ème}, il a été fait un quadrillage du site compte tenu du souci de précisions des informations recherchées. Les réalités du site ont amenées à respecter la condition d'observation avec une densité d'observation de 1 à l'hectare sur une superficie totale de 28,45 ha.

b. Résultats des études du cabinet CETRI

Les travaux entrepris par l'équipe pédologique du cabinet CETRI sur le terrain, ont permis de subdiviser les sols du site de création d'étangs en deux parties :

- une partie en mi- pente, sur glacis pente moyenne à inférieure, sur altérites de granite ;
- l'autre partie zone de plaine quasi-plate sur alluvions argileuses ou argilo-limoneuses reposant sur les formations géologiques.

La pédogénèse du terrain a permis la mise en place de sous-groupes de deux (02) classes de sols comme indiqué ci-dessous :

- Des sols Bruns Eutrophes tropicaux Peu Évolus Hydromorphes (BEPEH) lorsque les matériaux sont issus d'altérites de roches ;
- Des vertisols (VH) quand la morphologie du profil exprime des caractères vertiques (présence de larges fissures etc. ...).

Les mesures d'infiltration effectuées sur les profils CPB 2, CBP 6, CPB 21 et CPB 36 nous donne des valeurs de vitesse moyenne d'infiltration obtenu à partir de la formule suivante :

$$V_i = \frac{r}{2(t_2 - t_1)} \log \frac{(h_1 + r/2)}{(h_2 + r/2)}$$

Avec :

V_i : vitesse d'infiltration de l'eau (en cm/h) ;

r : rayon du tube PVC (en cm) ;

t_1 : instant de début de lecture (en h) ;

t_2 : instant de fin de lecture (en h) ;

h_1 : hauteur d'eau dans le tube à l'instant t_1 , (en cm) ;

h_2 : hauteur d'eau dans le tube à l'instant t_2 , (en cm) ;

V_{im} : vitesse d'infiltration moyenne (en cm/h).

Les résultats des mesures d'infiltration sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 3: Mesures d'infiltration sur les profils pédologiques

N° de profils	Numéro de mesure	Rayon r (cm)	Temps t_1 (h)	Temps t_2 (h)	Hauteur h_1 (cm)	Hauteur h_2 (cm)	V_i (cm/h)	V_{im} (cm/h)
CPB 2	1	5	9,17	10,67	30	25	0,21	
	2	5	9,18	10,68	30	27	0,19	0,22
	3	5	9,20	10,70	30	20	0,25	
CPB 6	1	5	11,83	12,58	30	30	0,09	
	2	5	11,10	12,60	30	17,6	0,28	0,20
	3	5	11,12	12,62	30	22,5	0,23	
CPB 21	1	5	16,42	17,67	30	25	0,17	
	2	5	16,43	17,68	30	28,8	0,15	0,16
	3	5	16,45	17,70	30	27,5	0,16	
CPB 36	1	5	13,75	15,25	30	11,5	0,40	
	2	5	13,77	15,27	30	25	0,21	0,27
	3	5	13,78	15,28	30	27,5	0,19	

L'interprétation des résultats d'infiltration est faite suivant les classes de valeurs tirée de INRAN (1984) qui sont :

Tableau 4: Classes de valeurs d'interprétation des sols

Classes	Valeurs et interprétations
0	Très lente (0– 0,1 cm/h)
1	Lente (0,1 – 1 cm/h)
2	Modérément lente (1– 2 cm/h)
3	Modérée (2 – 7 cm/h)
4	Modérée rapide (7 – 11 cm/h)
5	Rapide (11 – 25 cm/h)

Comparées à ces valeurs de classes d'interprétation, les sols du site dans leur quasi-totalité ont des vitesses d'infiltration verticales lentes, il s'agit des sols à perméabilité faibles donc des argiles limons ou argiles sables. La charge graveleuse est une contrainte pour ces sols car il entraîne une infiltration latérale importante de l'eau.

Les caractéristiques morphologiques, des différents sous-groupes de sols, identifiés sont définis en quatre unités cartographiques correspondant aux classes d'aptitudes récapitulés dans le tableau qui suit :

Tableau 5: Caractéristiques morphologiques des profils de sols du site et leurs aptitudes

Type de sols			Superficies et aptitudes des classes		
N° et superficie	Profils référés	Nom et principales caractéristiques	N° et superficie en ha et en %	Aptitudes globales actuelles	Aptitudes après revêtement latéral des étangs
1 6,95 ha (24,44%)	CPB 2 ; CPB 6 ; CPB 13 ; CPB 21	BEPEH de type 1 Pente sensible (2%), profonds ; texture AL/AL/AL ou AS/AL/AS ; 15 à 40% de tâches ; 15à 30% de cg de 0 à 25 cm , 40 à 50% après ; structure en général moyennement développée.	I 18,56ha (65,26%)	N2cg	S1
2 11,61 ha (40,82%)	CPB 1; CPB 18 ; CPB 36	BEPEH de type 2 Pente 2 à 3%; profonds ; texture AS/AL/AS ; 10 à 15% de tâches ; 30 à 40 % de cg ; structure moyennement développée.			
3 5,75ha (20,22%)	CPB 29 ; CPB 30 ; CPB 31 ; CPB 37	BEPEH de type 3 Pente 0,3 à 0,5%; profonds ; texture AS/AL/AL ; 20 à 40% de tâches ; 0 à 15% de concrétions ; structure moyennement développée.	II 5,75 (20,22%)	N2cgt	S2t
4 0,5 ha (1,76%)	CPB 27	BEPEH de type 4 Pente 0,3 à 0,5% ; peu profonds (granite à20cm) cg 30% ; texture: AL/Gr ; 10 à 20% de tâches structure moyennement développée.	III 0,5 (1,76%)	N2cgpt	N2pcgt
5 3,63ha (12,76%)	CPB 24; CPB 25 ; CPB 26; CPB 40	Vertisols Hydromorphes Pente 0,3 à 0,5%; profonds ; texture: A/A/A ; 10 à 40% de tâches ; 1 à 7% de graviers et concrétions de 0 à 80 cm ; 20 % après ; de larges fissures.	IV 3,63 (12,76%)	N2ti	N2ti
Total			28,45 ha(100%)		

Étant donné qu'à l'état actuel, toutes les unités définies sont inaptes faces aux contraintes de charge graveleuse qui ne donnent pas une garantie en construisant les étangs non revêtues, il paraît donc indispensable pour lever sinon réduire de façon appréciable les contraintes suscitées en formulant des recommandations.

Pour limiter les pertes d'eau par infiltration latérale nous suggérons le revêtement latéral des étangs à construire.

II-1.3.4. Paramètres de bases du dimensionnement et caractéristiques des ouvrages

a. Choix de la section des canaux

a-1. Section rectangulaire

Nous adoptons, la section rectangulaire d'angle de talus égale à zéro ($m = 0$) avec pour nature, de la maçonnerie ordinaire pour les canaux d'admission d'eau des étangs, de même pour les canaux d'alimentation.

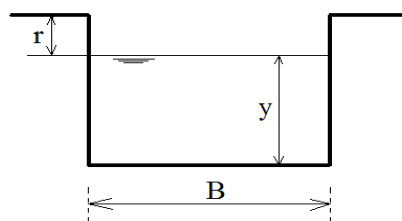


Figure 2: Section type d'un canal rectangulaire

a-2. Section trapézoïdale

On adopte une section trapézoïdale pour le canal principal et les canaux de vidange.

Leur fruit de talus est : $m=1/2$ (MAR, 2004)

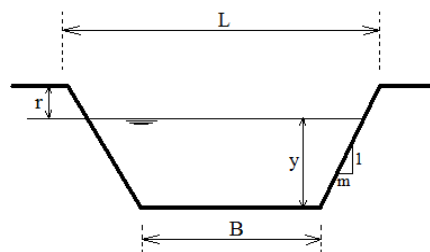


Figure 3: Section type d'un canal trapézoïdal

Pour éviter les débordements d'eau et dans l'intérêt de protéger les ouvrages du périmètre, une revanche est choisie pour chaque canal. Il est choisi les revanches suivantes :

- Canaux d'admission et secondaire : 10 cm

- Canal principal ou d'amenée : 15 cm.

b. Vitesses dans les canaux

Afin d'assurer l'autocurage, des canaux il est considéré une vitesse minimale donnée par la formule empirique de KENNEDY

$$V_{min} = e * y^{0,64} \quad \text{avec } y : \text{le tirant d'eau ; } e : \text{coefficient fonction du matériau déplacé.}$$

En pisciculture, les vitesses maximales généralement admises pour les canaux avec les matériaux de revêtements proposées sont donnés dans le tableau suivant :

Tableau 6: Vitesses maximales des canaux en fonction des matériaux utilisés

Nature du canal	Vitesse maximale (m/s)
Béton	0,75
Parpaings ou perrés maçonnés	0,60
Terre	0,45

c. Choix et justification du type de revêtement

c-1. Les étangs

Après les études pédologiques les suggestions faites pour limiter les pertes d'eau par infiltrations latérales sont le revêtement latéral des étangs à construire. Afin de limiter les infiltrations verticales d'eau dans le sol, le fond des étangs sera étanché par un remblai d'apport argileux de 20cm d'épaisseur compacté.

c-2. Les canaux d'admission d'étangs et les canaux secondaires

Ces canaux auront des parois en maçonnerie de parpaings pleins de (40 x 20 x 10) cm dosés à 400kg/m³ ; les faces intérieures et extérieures seront protégées par un enduit de mortier de ciment dosé à 300kg/m³ d'épaisseur 2cm. Les parois seront montées sur un radier en béton ordinaire dosé 300kg/m³ d'épaisseur 10cm.

c-3. Le canal principal et les canaux de vidange

Ces canaux de sections trapézoïdales seront en maçonnerie de perrés d'épaisseur moyenne 20cm . Le radier sera en béton ordinaire dosé à 300kg/m³ d'épaisseur 10cm.

d. Coefficient de rugosité de Manning-Strickler

Compte tenu des matériaux définis pour la réalisation des canaux il est pris un coefficient de rugosité $K_s=60$.

II-1.3.5. Dimensionnement hydrauliques des ouvrages du périmètre piscicole

Le périmètre piscicole est composé des principaux ouvrages suivants :

- ◇ Les étangs ;
- ◇ Les digues ;
- ◇ Les canaux (principal, secondaires, d'admission et de vidange) ;
- ◇ Les dispositifs de régulation (moines) ;
- ◇ Les chemins et les voies de desserte etc.

II-1.3.5.1. Dimensionnement des étangs et des digues

a. Les étangs

L'aménagement piscicole est composé selon les termes de référence de :

- ✓ Une (01) ferme constitué d'une batterie de 24 étangs piscicoles de 400 m² chacun et de dimensions (25m x 16 m) en séries de 12 étangs constituant le bloc 1
- ✓ Quatre (04) séries de 06 étangs de 800 m² chacun et de dimensions (35m x 23 m) ; soit 24 étangs constituant le bloc 2.
- ✓ Deux(02) fermes de 08 étangs de 800m² chacun et de dimensions (35m x 23 m), soit 16 étangs.

a-1. Angles de talus des étangs

Nous avons retenu, un angle de talus de (2H/1V) pour nos étangs.

a-2. Estimation des besoins en eau des étangs

L'estimation des besoins en eau d'un bassin dépend du volume d'eau nécessaire pour la production et des pertes par évaporation ou infiltrations déterminées par les conditions climatiques et pédologiques. Ces pertes sur un bassin sont généralement évaluées durant toute la période d'exploitation. Le calcul du volume d'un étang avec talus est donné par la formule d'un solide à bases rectangulaires :

$$Volume = \frac{h_{moy}}{6} * [(2a + a')b + (2a' + a)b'].$$

Le temps de remplissage raisonnable fixé pour les étangs de grossissement est de 02 jours donc le cas le plus défavorable (FAO).

- l'évaporation

À partir des valeurs d'évaporation observées à la station de Fada-Ngourma, il a été considéré une évaporation moyenne journalière qui permettra d'effectuer les calculs.

Tableau 7: Valeurs d'évaporation de la Station de Fada N'Gourma

Variables	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
ETP (mm)	228	226	241	204	172	125	106	105	123	172	189	208
Humidité relative mini (%)	14	12	14	23	36	47	57	63	59	39	19	15
Humidité relative maxi (%)	38	34	42	62	78	87	94	97	97	91	65	45
Vitesse moyenne du vent (m/s)	1,99	1,97	1,87	2,04	2,31	2,03	1,76	1,38	1,03	1,1	1,25	1,65

Source : Direction de la Météorologie.

- l'infiltration

Il est pris en phase d'avant-projet une infiltration de 1 à 3mm/j. Nous optons pour une valeur de 02 mm/j (GUEYE, 2015).

b. Les digues

Les digues sont les parties essentielles de l'étang. L'aménagement sera composé de deux (02) types de digues :

- ❖ Les digues principales : Elles séparent deux séries d'étangs;
- ❖ Les digues intermédiaires : Elles séparent deux étangs consécutifs de la même série.

La détermination de dimensions des parties d'une digue est schématisée comme suit :

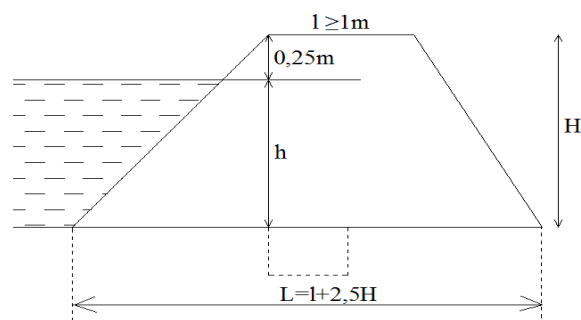


Figure 4: Schéma montrant les parties d'une digue

- Largeur en crête ($l \geq 1m$)
- Hauteur digue (H) = Hauteur d'eau (h) + revanche
- Largeur à la base ($L = l + (2,5 \text{ ou } 3 H)$).

D'après (manuel de la FAO pour le développement de l'aquaculture).

II-1.3.5.2. Dimensionnement des canaux d'alimentation et de vidange

On suppose que l'écoulement est permanent et uniforme. La détermination de débit par la formule de MANNING-STRICKLER est donnée par :

$$Q = U * S = K_S * S * R_H^{\frac{2}{3}} * I^{1/2} \quad \text{avec}$$

Q: Le débit en m³/s

K_S : Le coefficient de rugosité de Strickler

S: La section du canal en m²

R_H: Le rayon hydraulique en m, $R_h = S/P$

I: La pente longitudinale des canaux en m/m.



Hypothèse de dimensionnement

Pour le dimensionnement des canaux, on opte pour une section économique c'est-à-dire hydrauliquement favorable qui minimise simultanément la section mouillée et le périmètre mouillé. De même, on désire respecter une vitesse limite U soit pour éviter les dépôts dans les canaux ou l'érosion. Ainsi, connaissant la vitesse limite U_{max}, Q, K_S et m, à partir de la section hydrauliquement favorable on obtient les dimensions (y et b) et la pente I minimale qui permet de satisfaire ces conditions.



Formules utilisées

Le calcul des paramètres géométriques se fera à l'aide des formules suivantes :

$$Q = U S \quad \text{avec} \quad S = \lambda y^2 \quad \text{donc} \quad Q = U \lambda y^2$$

$$y = \sqrt{\frac{Q}{U \lambda}} \quad \text{et} \quad b = y (\lambda - m)$$

A partir de la formule de Manning-Strickler : $U = K_S \left(\frac{y}{2}\right)^{\frac{2}{3}} \sqrt{I}$, on en déduit I :

$$I = \left(\frac{U}{K_S \times \left(\frac{y}{2}\right)^{\frac{2}{3}}} \right)^2$$

On fixe une nouvelle pente réalisable et une valeur de b multiple de 5. A partir de l'équation de Manning-Strickler, on recalcule y et U puis on vérifie ensuite les conditions sur la vitesse. Le tirant d'eau y est obtenu par itération avec la formule suivante :

$$y = \left(\frac{Q}{K_S \sqrt{I}} \right)^{\frac{3}{5}} \frac{[b + 2y\sqrt{1 + m^2}]^{\frac{2}{5}}}{b + my}$$

La hauteur du canal est calculée en ajoutant au nouveau tirant d'eau la revanche, soit :

$$H_{\text{canal}} = y + \text{revanche}.$$

a. Fonctions des canaux

a-1. Les canaux d'alimentation

Les canaux d'admission des étangs dérivent du canal secondaire le débit d'eau nécessaire à leur remplissage et les canaux secondaires détournent du canal principal le débit d'alimentation.

Le canal principal est le prolongement du canal en béton construit dans le cadre du PEP, il est connecté aux canaux secondaires d'alimentation. Il part de la fin du canal existant jusqu'à la deuxième ferme du bloc 3. Le dimensionnement hydraulique se fera en optant pour le cas le plus extrême ou l'on suppose que tous les étangs de chaque bloc sont alimentés simultanément avec un temps de remplissage de (02) jours.

a-2. Les canaux de vidange

Ils servent à collecter les eaux provenant des étangs par l'intermédiaire des moines et de les drainer vers le bassin de lagunage. Ils sont disposés en milieu de la digue principale qui sépare deux séries d'étangs ; ils sont creusés à une profondeur supérieure de différence d'au moins 50 cm par rapport à l'assiette de l'étang, afin de permettre une vidange totale et aisée. Étant donné que tous les étangs ne sont pas vidés en même temps, leurs dimensionnements se feront en considérant qu'un étang est vidé à la fois.

II-1.3.5.3. Dimensionnement des dispositifs de régulation (moines) et des bassins de lagunage

a. Les dispositifs de régulations (moines)

- Description et principe de fonctionnement

Le moine est l'ouvrage de vidange le plus efficace en pisciculture dont la meilleure conception est le type Herrguth, il est construit du côté opposé, le plus éloigné et profond à l'arrivée d'eau. Il a pour fonctions principales, la régulation du niveau d'eau c'est-à-dire maintenir l'étang à son niveau d'eau optimal. La deuxième fonction est la vidange complète de l'étang et la récolte du poisson au moment nécessaire. Le moine est constitué d'une colonne verticale de quatre murs dont la hauteur est généralement égale à celle de la digue ; des rainures dans lesquelles sont montées les planchettes en bois entre lesquelles on tasse de l'argile afin de régler la hauteur d'eau dans l'étang. Ainsi l'eau dans l'étang est retenue par la

couche d'argile imperméable jusqu'au niveau de la planche supérieure c'est-à-dire toute l'eau en surplus qui traverse la couche d'argile tombe dans le moine, des grillages plus hauts placés dans une rainure à l'avant du moine précèdent les planchettes en bois et empêchent les poissons de sortir par-dessus la planche supérieure de la couche d'argile. Le moine sera encastré dans le talus de la digue avale de l'étang et enverra l'eau de vidange dans le canal d'évacuation à travers les buses dont les diamètres déterminent le débit maximum à évacuer. Les dimensions du moine dépendent de la superficie de son étang.

La visite du site du Projet d'Élevage Piscicole (PEP) nous a permis de porter un œil sur la présentation des ouvrages, nous décidons en effet d'adopter la même configuration de moine retrouvé sur ce site avec des caractéristiques à adapter à la superficie de nos bassins. La photo suivante illustre les éléments constitutifs du moine retrouvé.



Figure 5 : Vue d'un moine avec ses éléments constitutifs

b. Les bassins de lagunage

Le lagunage est un traitement collectif de type extensif des effluents sans apport artificiel d'oxygène et reposant sur le pouvoir auto-épurateur des microorganismes combinés aux plantes aquatiques (Konate, 2014).

Les mesures d'évaluation quantitative de ces polluants réalisées, par (CADIEU G et JOUAN Y., 2002) lors des études ont révélées que pour une vidange réalisée dans les conditions normales les résultats sont comme suit :

MES = 800 Kg/ha, soit 80 mg/l ;

DBO5 = 90 Kg/ha, soit 9 mg/l ;

Nk = 35 Kg/ha, soit 3,5 mg/l ;

Azote ammoniacal (NH₄) = 10 Kg/ha, soit 1 mg/l ;

Nitrite(NO₂) = 0,6 Kg/ha, soit 0,06 mg/l ;

Phosphore(PO₄) = 2 Kg/ha, soit 0,2 mg/l ;

P Total = 5 kg/ha, soit 0,5 mg/l.

La programmation de la vidange des étangs est faite l'un après l'autre donc un volume d'effluent connu, le dimensionnement des bassins de lagunage peuvent se faire comme des bassins facultatifs comme suit :

❖ La surface du bassin (S)

On fixe, un temps de séjour minimum de 04 jours à T > 20°C. Ceci pour permettre le développement des algues.

En supposant que l'infiltration d'eau dans le bassin est négligeable, on a :

$$\theta_f = \frac{S * D}{Q_m} \quad \text{avec} \quad Q_m = \frac{Q_c + Q_I}{2} \quad \text{et} \quad Q_c = Q_I - 0,001 * e * S. \quad \text{On a:}$$
$$\theta_f = \frac{2 * S * D}{2Q_I - 0,001 * e * S} \quad \Rightarrow \quad S = \frac{2Q_I * \theta_f}{2 * D + 0,001 * e * \theta_f} \quad \text{où}$$

D: Profondeur du bassin (m) comprise entre 1m et 1,50m

θ_f: Temps de séjour en (j)

e: infiltration d'eau en (m³/j) et Q_I: débit d'entrée en (m³/j) . (Mara ,2003)

❖ La charge organique surfacique (kg/ha/j)

$$\lambda_s = \frac{[DBO_5] * Q}{S} \quad \text{avec}$$

Q : le débit journalier (m³/j)

S : la surface du bassin en (ha) .

[DBO₅] : concentration en matière organique de l'effluent (Kg/m³).

Le deuxième volet de cette phase est la rédaction du rapport qui est la synthèse de l'approche méthodologique de l'étude, après traitement et analyse des résultats des études de base, elle présente les méthodes et résultats auxquels on a abouti. Tout ceci fait l'objet du présent mémoire.

PARTIE III : RÉSULTATS

III-1. Les études de base

III-1.1. Les études topographiques

La topographie détermine le choix d'implantation des étangs. Il est généralement admis un terrain avec une pente légère comprise entre (2–8%); (Manuel de la FAO pour l'aquaculture). À partir du plan topographique du site conçu à l'échelle 1/1000^{ème}. On constate que le site du projet présente une décroissance des courbes de niveau de la valeur 242,50 m à 230,00 m avec des équidistances de 0,5m. La pente s'obtient comme suit :

$Pente = \frac{\Delta H}{L}$.On retiendra une pente de terrain de 2,034% soit 2%. Ainsi la valeur de la pente globale du terrain est dans la fourchette des valeurs proposées par la FAO, nous pouvons conclure que le site choisi convient bien à l'aménagement piscicole.

III-1.2. Les études pédologiques

Selon les études pédologiques menées pour le projet par le cabinet CETRI sur le site de superficie totale de 28 ha, les résultats obtenus sont les suivants. L'observation des profils pédologiques montre la présence des sols Bruns Eutrophes tropicaux Peu Évolus (BEPEH) formant l'unité 1, 2, 3 ou 4 et les vertisols sur un ensemble de 40 profils. Les sols (BEPEH) sont en général formés d'horizons dont la texture varie de l'argile limoneuse à l'argile sableuse dépendant du profil et les vertisols composés d'une texture argileuse et granitique en profondeur. Ces sols à l'état actuel présentent des aptitudes non propices car confrontés aux contraintes de charges graveleuses .Afin de limiter les pertes d'eau par infiltrations ; on recommande un revêtement latéral des étangs et du fond.

III-2. Proposition et description du plan d'aménagement du périmètre piscicole

À partir du canal construit dans le cadre du PEP, l'alimentation du périmètre piscicole est produite en joignant un canal principal à celui-ci comme montré sur la figure 2.

De ce canal est prélevé par des canaux secondaires de chaque série d'étangs, les débits nécessaires à leur remplissage par l'intermédiaire des canaux d'admission. À la fin de chaque cycle de production, l'évacuation des effluents se fait étang par étang par les moines connectés aux canaux de vidange, prévues à ce effet jusqu'à l'acheminement vers les bassins de lagunage. La description de l'aménagement se traduit par la figure 2 ci-après, avec les sens d'alimentation en eau représentés par des flèches de couleur rouges et des flèches de couleur noires montrant les sens de vidange. La prise du périmètre est montrée par un carreau noir

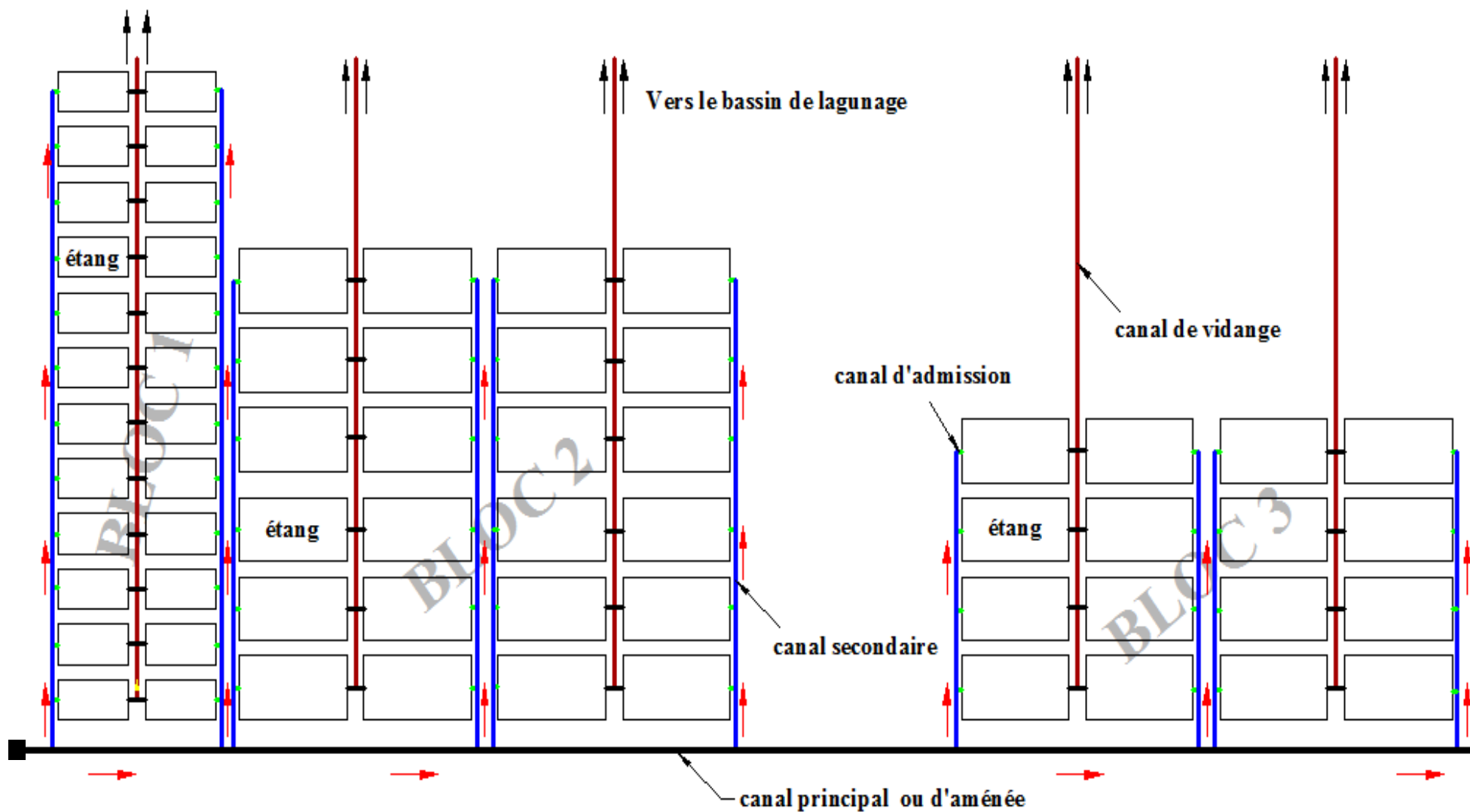


Figure 6: Plan d'aménagement du périmètre piscicole

Le plan d'aménagement du périmètre, nous a donné au total 10 canaux secondaires de section rectangulaire avec 02 canaux dénommés CS1B1, CS2B1 pour le bloc 1 ; 04 canaux dénommés CS1B2, CS2B2, CS3B2 et CS4B2 pour le bloc 2 ; 04 canaux dénommés CS1B3, CS2B3, CS3B3 et CS4B3 pour le bloc 3. Les dénominations sont obtenues en tenant compte des blocs et du numéro d'ordre du canal, par exemple CS1B1 (qui signifie canal secondaire numéro 1 du premier bloc, il en est de même pour les autres canaux). Chacun de ces canaux secondaires alimente, une série d'étangs par l'intermédiaire des canaux d'admission d'eau des étangs. Le dimensionnement des canaux secondaires d'alimentation sera fait en faisant l'hypothèse qu'une série de bloc est alimentée simultanément, ce qui constitue pour nous le cas le plus extrême de dimensionnement, comparé au choix d'alimenter étang par étang.

III-3. Calcul hydraulique et dimensionnement des ouvrages

III-3.1. Les digues

À partir des règles établies par la FAO, pour calculer les dimensions des digues, on peut résumer les résultats trouvés pour chaque type de digue dans le tableau suivant :

Tableau 8:Caractéristiques des digues

Étang de 400 m ²	Digues intermédiaires		Digues principales	
	Largeur en crête	3,00 m	Largeur en crête	5,00 m
	Hauteur digue	1,30 m	Hauteur digue	1,30 m
	Largeur à la base	6,30 m	Largeur à la base	8,50 m
Étang de 800 m ²	Largeur en crête	3,00 m	Largeur en crête	5,00 m
	Hauteur digue	1,50 m	Hauteur digue	1,50 m
	Largeur à la base	6,80 m	Largeur à la base	9,00 m

III-3.2. Les canaux d'admission

La détermination des débits hydrauliques des canaux d'admission est obtenue à partir du besoin en eau tout en faisant une hypothèse sur le temps de remplissage des étangs.

En considérant un temps de remplissage de 02 jours, les canaux d'admission auront des débits de dimensionnement récapitulés dans le tableau suivant :

Tableau 9: Débits de dimensionnement des canaux d'admission

BLOC	Besoin unitaire (m ³)	Temps de remplissage (s)	Débit d'admission Q (m ³ /s)	Débit d'admission Q (l/s)
BLOC 1	582	172800	0,003368055	3,37
BLOC 2	1344	172800	0,007777777	7,78
BLOC 3	1344	172800	0,007777777	7,78

À partir du calcul hydraulique de débits, il s'agira de calculer à l'aide de la formule de MANNING-STRICKLER les paramètres hydrauliques pour chaque canal d'admission d'étangs et ensuite déduire les dimensions géométriques réelles. Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau 10: Paramètres hydrauliques des canaux d'admission

BLOC	Débit Q (l/s)	K _s	Vitesse initiale (m/s)	Tirant y (m)	Largeur b(m)	Pente(‰)
BLOC 1	3,37	60	0,5	0,06	0,12	7,80
BLOC 2	7,78	60	0,5	0,09	0,18	4,50
BLOC 3	7,78	60	0,5	0,09	0,18	4,50

Dans le but de respecter, les conditions de mise en œuvre nous adopterons une pente uniforme de 5‰, tout en supposant qu'il sera charrié des limons et des sables très fins ; les résultats donnent :

Tableau 11: Caractéristiques géométriques retenus pour les canaux d'admission

BLOC	Pente fixée (‰)	Largeur fixée(m)	Tirant y réel (m)	Vitesse réelle (m)	Vitesse d'autocurage (m/s)	Hauteur H du canal
BLOC 1	5	0,30	0,031	0,26	0,043	0,20
BLOC 2	5	0,30	0,053	0,38	0,061	0,20
BLOC 3	5	0,30	0,053	0,38	0,061	0,20

On obtient pour tous les blocs, une section géométrique constante des canaux d'admission de (30 x 20 cm²) avec des débits d'alimentation différents. On remarque que, les conditions de vitesse sont réunies.

III-3.2.1. Équipements de prises des canaux d'admission

Afin de dériver le volume d'eau nécessaire à la production piscicole, chaque canal d'admission sera muni d'une prise d'eau en PVC fermée par une vannette métallique en tôle pleine de 4 mm d'épaisseur munie de cadenas. Il sera posé avant, une vannette sous forme de tamis espacée de 40 cm de la vannette métallique destinée à empêcher l'entrée des poissons sauvages dans l'étang. La visite du PEP nous a permis d'avoir la disposition des équipements d'un canal d'admission illustrée par la photo suivante :



Figure 7: Vue d'un canal d'admission avec ses équipements de fonctionnement

III-3.2.2. Caractéristiques des équipements de prises

❖ Les vannettes

Les vannettes seront ancrées de 3 cm de part et d'autre dans les parois et le radier et tout en débordant la hauteur du canal de 10 cm. Le tableau suivant résume les caractéristiques des vannettes.

Tableau 12: Caractéristiques des vannettes pour prises des canaux d'admission.

BLOC	Nombre de vannettes	Largeur canal (m)	Hauteur canal (m)	Ancrage dans parois et radier (m)	Débord du haut du canal (m)	Largeur vannette (m)	Hauteur vannette (m)
BLOC 1	24	0,30	0,20	0,03	0,10	0,36	0,33
BLOC 2	24	0,30	0,20	0,03	0,10	0,36	0,33
BLOC 3	16	0,30	0,20	0,03	0,10	0,36	0,33

❖ Tuyaux de prises

Afin de fournir, le débit souhaité pour le remplissage des étangs, le diamètre de ces tuyaux est calculé en considérant que l'écoulement est du type orifice. Étant donné que la prise est courte on prendra un coefficient de débit de 0,80 (TRAN M. Duc, cours d'irrigation 1995).

On obtient les diamètres suivants:

Tableau 13: Calcul du diamètre de prises par tuyaux sur les canaux d'admission

BLOC	Débit Q (m ³ /s)	C	ΔH (m)	Diamètre Ø (m)	Diamètre Ø (mm)	Diamètre choisi (mm)
BLOC1	0,00337	0,80	0,031	0,06466	64,66	63
BLOC2	0,00778	0,80	0,053	0,11235	112,35	110
BLOC3	0,00778	0,80	0,053	0,11235	112,35	110

Nous retenons que, les canaux d'admission du bloc 1 seront munis de prises par tuyaux en

PVC PN4 de diamètre Ø63 mm ; et celui des blocs 2 et 3, munis des tuyaux en PVC PN4 de diamètre Ø110 mm.

III-3.3. Les canaux secondaires

Le débit des canaux secondaires est obtenu à partir de celui des canaux d'admission en faisant l'hypothèse que les étangs sont alimentés de façon simultanée avec le même temps de remplissage. On obtient ainsi le tableau suivant :

Tableau 14: Débits d'alimentation des canaux secondaires

BLOC	Canaux secondaires	Nombre d'étangs alimentés	Débit d'admission (m ³ /s)	Débit d'alimentation Q (m ³ /s)
BLOC 1	CS1B1	12	0,00337	0,040
	CS2B1	12	0,00337	0,040
BLOC 2	CS1B2	6	0,00778	0,047
	CS2B2	6	0,00778	0,047
	CS3B2	6	0,00778	0,047
	CS4B2	6	0,00778	0,047
BLOC 3	CS1B3	4	0,00778	0,031
	CS2B3	4	0,00778	0,031
	CS3B3	4	0,00778	0,031
	CS4B3	4	0,00778	0,031

Le débit des canaux secondaires calculé pour chaque série d'étang est fonction du nombre d'étangs à alimenter et du besoin, on remarque différents débits entre les (03) blocs.

La détermination des sections hydrauliques des canaux secondaires s'est fait avec les formules établies ci-haut. Les paramètres calculés sont donnés dans le tableau ci-après :

Tableau 15: Paramètres hydrauliques des canaux secondaires

BLOC	Canaux secondaires	Débit Q (l/s)	K _s	Vitesse initiale (m/s)	Tirant (m)	Largeur b (m)	Pente(‰)
BLOC 1	CS1B1	40	60	0,50	0,20	0,40	1,50
	CS2B1	40	60	0,50	0,20	0,40	1,50
BLOC 2	CS1B2	47	60	0,50	0,22	0,43	1,30
	CS2B2	47	60	0,50	0,22	0,43	1,30
	CS3B2	47	60	0,50	0,22	0,43	1,30
	CS4B2	47	60	0,50	0,22	0,43	1,30
BLOC 3	CS1B3	31	60	0,50	0,18	0,35	1,80
	CS2B3	31	60	0,50	0,18	0,35	1,80
	CS3B3	31	60	0,50	0,18	0,35	1,80
	CS4B3	31	60	0,50	0,18	0,35	1,80

Dans le souci, de faciliter la mise en œuvre des canaux, on décide d'uniformiser une pente de 1,5‰ pour tous les canaux secondaires et supposant le charriage des sables fins ; ce qui nous donne les sections géométriques suivantes :

Tableau 16: Caractéristiques géométriques des canaux secondaires

BLOC	Canaux secondaires	Pente fixée (‰)	Largeur fixée (m)	Tirant d'eau réelle (m)	Vitesse réelle (m)	Vitesse d'autocurage (m/s)	Hauteur canal (m)
BLOC 1	CS1B1	1,5	0,40	0,20	0,50	0,18	0,40
	CS2B1	1,5	0,40	0,20	0,50	0,18	0,40
BLOC 2	CS1B2	1,5	0,40	0,22	0,53	0,19	0,40
	CS2B2	1,5	0,40	0,22	0,53	0,19	0,40
	CS3B2	1,5	0,40	0,22	0,53	0,19	0,40
	CS4B2	1,5	0,40	0,22	0,53	0,19	0,40
BLOC 3	CS1B3	1,5	0,40	0,17	0,45	0,19	0,40
	CS2B3	1,5	0,40	0,17	0,45	0,16	0,40
	CS3B3	1,5	0,40	0,17	0,45	0,16	0,40
	CS4B3	1,5	0,40	0,17	0,45	0,16	0,40

Les résultats nous permettent de conclure pour tous les blocs des sections identiques de (40 x 40) cm² ; et des vitesses respectant les conditions.

III-3.3.1. Équipements pour canaux secondaires

Chaque canal secondaire sera muni à sa jonction avec le canal principal, d'un ouvrage de prise d'eau en béton ordinaire de même section que le canal secondaire dosée à 300 kg/m³ afin de dériver l'eau du canal principal. L'ouvrage de prise sera fermé par une vannette en tôle métallique typique à celle des canaux d'admission. On dénombre ainsi à la jonction du canal principal 10 vannettes de prises des secondaires. Juste avant le canal d'admission, il sera placé une vannette de sectionnement identique au précédent qui permettra d'isoler le canal d'admission lors des travaux de nettoyage ou d'aider au remplissage des autres étangs. Les caractéristiques des vannettes sont données dans le tableau qui suit :

Tableau 17: Caractéristiques des vannettes de prise et de sectionnement des canaux secondaires

BLOC	Nombre de vannettes	Largeur canal (m)	Hauteur canal (m)	Ancrage dans parois et radier (m)	Débord du haut du canal (m)	Largeur vannette (m)	Hauteur vannette (m)
BLOC 1	26	0,40	0,40	0,03	0,10	0,46	0,53
BLOC 2	28	0,40	0,40	0,03	0,10	0,46	0,53
BLOC 3	20	0,40	0,40	0,03	0,10	0,46	0,53
Total	74						

III-3.4. Le canal principal ou d'amenée

Le canal principal achemine le débit total d'alimentation du périmètre, le calcul de son débit se fera en supposant que tous les étangs de chaque bloc seront alimentés simultanément avec un temps de remplissage de (02) jours. Le débit de dimensionnement considéré sera la somme de débits des trois blocs. Le calcul nous conduit à :

Tableau 18: Débit d'amenée du canal principal

BLOC	Nombre de canaux secondaires	Débit d'alimentation Q (m ³ /s)	Débit par bloc (m ³ /s)	Débit d'amenée Q (m ³ /s)
BLOC 1	2	0,040	0,080	0,392
BLOC 2	4	0,047	0,188	
BLOC 3	4	0,031	0,124	

Le dimensionnement du canal principal est conduit avec les mêmes hypothèses de calcul. On obtient le tableau suivant :

Tableau 19: Paramètres hydrauliques du canal principal

	Débit Q (l/s)	Vitesse initiale (m/s)	Tirant y (m)	Largeur b (m)	Pente(‰)
Début à CS4B3	392	0,50	0,672	0,831	0,297

La facilité lors de la réalisation, nous pousse à fixer une pente de 0,4‰, tout en cherchant à charrier du sable, ainsi on a une section géométrique :

Tableau 20: Caractéristiques géométriques du canal d'amenée

	Pente fixée (‰)	Largeur au radier fixée (m)	Tirant d'eau réelle (m)	Vitesse réelle (m)	Vitesse d'autocurage (m/s)	Hauteur H canal (m)
Début à CA4B3	0,4	0,90	0,588	0,53	0,45	0,75

Le calcul donne une largeur au radier de 0,90 m avec une hauteur de canal de 0,75 m, une vitesse d'autocurage inférieure à la vitesse d'écoulement.

III-3.5. Les canaux de vidange

Ces canaux servent à collecter les eaux issues de la vidange des étangs par l'intermédiaire des moines. Le calcul du débit de dimensionnement se fera en considérant qu'un étang est vidangé à la fois. Il suffira donc de chercher le débit des tuyaux des moines et déduire par la suite celui des canaux de vidange. Le débit des tuyaux des moines peut être obtenu en les

supposant comme des puits de fond avec un écoulement de type orifice.

La formule de détermination est tirée de (TRAN M. Duc, cours d'irrigation 1995) :

$$Q = C * S * \sqrt{2g * \Delta_H} \text{ avec}$$

C = 0,60: coefficient de contraction ou de débit ;

Δ_H : Charge sur l'orifice (m) ;

S : section de l'orifice. On obtient les différents débits dans le tableau suivant:

Tableau 21: Débits de vidange des étangs

BLOC	C	Ø conduite (m)	Δ_H (m)	Débit de vidange (m ³ /s)	Débit de vidange (l/s)	Temps de vidange (h)
BLOC 1	0,6	0,16	1,30	0,12	122	0,63
BLOC 2	0,6	0,20	1,50	0,20	205	0,94
BLOC 3	0,6	0,20	1,50	0,20	205	0,94

Le dimensionnement hydraulique est fait avec les mêmes considérations pour les canaux d'alimentation , on obtient :

Tableau 22: Paramètres hydrauliques des canaux de vidange

BLOC	Canaux de vidange	Débit Q (m ³ /s)	Ks	Vitesse initiale (m/s)	Tirant y (m)	Largeur b(m)	Pente I(%)
BLOC 1	CVB1	0,12	60	0,50	0,37	0,46	0,65
BLOC 2	CV1B2	0,20	60	0,50	0,49	0,60	0,46
	CV2B2	0,20	60	0,50	0,49	0,60	0,46
BLOC 3	CV1B3	0,20	60	0,50	0,49	0,60	0,46
	CV2B3	0,20	60	0,50	0,49	0,60	0,46

Afin d'avoir une pente uniforme on refait le calcul en choisissant I=0,5‰.

On suppose qu'il sera déplacé des débris d'aliments assimilés aux graviers. On a :

Tableau 23: Caractéristiques géométriques des canaux de vidange

BLOC	Canaux de vidange	Pente fixée (%)	Largeur au radier fixée (m)	Tirant d'eau réel(m)	Vitesse réelle (m)	Vitesse d'autocurage (m/s)	hauteur H canal
BLOC 1	CVB1	0,50	0,50	0,387	0,45	0,49	1,80
BLOC 2	CV1B2	0,50	0,50	0,520	0,55	0,59	2,00
	CV2B2	0,50	0,50	0,520	0,55	0,59	2,00
BLOC 3	CV1B3	0,50	0,50	0,520	0,55	0,59	2,00
	CV2B3	0,50	0,50	0,520	0,55	0,59	2,00

Les résultats du tableau nous donnent par bloc des sections géométriques suivantes:

✓ BLOC 1 : (0,50 x 1,80)

✓ BLOC 2 et 3 : (0,50 x 2,00).

III-3.6. Les dispositifs de régulation (moines)

III-3.6.1. Détermination des caractéristiques des moines

La détermination des caractéristiques du moine pour les deux types d'étangs nous donne :

❖ Diamètre intérieur de canalisation

Le diamètre intérieur approprié à un moine détermine sa capacité de débit.

Le tableau suivant nous donne les diamètres en fonction de la superficie d'étang à drainer :

Tableau 24: Diamètre des tuyaux de vidange en fonction de la superficie des étangs

Superficie de l'étang (m ²)	Diamètre intérieur du tuyau (cm)
moins de 100	5-7.5*
100-200	7.5*-10
200-400	10-15
400-1000	15-20
1000-2000	20-25
2000-5000	25-30
plus de 5000	40 ou davantage

Source : [manuel de la FAO pour le développement de l'aquaculture, chapitre 10.1].

À partir du tableau 24, nous pouvons lire un diamètre intérieur de 150 mm pour les étangs de superficie 400 m², pour un délai d'évacuation raisonnable nous convenons de choisir (02) conduites en PVC de diamètre nominale DN160 de pression PN4 de 3,10m.

On retient également (02) conduites en PVC de diamètre nominale DN200 pour les étangs de 800m² avec les mêmes caractéristiques.

❖ Dimensions des moines et des tuyaux de vidange

La longueur des conduites de vidange en PVC est de 3,10 m dont 2,00 m à l'intérieur de l'étang emboîtés de 0,50 m de crépine afin d'empêcher l'entrée des impuretés et une longueur de 0,50 m à l'intérieur du moine sur laquelle sera emboîté un coude PVC tourné vers le haut de diamètre DN160 de PN4 pour les étangs de 400 m² et DN200 pour les étangs de 800m². Dans chaque coude sera remonté un tube PVC en position verticale de même diamètre, de longueur 1,30 m pour les étangs de 400 m² et de longueur 1,50 m pour les étangs de 800m². Afin de permettre la vidange d'étang, les tubes verticaux seront munis à leur sommet d'une poignée de fer HA12, il suffira de tirer sur la poignée du tube pour le déboîter du coude au moment nécessaire de vidange. Il sera prévu pour accéder au moine, une échelle en fer

HA16 de longueur de marche 0,40 m de largeur 0,30 m et de hauteur respectivement 1,30 m pour les étangs de 400 m² ; 1,50 m pour les étangs de 800 m².

Les marches sont espacées de 0,30 m. Les dimensions de moine retenues pour chaque type d'étang sont regroupées dans le tableau suivant :

Tableau 25: Dimensions des moines et tuyaux de vidange pour les étangs de 400 m²

Étang de 400 m ²			
Dimensions de l'ouvrage		Tuyaux de vidange	
Longueur L (m)	1,50	Longueur dans l'étang (m)	2,00
Largeur W (m)	1,20	Longueur de crépine (m)	0,50
Profondeur H (m)	1,30	Longueur dans le moine (m)	0,50
Épaisseur e (m)	0,10	Longueur du tube vertical (m)	1,30
		Longueur totale (m)	4,40

Tableau 26: Dimensions des moines et tuyaux de vidange pour les étangs de 800m²

Étang de 800 m ²			
Dimensions de l'ouvrage		Tuyaux de vidange	
Longueur L (m)	1,50	Longueur dans l'étang (m)	2,00
Largeur W (m)	1,20	Longueur de crépine (m)	0,50
Profondeur H (m)	1,50	Longueur dans le moine (m)	0,50
Épaisseur e (m)	0,10	Longueur du tube vertical (m)	1,50
		Longueur totale (m)	4,60

❖ Dimensions de l'ouvrage d'évacuation de fond pour moine

L'évacuation des eaux de vidange se fait par un puits en béton armé de 10cm d'épaisseur afin de pouvoir supporter les charges transmises par la digue. Le puits d'évacuation aura une section de 0,50 x 0,50 m² pour les étangs de 400 m² et de 1,00 x 0,50 m² pour ceux de 800m² avec une pente longitudinale de 0,5%.

III-3.7. Les bassins de lagunage

À partir des formules de dimensionnement proposées par (Mara,2003), le calcul des dimensions des bassins de lagunages sont présentées comme suit :

Tableau 27: Caractéristiques géométriques des bassins de lagunage

BLOC	Débit de vidange (m ³ /j)	Temps de séjour (h)	Profondeur (m)	Évaporation e (mm/j)	Surface du bassin (m ²)	Dimensions(m)		DBO5 (g/m ³)	λS (kg/ha/j)
						Longueur	Largeur		
BLOC1	18,28	30,00	2,00	1,19	273,84	17,00	16,00	9,00	6,01
BLOC2	30,68	30,00	2,00	1,19	459,61	21,00	21,00	9,00	6,01
BLOC3	30,68	30,00	2,00	1,19	459,61	21,00	21,00	9,00	6,01

III-4. Estimation du coût du projet

La détermination des quantités de matériaux nécessaires à la mise en œuvre des parties d'ouvrages exprimées en volume, a permis d'avoir le quantitatif de la réalisation présenté dans la note de calcul. Dans le but d'avoir une idée sur le coût global d'exécution du projet il a été appliqué des prix unitaires à chaque quantité d'ouvrage. Le tableau ci-après les récapitule :

Tableau 28: Devis estimatif du projet

N°	DESIGNATION DES OUVRAGES	UNITE	QUANTITE	PRIX UNITAIRE HT (FCFA)	MONTANT HT (FCFA)
I	TRAVAUX PRELIMINAIRES				
1	Identification du site	ff	1,00	50.000	50.000
2	Installations du chantier (y compris construction des locaux et déplacement des réseaux divers)	ff	1,00	10.000.000	10.000.000
3	Travaux pédologiques et topographiques y compris élaboration du plan côté et implantation des ouvrages	ff	1,00	4.000.000	4.000.000
4	Débroussaillage et décapage de l'ensemble du périmètre	ha	28,00	200.000	5.600.000
5	Décapage et mise à niveau du terrain à l'aide d'un engin	ff	1,00	2.000.000	2.000.000
	TOTAL I				21.650.000
II	TRAVAUX DE REALISATION D'OUVRAGES				
1	Déblai manuel pour installation des canaux	m ³	767,98	1.500	1.151.964

2	Déblai aux engins pour installation des canaux	m ³	7501,45	2.000	15.002.897
3	Déblai aux engins pour installation des étangs et mise en forme de talus	m ³	56727,69	2.000	113.455.372
4	Remblai d'apport argileux aux engins pour étanchéisation du fond des étangs	m ³	6567,04	3.000	19.701.120
6	Béton de propreté dosé à 150 kg/m ³ sous radiers des canaux	m ³	169,45	60.000	10.166.808
7	Béton ordinaire dosé à 300 kg/m ³ pour radiers des canaux et escaliers d'étangs	m ³	637,95	80.000	51.036.240
8	Parpaings pleins de 40x20x10	m ²	1010,96	6.000	6.065.760
9	Vannettes en tôles pleines pour prises d'eau sur canaux d'admission	U	64,00	7.000	448.000
10	Vannettes tamis pour prises d'eau sur canaux d'admission	U	64,00	8.000	512.000
11	Vannettes en tôles pleines pour prises d'eau sur canaux secondaires	U	74,00	10.000	740.000
12	Enduits sur faces intérieures et extérieures des canaux dosés à 300kg/m ³	m ²	2021,92	2.000	4.043.840
13	Maçonnerie de moellons pour canaux (principal, vidange)	m ²	7044,22	6.000	42.265.295
14	Perrés maçonnés sur talus intérieurs (étangs , bassins de lagunage)	m ²	56686,20	8.000	453.489.600
15	Construction de moines (BLOC 1)	U	24,00	167.694	4.024.664
16	Construction de moines (BLOC 2 et 3)	U	40,00	251.674	10.066.968
17	Échelle de descente pour entretien des canaux de vidange	kg	301,78	1040	313.851
18	Passerelles en Béton armé dosé à 350 kg/m ³ pour passage sur les canaux de vidange	m ³	28,00	130.000	3.640.000
19	Dalot D1 de section (0,90 x 0,75) sur canal principal	U	1,00	160.000	160.000
20	Pont canal de dimensions (3 x 3,20)	U	1,00	255.000	255.000
	TOTAL II				736.539.379
TOTAL HT/HD					758.189.379
TVA (18%)					136.474.088
TOTAL GENERAL					894.663.467

Arrêté le montant du présent devis à la somme de sept cent cinquante-huit millions cent quatre-vingt-neuf mille trois cent soixante-dix-neuf (758.189.379) FCFA Hors Taxes.

Le coût de l'aménagement à l'hectare est de : 26.649.890 FCFA.

III-5. Planification de la production et gestion des fermes piscicoles

III-5.1. Justification du choix de l'espèce d'élevage

Le choix de l'espèce de production pour l'aménagement est le tilapia du Nil (*Oreochromis niloticus*), un incubateur buccal. La femelle élève toujours ses petits dans la bouche, d'où le nom d'Oreochromis.

C'est un poisson tropical originaire d'Afrique considéré comme l'une des plus importantes espèces et meilleure pour l'aquaculture en eau douce. C'est un poisson adapté à des températures de 14 à 35°C et peut supporter jusqu'à 41°C, il peut tolérer une eau d'alimentation de pH compris entre 5 et 11 (ADJANKE.A, formation en pisciculture 2011) Cette espèce a des multiples qualités comme sa rapidité de croissance, son large appétit alimentaire, son adaptation à des écosystèmes variés, son goût apprécié par les consommateurs. Sa rapidité de croissance favorise le repeuplement systématiquement des étangs, et pourrait constituer un problème à l'optimisation des rendements. La solution efficace serait de faire un élevage monosexue (mâle) car ils grossissent plus vite et atteignent des poids commercialisables, ou de prévoir la production des prédateurs (*Hemichromis*, *Lates*, *Clarias*...) de manière à réduire la biomasse.

La méthode utilisée ici est celle par classes d'âges séparées qui consiste à réaliser l'alevinage et le grossissement dans différents étangs. La figure suivante nous montre l'espèce de poisson



Figure 8: Tilapia du Nil (*Oreochromis niloticus*)

III-5.2. Oxygénation des poissons

Oreochromis niloticus est une espèce adaptée à de larges variations des facteurs écologiques de son milieu. En effet du point de vue de la concentration en oxygène dissous, cette espèce tolère à la fois de nets déficits et des sursaturations importantes. Elle peut supporter plusieurs heures des teneurs en oxygène dissous de l'ordre de 0,10 mg/l ou PPM (part par million), ce qui est supposé très faible.

La production d'oxygène dans les étangs est assurée, dans la journée avec une température de l'eau avoisinant 30°C par les organismes végétaux (phytoplancton), un ensemble très varié d'algues aquatiques contenant de la chlorophylle, donc pouvant transformer l'énergie solaire en énergie chimique (photosynthèse). Cette concentration en oxygène dissous dans l'eau est de 7 mg/l à 30°C et augmente à 11 mg/l ; la nuit à une température de l'ordre de 10°C (FAO). Une forte intensité des activités piscicoles peuvent amener à prévoir en absence de production photosynthétique des aérateurs à pales de surface pour une oxygénation artificielle des étangs.

III-5.3. Technique de production d'alevins en étang de 400m²

Elle sera, de disposer d'étangs de reproduction et d'alevinage de manière à obtenir des alevins de 0,5 à quelques grammes, suivi des étangs de prégrossissement pour la production de gros alevins « fingerlings » de poids (20 à 30 g).

III-5.3.1. Hypothèse de production

- Durée du cycle : 04 mois soit 120 jours ;
- Nombre de cycles /an : 2 cycles ;
- Nombre de récolte / cycle : 06 récoltes ;
- Taux de mortalité : 10% ;
- Prix d'acquisition des géniteurs : 600 FCFA/ géniteur ;

III-5.3.2. Organisation et résultats de production

La mise en charge dans les étangs de 400 m² se fera en considérant 70 géniteurs mâles de poids moyen compris entre (120-150g) et 200 femelles de poids entre (100-120g), soit 1 mâle pour 03 femelles pour une densité de 0,675 géniteur/m². La ration théorique d'alimentation journalière d'un géniteur est de 20 g/ jour composée de 50 % de son de riz + 50 % de tourteau d'arachide et de coton, les (02) premiers mois et 15g/jour les derniers mois.

L'exploitation débutera 45 jours, après la mise en charge avec une technique de récolte de passage de la senne à maille 6mm tous les 15 jours au fur et à mesure de la production. La production escomptée est de 8000 à 16000 alevins tous les 15 jours, soit 48000 à 96000 alevins. Ce qui revient à une production moyenne de 72000 alevins de poids moyen, (1-5g), pour un cycle de production dans un étang de 400 m².

Les alevins qui atteignent 5g sont remis en prégrossissement dans de nouveaux étangs avec une densité de 20 alevins /m² soit 8000 alevins dans un étang de 400m², l'on pourrait après une période de 2 mois passé à une récolte de fingerlings. La production est d'environ 2.000 à 3.000 juvéniles /étang /cycle de poids moyen compris entre 25 et 30g avec un taux de survie de 90% bon pour la mise en charge dans les étangs de 800 m² de production de poissons marchands. La production d'alevins monosexes mâles est basée sur la technique de séparation des sexes des alevins ayant atteint un stade sexuellement identifiable. Toutefois cette technique conduit à des erreurs de sexage, les alevins femelles après le tri seront vendus pour des futures reproductions.

Les coûts d'aliments sont ceux retenus pour le projet d'élevage piscicole qui sont établis dans le tableau suivant :

Tableau 29: Coût des aliments pour poissons

Aliment de base	Prix au Kg (FCFA)
Son de riz	60
Son de maïs	45-50
Maïs graine	120
Son de blé	72
Farine de blé	440
Tourteau de coton	110
Farine de poisson	350
Soja graine	140
Soja torréfié	250
Tourteau d'arachide	120

Source : PEP de Bagré (fiche d'étang d'aquaculture)

Compte tenu des prix retenus par le PEP de Bagré, nous adopterons pour la première année un prix de ventes des alevins de 80 FCFA /alevin, avec une évolution de 30FCFA chaque année.

III-5.4. Technique de production de poissons marchands en étang de 800 m²

III-5.4.1. Hypothèses et vérification de production de poissons marchands

- Prix d'achat d'aliments : 75F/kg avec une alimentation de 2g/alevin ;
- Densité de mise en charge : 4 poissons au m² soit 3200 mâles ;
- Durée du cycle : 4 mois soit 120 jours ;
- Poids moyen initial : 30g ;
- Croissance journalière estimée à 1,88 g/jour ;
- Poids moyen final : 256g à la récolte ;
- Taux de survie : 70 à 95%
- Rendement de 28,40 t/ha/an la première année et évolue de 2t chaque année ;
- Prix du poisson marchand sur site : Il est 1350 F/kg et évoluera de 50 FCFA chaque année.

On procède chaque mois, à un contrôle de la croissance en éliminant les femelles et les alevins reproduits dues aux erreurs de sexage. Ce contrôle se fait à la senne à mailles de 6mm.

III-5.5. Gestion du périmètre piscicole

La gestion d'un périmètre piscicole prend en compte les infrastructures de fonctionnement et de production, les équipements et matériels de l'aménagement, matériels d'exploitation et le mode de conduite de l'élevage.

Les équipements à prévoir pour le fonctionnement sont : les matériels et mobiliers de bureau, de transport, Granuleuse, Épuisettes, Bâches, Tables de tri.

Les matériels d'exploitation sont : les seaux plastiques, râdeaux, brouettes, sennes, brosse, bottes, bassines, balances, kit d'appareils de mesures. Le technique de production doit dépendre du type de poissons à élevés et de la méthode d'alimentation.

III-6. Analyse économique et financière du projet

L'analyse économique et financière est élaborée sur une certaine durée, en effet elle portera sur période de 10ans pour ce projet.

III-6.1. Détermination du coût de budget du projet

Le coût de budget du projet est déterminé à partir du budget d'investissements investi pour la réalisation de l'aménagement durant une période donnée et du besoin en fonds de roulement, liés à la production qui est le coût des matériaux pour l'alimentation des poissons, des frais généraux et des frais de fournitures.

III-6.1.1. Le budget d'investissements du projet

Ces coûts sont présentés dans le tableau ci-après :

Tableau 30: Coût d'investissements du projet

RUBRIQUES	Quantité (Kg)/nombre	Prix unitaire (FCFA)	Montant(FCFA)	% des éléments
Aménagements et installations				
Réalisation des ouvrages d'exploitation	1	758.189.379	758.189.379	84,68
Construction de magasin de stockage et bureau (20 m ² chacun)	7	80.000	11.200.000	1,25
Guérite pour gardiens (3,5 x 3,5) m ²	12,25	60.000	735.000	0,08
Latrines VIP ventilés+douche à 04 postes, chacune de (1,20 x 1,50) m ²	7,2	50.000	360.000	0,04
Mise en place d'une unité de production d'aliments	1	100.000.000	100.000.000	11,17
Réalisation d'un forage équipé à usage d'eau potable	1	6.000.000	6.000.000	0,67
Clôture en fil de fer barbelé (m)	1100	5.000	5.500.000	0,61
Équipements et matériels				
Matériels et mobiliers de bureau	-	-	5.000.000	0,56
Matériels de transport	-	-	8.000.000	0,89
Granuleuse	-	-	150.000	0,02
Épuisettes	5	5.000	25.000	0,002
Bâches	3	35.000	105.000	0,012
Tables de tri	3	25.000	75.000	0,008
TOTAL (investissements)			895.339.379	100

III-6.1.2. Le besoin en fond de roulement (BFR)

Il est composé de l'achat des matériaux essentiels, des matériels et des frais généraux liés à la l'exploitation. Ainsi on a :

Tableau 31: Besoin en fonds de roulement (BFR)

RUBRIQUES	Quantité (kg)/nombre	Prix unitaire (FCFA)	Montant(FCFA)
Achats de matériaux			
Acquisition de géniteurs	6480	600	3.888.000
Alimentations pour géniteurs	15552	300	4.665.600
Alimentations pour gros alevins	57600	75	4.320.000
Sous-total 1			12.873.600
Matériels d'exploitation et outillages			
Sceaux plastiques	8	2.000	16.000
Râteaux	3	3.000	9.000
Brouettes	4	30.000	120.000
Sennes ou passoirs	3	700	2.100
Brosses	3	800	2.400
Bottes	4	6.000	24.000
Bassines	5	3.000	15.000
Balances	3	25.000	75.000
kit d'appareils de mesures du pH	1	200.000	200.000
Sous-total 2			355.500
Autres frais			
Achat d'emballages plastiques	-	-	30.000
Transport sur achat	-	-	80.000
Eau et électricité	-	-	800.000
Publicité, entretien et maintenance	-	-	200.000
Frais de recrutement du personnel	-	-	100.000
Fourniture administrative	-	-	250.000
Poste et télécommunication	-	-	300.000
Salaire du personnel	-	-	10.000.000
Sous-total 3			11.760.000
TOTAL (BFR)			24.989.100

Par conséquent, le coût de budget du projet est de :

$$CB = Investissements + BFR \quad ; \quad \text{soit} \quad CB = 920.328.479 \text{ FCFA}$$

III-6.2. Évaluation des amortissements de l'investissement

En observant un mode d'amortissement par annuité constante, on a :

Tableau 32: Amortissements de l'investissement

DESIGNATIONS	Montant (FCFA)	Durée	Annuité d'amortissements										Amortisse ments cumulés	Valeur nette comptable
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Aménagements et installations														
Réalisation des ouvrages d'exploitation	758189379	20	37909469	37909469	37909469	37909469	37909469	37909469	37909469	37909469	37909469	37909469	379094690	379094690
Construction d'un magasin de stockage et bureau (m ²)	11200000	6	1866667	1866667	1866667	1866667	1866667	1866667	0	0	0	0	11200000	0
Guérite pour gardiens (m ²)	735000	6	122500	122500	122500	122500	122500	122500	0	0	0	0	735000	0
Latrines VIP ventilés+douche à 04 postes, chacune de 1,20 x 1,50 m ²	360000	6	60000	60000	60000	60000	60000	60000	0	0	0	0	360000	0
Mise en place d'une unité de production d'aliments	10000000	3	33333333	33333333	33333333	0	0	0	0	0	0	0	100000000	0
Réalisation d'un forage équipé à usage d'eau potable	6000000	6	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	0	0	0	0	6000000	0
Clôture en fil de fer barbelé (m)	5500000	4	1375000	1375000	1375000	1375000	0	0	0	0	0	0	5500000	0
Matériels et mobiliers de bureau	5000000	4	1250000	1250000	1250000	1250000	0	0	0	0	0	0	5000000	0
Matériels de transport	8000000	5	1600000	1600000	1600000	1600000	1600000	0	0	0	0	0	8000000	0
Granuleuse	150000	5	30000	30000	30000	30000	30000	0	0	0	0	0	150000	0
Épuisettes	25000	2	12500	12500	0	0	0	0	0	0	0	0	25000	0
Bâches	105000	3	35000	35000	35000	0	0	0	0	0	0	0	105000	0
Tables de tri	75000	4	18750	18750	18750	18750	0	0	0	0	0	0	75000	0
TOTAL	924003019	-	78613219	78613219	78600719	45232386	42588636	40958636	37909469	37909469	37909469	37909469	516244690	379094690

III-6.3. Estimation du chiffre d'affaires ou du budget de ventes

Tableau 33: Budget de ventes des produits

DESIGNATIONS		Chiffres d'affaires(FCFA)									
		Année 1	Année 2	Année 3	Année 4	Année 5	Année 6	Année 7	Année 8	Année 9	Année 10
Vente d'alevins	Nombre	1555200	1555200	1555200	1555200	1555200	1555200	1555200	1555200	1555200	1555200
	Prix unitaire (FCFA)	80	110	140	170	200	230	260	290	320	350
	Total de ventes	124.416.000	171.072.000	217.728.000	264.384.000	311.040.000	357.696.000	404.352.000	451.008.000	497.664.000	544.320.000
Vente de poissons marchands	Quantité (kg)	90880	90880	90880	90880	90880	90880	90880	90880	90880	90880
	Prix unitaire (FCFA)	1.350	1.450	1.550	1.650	1.750	1.850	1.950	2.050	2.150	2.250
	Total de ventes	122.688.000	131.776.000	140.864.000	149.952.000	159.040.000	168.128.000	177.216.000	186.304.000	195.392.000	204.480.000
Chiffres d'affaires prévisionnelles		247.104.000	302.848.000	358.592.000	414.336.000	470.080.000	525.824.000	581.568.000	637.312.000	693.056.000	748.800.000

III-6.4. Compte de résultats prévisionnels

Tableau 34: Compte de résultats prévisionnels

Rubriques	Année 1	Année 2	Année 3	Année 4	Année 5	Année 6	Année 7	Année 8	Année 9	Année 10
Chiffre d'affaires	247.104.000	302.848.000	358.592.000	414.336.000	470.080.000	525.824.000	581.568.000	637.312.000	693.056.000	748.800.000
Achats de matériaux	12.873.600	12.873.600	12.873.600	12.873.600	12.873.600	12.873.600	12.873.600	12.873.600	12.873.600	12.873.600
Marge brute sur M	259.977.600	315.721.600	371.465.600	427.209.600	482.953.600	538.697.600	594.441.600	650.185.600	705.929.600	761.673.600
Achat d'emballages plastiques	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
Transport sur achat	80.000	80.000	80.000	80.000	80.000	80.000	80.000	80.000	80.000	80.000
Eau et électricité	800.000	800.000	800.000	800.000	800.000	800.000	800.000	800.000	800.000	800.000
Publicité, entretien et maintenance	200.000	200.000	200.000	200.000	200.000	200.000	200.000	200.000	200.000	200.000
Frais de recrutement du personnel	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
Fourniture	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000

administrative										
Poste et télécommunication	300.000	300.000	300.000	300.000	300.000	300.000	300.000	300.000	300.000	300.000
Valeur ajoutée	261.737.600	317.481.600	373.225.600	428.969.600	484.713.600	540.457.600	596.201.600	651.945.600	707.689.600	763.433.600
Salaire du personnel	10.000.000	10.000.000	10.000.000	10.000.000	10.000.000	10.000.000	10.000.000	10.000.000	10.000.000	10.000.000
Excédent brut d'exploitation (EBE)	251.737.600	307.481.600	363.225.600	418.969.600	474.713.600	530.457.600	586.201.600	641.945.600	697.689.600	753.433.600
Dotations aux amortissements	78.613.219	78.613.219	78.600.719	45.232.386	42.588.636	40.958.636	37.909.469	37.909.469	37.909.469	37.909.469
Résultat d'exploitation	173.124.381	228.868.381	284.624.881	373.737.214	432.124.964	489.498.964	548.292.131	604.036.131	659.780.131	715.524.131
Frais financiers (intérêt)	30.000.000	30.000.000	30.000.000	30.000.000	30.000.000	30.000.000	30.000.000	30.000.000	30.000.000	30.000.000
Résultat avant impôt	143.124.381	198.868.381	254.624.881	343.737.214	402.124.964	459.498.964	518.292.131	574.036.131	629.780.131	685.524.131
Impôt sur bénéfice (IBIC: 38%)	0	75.569.985	96.757.455	130.620.141	152.807.486	174.609.606	196.951.010	138.456.109	239.316.450	260.499.170
Résultat net	143.124.381	123.298.396	157.867.426	213.117.073	249.317.478	284.889.358	321.341.121	435.580.022	390.463.681	425.024.961
Cumuls des résultats nets	-	266.422.777	424.290.203	637.407.276	886.724.754	1.171.614.112	1.492.955.233	1.928.535.255	2.318.998.936	2.744.023.897

III-6.5. Détermination de la capacité d'auto-financement

Tableau 35: Capacité d'auto-financement du projet

Rubriques	Année 1	Année 2	Année 3	Année 4	Année 5	Année 6	Année 7	Année 8	Année 9	Année 10
Résultat net	143.124.381	123.298.396	157.867.426	213.117.073	249.317.478	284.889.358	321.341.121	435.580.022	390.463.681	425.024.961
Dotations aux amortissements	78.613.219	78.613.219	78.600.719	45.232.386	42.588.636	40.958.636	37.909.469	37.909.469	37.909.469	37.909.469
Capacité d'auto-financement ou Cash-flow	221.737.600	201.911.615	236.468.145	258.349.459	291.906.114	325.847.994	359.250.590	473.489.491	428.373.150	462.934.430
Cumul des Cash-flow	-	423.649.215	660.117.360	918.466.819	1.210.372.933	1.536.220.927	1.895.471.517	2.368.961.008	2.797.334.158	3.260.268.588

III-6.6. Analyse de la rentabilité

III-6.6.1. Valeur actuelle nette (VAN)

Elle consiste à comparer le coût du budget, incluant toutes les charges relatives au projet, à la valeur actuelle des Cash-Flows attendus. Elle se calcule suivant la formule :

$$VAN = \sum CF(1+i)^{-t} - I \quad \text{avec}$$

I : Coût du budget ; i = 8% : taux d'actualisation déflaté

t : période d'actualisation ; $(1+i)^{-t}$: facteur d'actualisation

L'actualisation des cash-flows nous donne :

Tableau 36: Capacité d'auto-financement ou Cash-Flow actualisés

Éléments	Année 1	Année 2	Année 3	Année 4	Année 5	Année 6	Année 7	Année 8	Année 9	Année 10
$(1+i)^{-t}$	0,9259259	0,8573388	0,7938322	0,7350299	0,6805832	0,63016963	0,5834904	0,54026888	0,50024897	0,46319349
CF	221.737.600	201.911.615	236.468.145	258.349.459	291.906.114	325.847.994	359.250.590	473.489.491	428.373.150	462.934.430
CF $(1+i)^{-t}$	205.312.587	173.106.662	187.716.028	189.894.577	198.666.387	205.339.510	209.619.271	255.811.637	214.293.227	214.428.214
Cumuls des CF $(1+i)^{-t}$	-	378.419.249	566.135.277	756.029.854	954.696.241	1.160.035.751	1.369.655.022	1.625.466.659	1.839.759.886	2.054.188.100

On a: $VAN = 2.054.188.100 - 920.328.479 \Rightarrow VAN = 1.133.859.621 \text{ FCFA}$

$VAN > 0$ alors le projet est bénéfique, autrement dit on constate un surplus sur 10ans de **1.133.859.621 FCFA**. Le coût d'investissements initial peut être récupéré par les Cash-Flows actualisés sur une durée d'exécution du projet.

III-6.6.2. Délai de récupération du budget

On remarque que la valeur du coût de budget investi est comprise entre les Cash-Flow actualisés des années 4 et 5, donc par interpolation linéaire on déduit le délai de récupération du budget qui est de : DR= 4,83 ans, soit 4 ans 9 mois 28 jours.

III-7. Notice d'impact environnemental

L'exécution de tout projet, influence son environnement et occasionne des retombées d'ordre socio-économique et environnemental. Il s'avère par conséquent important d'analyser ou d'évaluer des effets dus, à ce projet grâce aux activités anthropiques sur l'environnement. Cependant, cette partie traite des impacts environnementaux (positifs et négatifs) qui pourront être engendrés par le projet et propose d'une part les mesures correctives ou d'atténuation, de bonification et de compensation des effets négatifs probables.

III-7.1. Identification et évaluation des principaux impacts

III-7.1.1. Identification des impacts

L'aquaculture étant une activité en interaction avec l'environnement, elle engendre sûrement des impacts sur ce dernier. L'identification des impacts fait référence à leurs sources et leurs récepteurs. Les sources concernent les activités prévues lors de la réalisation des travaux à différentes étapes (phase de préparation, de construction et exploitation). Quant aux récepteurs, ils désignent les éléments du milieu naturel susceptibles d'être affectés par le projet (eau, sols, faune et flore, population).

Tableau 37: Identification des sources et récepteurs d'impacts

Phase du projet	Sources d'impact							
		Milieux biophysique					Milieux humains	
		Eaux	Sol	Air	Faune	Flore	Santé	socio-économie
Préparation	Défrichement, débroussaillage, et terrassement		X	X	X	X	X	X
Aménagement et construction	Excavation en masse		X	X	X	X	X	X
	Construction d'une ferme	X	X					X
	Construction de digues et de routes	X	X	X				X
	Construction de canaux d'alimentation, de drainage, bassin	X	X	X				X
	Travaux d'aménagement	X	X		X	X		X
Exploitation	Technique d'exploitation	X			X		X	
	Eaux de rejet	X			X	X	X	
	Aliment et fertilisants, pesticides,	X					X	
	Commercialisation						X	X

L'explication du tableau ci-dessus se fera, après le calcul des pourcentages des éléments influencés afin de déduire les impacts affectant les milieux récepteurs.

Les pourcentages ≥ 10 pris verticalement indiquent une forte interaction entre les sources et les milieux récepteurs. On obtient pour les différents milieux les pourcentages suivants :

Eaux : 10% ; Sol : 8,57% ; Air : 5,71% ; Faune : 7,14% ; Flore : 5,71% ; Paysage: 6,81% ; Santé : 8,57% ; Socio-économie : 10%.

On remarque que les activités du projet ont une forte interaction sur les eaux et l'économie.

Il revient de ce fait d'apporter des corrections à ce égard.

III-7.1.2. Évaluation des impacts

L'évaluation des impacts est soumise aux éléments suivants :

- Nature de l'impact : elle peut être positive, négative ou indéterminé ;
- La valeur de l'impact : elle peut être forte, moyenne ou faible ;
- L'étendue de l'impact : elle peut être ponctuelle, locale ou régionale selon la limitation de l'ampleur ;
- L'intensité de l'impact : elle est soit forte, moyenne ou faible suivant le niveau de perturbation ou de dégradation ;
- Durée de l'impact : elle est soit courte, moyenne ou longue selon le délai du changement apporté.

L'évaluation des impacts est déterminée à partir de la matrice de Fecteau dont les résultats sont présentés comme suit :

Tableau 38: Matrice d'évaluation des impacts

Milieux récepteurs	Impacts	Nature	Intensité	Étendue	Durée	Valeur
Faune	Disparition des animaux	Négative	Forte	Locale	Longue	Moyenne
Flore	Perte de la flore	Négative	moyenne	Locale	Moyenne	Moyenne
Air	Pollution de l'air par la poussière	Négative	Faible	Locale	Courte	Faible
	Pollution de l'air les engins	Négative	Faible	Locale	Courte	Faible
Sol	Modification de la structure	Négative	Forte	Ponctuelle	Longue	Forte
	Pollutions des sols avec fertilisants ou pesticides	Négative	Forte	Ponctuelle	Longue	Forte

Eaux	Contamination des ressources en eau	Négative	Forte	Régionale	Longue	Forte
Santé	Nuisances sonores	Négative	Faible	Locale	Courte	Faible
	Maladies	Négative	Moyenne	Locale	Longue	Moyenne
Économie	Développement économique et création d'emploi	Positive	Forte	Régionale	Longue	Forte

III-7.2. Les mesures d'atténuation, de bonification ou compensation

Les mesures d'atténuation sont l'ensemble des moyens mis en œuvre pour prévenir ou réduire l'importance des impacts sur l'environnement. Après l'évaluation de ces impacts il est d'une nécessité de mettre ces mesures en place afin de conserver ou corriger l'intégrité de l'environnement. Le tableau ci-dessous résume les mesures recommandées :

Tableau 39: Mesures d'atténuation et de bonification

Milieus récepteurs	Impacts	Mesures d'atténuation ou de bonification
Sol	Emplacement et mode de construction de bassins inadapté	● Interdiction de construire les bassins dans une aire écologique ● Réduire les aires à convertir en bassin.
	Modification de la texture du sol ou érosion	● Construire les bassins pendant la saison sèche ● Prévoir une digue périphérique autour du chantier avant les travaux de terrassement
	Pollution des sols	● Interdire d'épandre des effluents liquides ou solides sur des terres cultivables.
Eau	Contamination de l'eau	● Traiter des eaux usées avant tout rejet. ● Réduire de temps de rétention de l'eau dans les bassins.
Socioéconomique et culturelle	Difficultés d'intégration du projet sur le plan social et culturel	● Information et approbation des populations concernées et des autorités. ● Intégration de la population locale dans le projet ● Embaucher la main d'œuvre locale.

CONCLUSION

Les études effectuées pour le projet d'aménagement initié ont contribué à comprendre les conditions de réalisation et de gestion des aires piscicoles. Elles ont également permis de porter un œil sur le fonctionnement d'une installation piscicole. Cependant, l'exploitation efficace offre une durabilité certaine des infrastructures d'un périmètre piscicole.

Ainsi, il est recommandé la formation des exploitants aguerris et mieux avertis sur les pratiques adaptées à une aire aquacole, ceux pour atteindre les objectifs fixés par l'État dans le but d'assurer la sécurité alimentaire souhaitée avec le développement du sous-secteur et la croissance économique. La réussite d'un projet piscicole nécessitera l'implication des acteurs à divers niveaux pour un tant soit peu booster le sous-secteur vers un niveau de développement appréciable. Elle passe aussi par le suivi et la supervision à plein temps des infrastructures de manière à assurer le délai de vie envisagé lors de la conception qui sont obtenues à un coût très élevé.

La concrétisation des résultats escomptés et la réduction du taux de mortalité des espèces envisagées seront le fruit d'une collaboration parfaite entre les acteurs intervenant sur le périmètre piscicole et de l'approvisionnement en temps réel des intrants piscicoles.

RECOMMANDATIONS SUR LE PROJET

À la fin cette étude d'aménagement, il est formulé un certain nombre de recommandations afin de rendre pérenne les ouvrages et l'exploitation.

- ❖ Il est suggéré de recouvrir le fond de l'étang au niveau de l'arrivée d'eau, de tas de pierres ou d'un revêtement en béton de manière à éviter les affouillements donc la destruction de l'assiette d'étang ;
- ❖ Faudrait lors de la réalisation prévoir au niveau de l'arrivée d'eau des pierres scellés dans le talus de la digue, pour freiner la vitesse d'écoulement de l'eau et donner aux poissons une certaine commodité dans leur reproduction ou développement ;
- ❖ Le suivi régulier des paramètres physico-chimiques de l'eau d'alimentation et des effluents de façon à aboutir aux résultats escomptés
- ❖ Contrôler les berges des étangs pour s'assurer de leur durabilité et procéder à des réfections à temps partiels si elles sont érodées ;

BIBLIOGRAPHIE

Ouvrages et articles

- ☞ [1] A .L. MAR, 2004. *Cours d'hydraulique : écoulement à surface libre*
- ☞ [2] FAO, 1981-1994. Collection FAO Formation: méthodes simples pour l'aquaculture
- ☞ [3] Guide de bonne pratique pour la création d'étangs.
- ☞ [4] Guide pédagogique : « Manuel de la pisciculture semi-intensive en étang ».
- ☞ [5] G, Ismaël, 2012. *Cours de barrage 2012*.
- ☞ [6] Pisciculture continentale: L'eau - Le sol - La topographie - Les étangs et leurs ouvrages - La gestion.
- ☞ [7] FAO, 1992. « Manuel pour le développement de la pisciculture à Madagascar. FI: DP/MAG/88/005. Document technique N° 4,218 p ».
- ☞ [8] Manuel de la pisciculture de *Tilapia nilotica* dans les eaux continentales de la Côte d'Ivoire.
- ☞ [9] Manuel de formation en pisciculture « Production d'alevins et gestion de ferme piscicole »
- ☞ [10] M.FAYE, 2011. « Plan Cadre de Gestion Environnementale et Sociale (PCGES) ; rapport final » [10] OVONO, 2012. *Technologie de construction*.
- ☞ [11] Yacouba KONATE, 2014. *Cours d'assainissement*.

Sites internet

<http://www.btcctb.org/files/web/publication/Partie%201%20-%20Choix%20d%E2%80%99un%20site%20et%20construction%20des%20%C3%A9tangs%20en%20terre.pdf> , consulté le 16/03/2015

<http://www.btcctb.org/files/web/publication/Partie%202%20-%20Pr%C3%A9paration%20de%20l%E2%80%99%C3%A9tang%2C%20mise%20en%20charge%20des%20poissons%20et%20alimentation%20des%20poissons.pdf>,

consulté le 18/02/2015

NOTE DE CALCUL

1. Calcul hydraulique et dimensionnement des ouvrages

1.1. Les étangs

- La structuration des étangs sur la carte du périmètre

L'utilisation optimale de l'espace réservé à l'implantation est donnée par celle où tous les bassins sont dans le même plan. Néanmoins les contraintes du terrain ne nous permettent pas d'adopter cette disposition, il faudra donc s'adapter au terrain, le plan d'aménagement retenu est que pour chaque ferme, les étangs soient disposés par séries parallèles de manière à être alimentés par un même canal secondaire et que deux lignes d'étangs partagent le même canal de vidange.

La disposition des étangs en parallèle offre plus d'avantages dans la gestion par rapport à la disposition en série. En effet, dans ce dernier cas, l'alimentation et la vidange des étangs nécessitent de longs temps de manœuvre en plus cette disposition favorise la propagation des maladies.

- Détermination des caractéristiques géométriques

Les superficies extérieures, et les profondeurs spécifiées par les termes de référence (TDR) ainsi que la nature du sol du site nous ont permis de déduire les autres dimensions. On retient par bloc les caractéristiques géométriques suivantes :

Tableau 40: Caractéristiques géométriques des étangs

BLOC 1 (24 x 400m ²)	Largeur au sommet	16m	BLOC3 (16 x 800m ²)	Largeur au sommet	23m
	Longueur au sommet	25m		Longueur au sommet	35m
	Angle de talus	2H/1V		Angle de talus	2H/1V
	Hauteur amont	1,1m		Hauteur amont	1,2m
	Hauteur aval	1,3m		Hauteur aval	1,5m
	Hauteur moyenne	1,2m		Hauteur moyenne	1,35m
	Largeur à la base	11,2m		Largeur inférieure	17,6m
	Longueur à la base	20,2m		Longueur inférieure	29,6m
	Pente longitudinale	1%		Pente longitudinale	1%
BLOC2 (24 x 800m ²)	Largeur au sommet	23m	BLOC3 (16 x 800m ²)	Largeur au sommet	23m
	Longueur au sommet	35m		Longueur au sommet	35m
	Angle de talus	2H/1V		Angle de talus	2H/1V
	Hauteur amont	1,2m		Hauteur amont	1,2m
	Hauteur aval	1,5m		Hauteur aval	1,5m
	Hauteur moyenne	1,35m		Hauteur moyenne	1,35m
	Largeur à la base	17,6m		Largeur inférieure	17,6m
	Longueur à la base	29,6m		Longueur inférieure	29,6m
	Pente longitudinale	1%		Pente longitudinale	1%

Le calcul de la hauteur amont est fonction de la pente longitudinale de l'étang, et de la largeur

inférieure qui elle dépend de la hauteur moyenne $(H_{am}+H_{av})/2$, alors il a été établi la formule suivante :

$$H_{am} = \frac{H_{av} * (1 + Pente\ talus * Pente\ long) - (Pente\ long * Long\ sup)}{(1 - Pente\ talus * Pente\ long)}$$

- Évaluation de la capacité en eau et volume de déblais des étangs

À partir des dimensions obtenues par bloc d'étangs, nous pouvons évaluer le volume de déblais et d'eau, grâce à la formule de volume d'un solide à base rectangulaires (formules de tas de cailloux ou sables) :

$$Volume = \frac{h_{moy}}{6} * [(2a + a')b + (2a' + a)b']$$

Le tableau ci-après regroupe les valeurs obtenues :

Tableau 41: Calcul des volumes d'eau et de déblais pour chaque type d'étang

Volume d'eau		Largeur sup (a)	Longueur sup (b)	Hauteur avale	Pente longitudinale	Hauteur amont	Hauteur moy
	BLOC 1	15	24	1,05	0,01	0,85	0,95
	BLOC 2	22	34	1,25	0,01	0,95	1,10
	BLOC 3	22	34	1,25	0,01	0,95	1,10
		Largeur inf (a')	Longueur inf (b')	Revanche r	Volume unitaire (m3)	Volume total (m3)	
	BLOC 1	11,20	20,20	0,25	276	6621	
	BLOC 2	17,60	29,60	0,25	696	16696	
	BLOC 3	17,60	29,60	0,25	696	11131	
Volume de déblai		Largeur sup (a)	Longueur sup (b)	Hauteur avale	Pente longitudinale	Hauteur amont	Hauteur moy
	BLOC 1	16,00	25,00	1,30	0,01	1,10	1,20
	BLOC 2	23,00	35,00	1,50	0,01	1,20	1,35
	BLOC 3	23,00	35,00	1,50	0,01	1,20	1,35
		Largeur inf (a')	Longueur inf (b')	Revanche r	Volume unitaire (m3)	Volume total (m3)	
	BLOC 1	11,20	20,20	0,25	371	8900	
	BLOC 2	17,60	29,60	0,25	890	21355	
	BLOC 3	17,60	29,60	0,25	890	14237	

Les dimensions du tableau sont en mètre (m)

▪ Estimation du besoin en eau des étangs

Le besoin en eau d'un étang est déduit à partir de sa capacité, son évaporation et son infiltration qui dépendent des conditions climatiques et pédologiques.

L'évaporation moyenne est obtenue des valeurs d'évapotranspiration relevées à la station climatologique de Fada N'Gourma sur toute l'année, quant à l'infiltration du fond aménagé des étangs elle est de 2 mm/j. Les formules ci-après nous ont permis de calculer les éléments du besoin en eau récapitulés dans le tableau suivant :

Formules

✓ Évaporation moyenne journalière au lac (mm /j)

$$E_{V moy} = \frac{1}{30} \sum E_{V mens} \quad \text{avec } E_{V moy}: \text{évaporation moyenne journalière (mm /j)}$$

$$E_{V mens}: \text{évaporation mensuelle (mm)}$$

✓ Évaporation totale (m³)

$$E_{totale} = \frac{E_{V moy}}{1000} * \text{surface d'évap} * \text{temps de production} * 30$$

✓ Infiltration totale (m³)

$$Inf_{totale} = \frac{Inf_{journ}}{1000} * \text{surface d'inf} * \text{temps de production} * 30$$

avec temps de production = 04 mois

✓ Besoin unitaire (m³)

$$\text{besoin unitaire} = \text{Volume d'eau} + \text{évaporation totale} + \text{infiltration totale}$$

✓ Besoin global /bloc (m³)

$$\text{besoin global} = \text{besoin unitaire} * \text{Nb étangs/bloc}$$

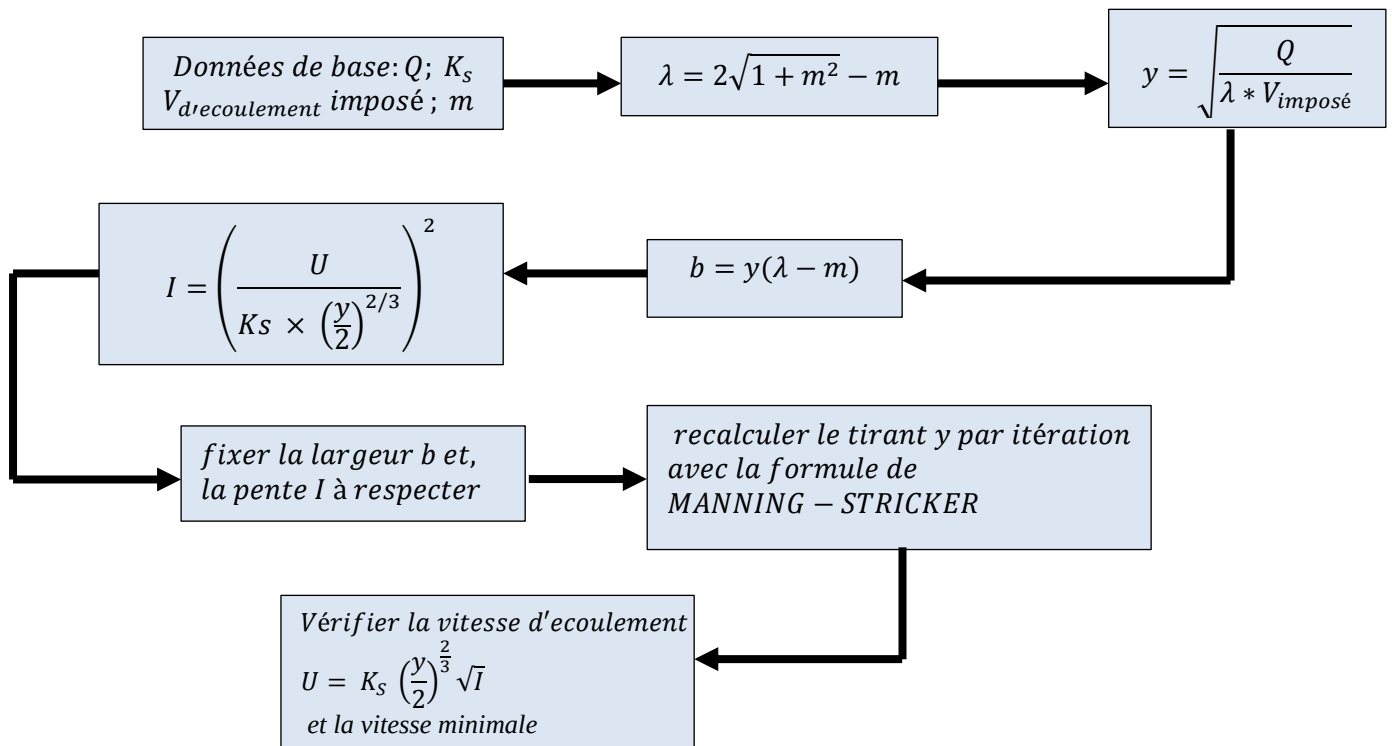
Tableau 42: Estimation des besoins en eau pour la production

BLOC 1	Volume d'eau unitaire (m ³)	évaporation moyenne mensuelle (mm/m)	évaporation moyenne journalière (mm/j)	évaporation totale (m ³)
	276	174,92	5,83	251,88
	infiltration journ (mm/j)	infiltration totale (mm/j)	besoin unitaire (m ³)	besoin global (m ³)
	2	54,30	582	13969
BLOC 2	Volume d'eau unitaire (m ³)	évaporation moyenne mensuelle (mm/m)	évaporation moyenne journalière (mm/j)	évaporation totale (m ³)
	696	174,92	5,83	523,35
	infiltration journ (mm/j)	infiltration totale (mm/j)	besoin unitaire (m ³)	besoin global (m ³)
	2	125,03	1344	32257

BLOC 3	Volume d'eau unitaire (m ³)	évaporation moyenne mensuelle (mm/m)	évaporation moyenne journalière (mm/j)	évaporation totale (m ³)
	696	174,92	5,83	523,35
	infiltration journ (mm/j)	infiltration totale (mm/j)	besoin unitaire (m ³)	besoin global (m ³)
	2	125,03	1344	21505

1.2. Canaux d'alimentation et de vidange

Le calcul de débits hydrauliques pour le dimensionnement des canaux est trouvé grâce aux besoins en eau des étangs avec des hypothèses faites sur le temps de remplissage, établies ci-haut. Leurs dimensionnements hydrauliques sont faites suivant l'organigramme ci-dessous :



- Caractéristiques des équipements de prises pour canaux

Ces équipements ont pour fonction d'isoler les canaux lors des travaux de curage, ou de les sectionner pour l'aide au remplissage des autres, lorsque l'étang que celui-ci alimente est déjà à son niveau optimal de remplissage. Ils sont placés à la jonction de chaque canal. Leurs dimensions sont données par les formules suivantes :

$$\text{Largeur vannette} = \text{largeur canal} + 2 * \text{ancrage}$$

$$H \text{ vannette} = \text{hauteur canal} + \text{ancrage paro} + \text{débord du cana}$$

2. Devis quantitatif de l'aménagement

Le devis quantitatif est l'évaluation des quantités de matériaux nécessaire à la mise en œuvre des différentes parties d'ouvrages. Il est produit sur la base des géométries d'ouvrages après leur dimensionnement, on a :

Tableau 43: Devis quantitatif

N°	DESIGNATION DES PARTIES D'OUVRAGES	Nbre	Dimensions (m)				Surface (m ²)		Volume (m ³)	
			Longueur L	Largeur au radier b	Largeur au miroir B	Hauteur canal H	Partielle	définitive	Partiel	définitif
1. Canaux d'admission										
1.1	Déblai manuel pour installation	64	2,00	0,70	0,70	0,35	0,25	15,68	0,49	31,36
1.2	Béton de propreté dosé à 150 kg/m³ sous radiers	64	2,00	0,70	0,70	0,05	0,04	2,24	0,07	4,48
1.3	Béton ordinaire dosé à 300 kg/m³ pour radiers	64	2,00	0,50	0,50	0,10	0,05	3,20	0,10	6,40
1.4	Parpaings pleins de 40x20x10	64	2,00		-	0,20	0,40	51,20	-	-
1.5	Enduits sur faces intérieures et extérieures dosés à 300kg/m³	64	2,00		-	0,20	0,40	102,40	-	-
2. Canaux secondaires										
2.1	Déblai manuel pour installation (BLOC 1)	2	238,00	0,80	0,80	0,58	0,46	0,93	110,62	221,24
2.2	Déblai manuel pour installation (BLOC 2)	4	170,00	0,80	0,80	0,62	0,49	1,97	83,64	334,56
2.3	Déblai manuel pour installation (BLOC 3)	4	110,90	0,80	0,80	0,51	0,41	1,63	45,20	180,81
SOUS-TOTAL 1										736,62
2.5	Béton de propreté dosé à 150 kg/m³ sous radiers (BLOC 1)	2	238,00	0,80	0,80	0,05	0,04	0,08	9,52	19,04
2.6	Béton de propreté dosé à 150 kg/m³ sous radiers (BLOC 2)	4	170,00	0,80	0,80	0,05	0,04	0,16	6,80	27,20
2.7	Béton de propreté dosé à 150 kg/m³ sous radiers (BLOC 3)	4	110,90	0,80	0,80	0,05	0,04	0,16	4,44	17,74
SOUS-TOTAL 2										63,98

2.8	Béton ordinaire dosé à 300 kg/m ³ pour radiers (BLOC 1)	2	238,00	0,60	0,60	0,10	0,06	0,12	14,28	28,56
2.9	Béton ordinaire dosé à 300 kg/m ³ pour radiers (BLOC 2)	4	170,00	0,60	0,60	0,10	0,06	0,24	10,20	40,80
2.10	Béton ordinaire dosé à 300 kg/m ³ pour radiers (BLOC 3)	4	110,90	0,60	0,60	0,10	0,06	0,24	6,65	26,62
SOUS-TOTAL 3										95,98
2.11	Parpaings pleins de 40x20x10 (BLOC 1)	2	238,00	-	-	0,30	71,40	285,60	-	-
2.12	Parpaings pleins de 40x20x10 (BLOC 2)	4	170,00	-	-	0,30	51,00	408,00	-	-
2.13	Parpaings pleins de 40x20x10 (BLOC 3)	4	110,90	-	-	0,30	33,27	266,16	-	-
SOUS-TOTAL 4								959,76		
2.14	Enduits sur faces intérieures et extérieures dosés à 300 kg/m ³ (BLOC 1)	2	238,00	-	-	0,30	71,40	571,20	-	-
2.15	Enduits sur faces intérieures et extérieures dosés à 300 kg/m ³ (BLOC 2)	4	170,00	-	-	0,30	51,00	816,00	-	-
2.16	Enduits sur faces intérieures et extérieures dosés à 300 kg/m ³ (BLOC 3)	4	110,90	-	-	0,30	33,27	532,32	-	-
SOUS-TOTAL 5								1919,52		
3. Canaux de vidange										
3.1	Déblai aux engins pour installation (BLOC 1)	1	289,30	0,90	2,85	1,90	4,90	4,90	1416,15	1416,15
3.2	Déblai aux engins pour installation (BLOC 2)	2	320,40	0,90	3,05	1,89	4,68	9,36	1499,15	2998,30
3.3	Déblai aux engins pour installation (BLOC 3)	1	406,74	0,90	3,05	1,73	3,94	3,94	1604,53	1604,53
SOUS-TOTAL 1										6018,97
3.4	Béton de propreté dosé à 150 kg/m ³ sous radiers (BLOC 1)	1	289,30	0,90	-	0,05	0,05	0,05	13,02	13,02
3.5	Béton de propreté dosé à 150 kg/m ³ sous radiers (BLOC 2)	2	320,40	0,90	-	0,05	0,05	0,09	14,42	28,84
3.6	Béton de propreté dosé à 150 kg/m ³ sous radiers (BLOC 3)	1	406,74	0,90	-	0,05	0,05	0,05	18,30	18,30

SOUS-TOTAL 2										60,16
3.7	Béton ordinaire dosé à 300 kg/m ³ pour radiers (BLOC 1)	1	289,30	0,90	-	0,10	0,09	0,09	26,04	26,04
3.8	Béton ordinaire dosé à 300 kg/m ³ pour radiers (BLOC 2)	2	320,40	1,00	-	0,10	0,10	0,20	32,04	64,08
3.9	Béton ordinaire dosé à 300 kg/m ³ pour radiers (BLOC 3)	1	406,74	1,00	-	0,10	0,10	0,10	40,67	40,67
SOUS-TOTAL 3										130,79
3.10	Maçonnerie de moellons (BLOC 1)	1	289,30	-	-	2,01	582,36	1164,72	-	-
3.11	Maçonnerie de moellons (BLOC 2)	2	320,40	-	-	2,24	716,73	2866,94	-	-
3.12	Maçonnerie de moellons (BLOC 3)	1	406,74	-	-	2,24	909,88	1819,75	-	-
SOUS-TOTAL 4										5851,42
3.13	Échelle de descente pour entretien (BLOC 1)	64	1,00	-	-	-	-	-	-	64,00
3.14	Échelle de descente pour entretien (BLOC 2)	76	1,00	-	-	-	-	-	-	76,00
3.15	Échelle de descente pour entretien (BLOC 3)	51	2,00	-	-	-	-	-	-	51,00
SOUS-TOTAL 5										191,00
3.16	Passerelles en Béton armé dosé à 350 kg/m ³ de (2,50 x 2,00 x 0,20) BLOC 1	12	2,00	-	-	0,20	6,00	72,00	1,20	14,40
3.17	Passerelles en Béton armé dosé à 350 kg/m ³ de (2,80 x 2,00 x 0,20) BLOC 2	12	2,30	-	-	0,20	6,60	79,20	1,32	15,84
3.18	Passerelles en Béton armé dosé à 350 kg/m ³ de (2,80 x 2,00 x 0,20) BLOC 3	8	2,30	-	-	0,20	6,60	52,80	1,32	10,56
SOUS-TOTAL 6										28,00
4. Canal Principal										
4.1	Déblai aux engins pour installation	1	710,00	1,15	2,05	1,31	2,09	2,09	1482,48	1482,48
4.2	Béton de propreté dosé à 150 kg/m ³ sous radiers	1	710,00	1,15	-	0,05	0,06	0,06	40,83	40,83
4.3	Béton ordinaire dosé à 300 kg/m ³ pour radiers	1	710,00	1,15	-	0,10	0,12	0,12	81,65	81,65

4.4	Maçonnerie de moellons	1	710,00	-	-	0,84	596,40	1192,80	-	-
5. Bassins piscicoles										
5.1	Déblai aux engins pour installation (BLOC 1)	24	-	-	-	-	400	9600	371	8900
5.2	Déblai aux engins pour installation (BLOC 2)	24	-	-	-	-	805	19320	890	21355
5.3	Déblai aux engins pour installation (BLOC 3)	16	-	-	-	-	400	6400	890	14237
SOUS-TOTAL 1										44492
5.4	Déblai aux engins pour remblai d'étanchéisation du fond (BLOC 1)	24	-	-	-	0,2	226,24	5429,76	45,248	1085,952
5.5	Déblai aux engins pour remblai d'étanchéisation du fond (BLOC 2)	24	-	-	-	0,2	520,96	12503,04	104,192	2500,608
5.6	Déblai aux engins pour remblai d'étanchéisation du fond (BLOC 3)	16	-	-	-	0,2	520,96	8335,36	104,192	1667,072
SOUS-TOTAL 2										5254
5.7	Remblai argileux aux engins pour étanchéisation du fond (BLOC 1)	24	-	-	-	0,2	226,24	5429,76	56,56	1357,44
5.8	Remblai argileux aux engins pour étanchéisation du fond (BLOC 2)	24	-	-	-	0,2	520,96	12503,04	130,24	3125,76
5.9	Remblai argileux aux engins pour étanchéisation du fond (BLOC 3)	16	-	-	-	0,2	520,96	8335,36	130,24	2083,84
SOUS-TOTAL 3										6567
5.10	Perrés maçonnés sur talus intérieurs (BLOC 1)	24	82,00	-	-	2,91	238,62	11453,76	-	-
5.11	Perrés maçonnés sur talus intérieurs (BLOC 2)	24	116,00	-	-	3,35	389,06	18675,07	-	-
5.12	Perrés maçonnés sur talus intérieurs (BLOC 3)	16	116,00	-	-	3,35	389,06	12450,05	-	-
SOUS-TOTAL 4								42578,88		
5.13	Escaliers d'accès en béton ordinaire dosé à 300 kg/m ³ (BLOC 1)	96	1,5	-	-	0,13	-	-	1,1265	108,144

5.14	Escaliers d'accès en béton ordinaire dosé à 300 kg/m ³ (BLOC 2)	96	1,5	-	-	0,15	-	-	1,3437	128,9952
5.15	Escaliers d'accès en béton ordinaire dosé à 300 kg/m ³ (BLOC 3)	64	1,5	-	-	0,15	-	-	1,3437	85,9968
SOUS-TOTAL 5										323,136
6. Dignes										
6.1	Remblai, constitution et compactage de digues intermédiaires (BLOC 1)	11	55	6,25	3	1,3	6,0125	66,1375	330,6875	3637,5625
6.2	Remblai, constitution et compactage de digues intermédiaires (BLOC 2)	10	75	6,75	3	1,5	7,3125	73,125	548,4375	5484,375
6.3	Remblai, constitution et compactage de digues intermédiaires (BLOC 3)	6	75	6,75	3	1,5	7,3125	43,875	548,4375	3290,625
6.4	Remblai, constitution et compactage de digues principales (BLOC 1)	1	225	8,25	5	1,3	8,6125	8,6125	1937,8125	1937,8125
6.5	Remblai, constitution et compactage de digues principales (BLOC 2)	2	160	8,75	5	1,5	10,3125	20,625	1650	3300
6.6	Remblai, constitution et compactage de digues principales (BLOC 3)	2	101	8,75	5	1,5	10,3125	20,625	1041,5625	2083,125
SOUS-TOTAL 1										19733,5
7. Bassins de lagunage										
7.1	Déblai aux engins pour installation (BLOC 1)	1	17,4	16,4	-	2	285,36	285,36	570,72	570,72
7.2	Déblai aux engins pour installation (BLOC 2)	2	21,4	21,4	-	3	457,96	915,92	1373,88	2747,76
7.3	Déblai aux engins pour installation (BLOC 3)	2	21,4	21,4	-	4	457,96	915,92	1831,84	3663,68
SOUS-TOTAL 1										6982,16
7.4	Perrés maçonnés sur talus intérieurs (BLOC 1)	1	66,00	-	-	4,47	295,02	590,04	-	-
7.5	Perrés maçonnés sur talus intérieurs (BLOC 2)	2	84,00	-	-	4,47	375,48	1501,92	-	-
7.6	Perrés maçonnés sur talus intérieurs (BLOC3)	16	84,00	-	-	4,47	375,48	12015,36	-	-
SOUS-TOTAL 2								14107,32		

2.1. Prix unitaire d'un moine

Tableau 44: Estimation du prix d'un moine

N°	DESIGNATION DES OUVRAGES	UNITÉ	QUANTITÉS	PRIX UNITAIRE (FCFA)	MONTANT (FCFA)
1. Étang de 400 m²					
1.1	Béton de propreté dosé à 150 kg/m ³	m ³	0,104	60.000	6.240
1.2	Béton armé dosé à 350 kg/m ³ pour parois	m ³	0,754	145.000	109.330
1.3	Béton armé dosé à 350 kg/m ³ pour pertuis de vidange	m ³	0,255	145.000	36.975
1.4	Tuyau PVC pression DN160 PN4	ml	7,6	4.000	5.066,666667
1.5	Tuyau PVC crépiné pression DN160 PN4	ml	1	4.000	666,6666667
1.6	Coude de raccordement pression DN160 PN4	U	2	600	1.200
1.7	Échelle de descente en fer HA16 de 1,30 m de long	kg	7,9	1.040	8.216
TOTAL					167.694
2. Étang de 800 m²					
2.1	Béton de propreté dosé à 150 kg/m ³	m ³	0,104	60.000	6.240
2.2	Béton armé dosé à 350 kg/m ³ pour parois	m ³	0,87	145.000	126.150
2.3	Béton armé dosé à 350 kg/m ³ pour pertuis de vidange	m ³	0,705	145.000	102.225
2.4	Tuyau PVC pression DN200 PN4	ml	8	4.000	5.333,333333
2.5	Tuyau PVC crépiné pression DN200 PN4	ml	1	4.000	666,6666667
2.6	Coude de raccordement pression DN200 PN4	U	2	600	1.200
2.7	Échelle de descente en fer HA16 de 1,50m de long	kg	9,48	1.040	9.859,2
TOTAL					251.674

PLAN ET SCHÉMAS D'AMÉNAGEMENT

ANNEXES

ANNEXES I : DESCRIPTION DE PROFILS DES SOLS DU SITE

❖ **Sols BEPEH de type 1**

Profil n ° CPB 2

Date de description : 10/04/2014

1. Classement du profil : Sol Brun Eutrophe Peu Évolué Hydromorphe

2. Environnement du profil

Localisation :	Bagré
Position physiographique :	Pente supérieure
Topographie Environnante :	Légèrement ondulé
Microtopographie :	Quasi plate
Pente :	2%
Végétation et /ou utilisation :	Savane arbustive assez dense à Acacias SP et quelque Piliostigma Reticulatum.
Matériau parental	altérites de roche
État hydrique :	Frais
Drainage :	pauvre en profondeur
Nappe :	Non atteinte
Cailloux et / ou affleurement rocheux :	néant
Érosion :	-
Influence humaine :	pâturage

3. Description morphologique du profil.

0-13cm : Brun foncé (10YR3/3) à l'état humide ; argiles limons; 5 à 10% de graviers ferrugineux et concrétions; structure moyennement développée polyédrique sub-angulaire moyens, à éléments grossiers et fins; friable; très nombreux pores très fins et fins; peu nombreuses racines très fines et fines; activité biologique bien marquée; limite distincte.

13-24cm : Horizons gravillonnaires terres fines de couleur brun foncé (10YR3/3) à l'état humide ; assez nombreuses racines très fines et fines ; limite distincte.

24-53cm : Brun olive (2,5Y4/4) à l'état humide ; argiles limons; 10% de concrétions ferrugineuses; structure fondue; collant; peu nombreuses racines très fines, fines et moyennes; activité biologique peu marquée; limite graduelle.

53-137cm : Blanc (2,5Y8/2) à l'état humide ; 40% de taches jaune olive (2,5Y6/8) à l'état humide ; argiles limons; 15% de concrétions ferro-manganisifères; structure fondue; collant; racines rares très fines; activité biologique non évidente.

Profil n ° CPB 6

Date de description : 10/04/2014

1. Classement du profil : Sol Brun Eutrophe Peu Évolué Hydromorphe

2. Environnement du profil

Localisation :	Bagré
Position physiographique :	Pente moyenne
Topographie Environnante :	Légèrement ondulé
Microtopographie :	Quasi plate
Pente :	2%
Végétation et /ou utilisation :	Champ de maïs sous Caleptropus procéra et quelque Acacias Séal.
Matériau parental	altérites de roche
État hydrique :	Frais
Drainage :	pauvre
Nappe :	Non atteinte
Cailloux et / ou affleurement rocheux :	-
Érosion :	-
Influence humaine :	pâturage

3. Description morphologique du profil.

0-15cm : Brun foncé (10YR3/3) à l'état humide ; 15% de taches jaune brunâtre (10YR6/8) à l'état humide ; argiles limons; 15 à 20% de graviers ferrugineux et quartz roulés; structure moyennement développée polyédrique sub-angulaire à éléments grossiers, moyens et fins; friable; très nombreux pores très fins, fins et moyens; nombreuses racines très fines et fines; activité biologique bien marquée; limite distincte.

15-43cm : Brun foncé (10YR3/3) à l'état humide ; 15% de taches jaune (2,5Y7/8) à l'état humide ; 50% de graviers et concrétions ferro-manganisifères; structure massive; très nombreux pores très fins, fins, moyens et larges; peu nombreuses racines très fines; activité biologique peu marquée; limite distincte.

43-64cm : Brun olive (2,5Y4/4) à l'état humide ; 20% de taches jaune (2,5Y7/8) à l'état humide ; argiles limons ; sans éléments grossiers ; structure bien développée polyédrique angulaire à éléments moyens, fins et très fins; friable; très nombreux pores très fins, fins, moyens et larges; peu nombreuses racines très fines et fines; activité biologique non évidente; limite distincte.

64-135cm : Blanc (2,5Y8/2) à l'état humide ; 15% de taches jaune (2,5Y7/8) à l'état humide ; argiles sables; Altérité avec 30% débris de granité et graviers ferro-manganisifères; structure massive; friable; très nombreux pores très fins et fins ; sans racines; activité biologique non évidente.

❖ **Sols BEPEH de type 2**

Profil n ° CPB 18

Date de description : 10/04/014

1. Classement du profil : Sol Brun Eutrophe Peu Évolué Hydromorphe

2. Environnement du profil

Localisation :	Bagré
Position physiographique :	Pente supérieure
Topographie Environnante :	Quasi plate
Microtopographie :	Quasi plate
Pente :	3%
Végétation et /ou utilisation :	Savane arbustive dense à Combretum Acacias et Piliostigma Reticulatum
Matériau parental	altérites
État hydrique :	Frais
Drainage :	pauvre
Nappe :	Non atteinte
Cailloux et / ou affleurement rocheux :	-
Érosion :	-
Influence humaine :	pâturage

3. Description morphologique du profil.

0-17cm : Brun grisâtre très foncé (2,5Y3/2) à l'état humide ; argiles sables; 40% de graviers ferrugineux et cailloux; structure moyennement développée polyédrique sub-angulaire à éléments grossiers, moyens et fins; friable; très nombreux pores très fins, fins et moyens; très nombreuses racines très fines, fines et moyennes; activité biologique très bien marquée; limite distincte.

17-43cm : Horizons gravillonnaires graveleux terres fines brun olive (2,5Y4/4) à l'état humide ; argiles sables ; ferme; très nombreux pores très fins, fins et moyens; assez nombreuses racines très fines, fines et moyennes; activité biologique bien marquée; limite distincte.

43-120cm : Blanc (2,5Y8/2) à l'état humide ; 20% de taches jaune (2,5Y7/8) à l'état humide ; argiles sables; sans éléments grossiers ; structure fondue; peu collant; racines rares très fines et fines; activité biologique peu marquée.

NB : Le 3^{ème} horizon frais au sommet avec une structure en colonne ; le 3^{ème} horizon d'altérité avec débris de roches.

❖ Sols BEPEH de type 3

Profil n° CPB 37

Date de description : 10/04/2014

1. Classement du profil : Sol Brun Eutrophe Peu Évolué Hydromorphe

2. Environnement du profil

Localisation :	Bagré
Position physiographique :	Ravine en ente inférieure
Topographie Environnante :	Légèrement ondulé
Microtopographie :	Légèrement ondulé
Pente :	0,3 à 0,5%
Végétation et /ou utilisation :	Loutétia SP ; Piliostigma Reticulatum ; Caleptropus procéra ; <i>Andropogon gayanus</i> ;
Matériau parental	altérites
État hydrique :	Frais de 0 à 40cm, humide après
Drainage :	pauvre
Nappe :	-
Cailloux et / ou affleurement rocheux :	néant
Érosion :	-
Influence humaine :	pâturage

3. Description morphologique du profil.

0-17cm : Brun grisâtre très foncé (2,5Y3/2) à l'état humide ; 10% de taches brun jaunâtre (10YR5/8) à l'état humide ; argiles ; structure fondue ; collant ; nombreuses racines très fines et fines; activité biologique bien marquée; limite distincte.

17-50cm : Brun olive (2,5YR4/4) à l'état humide ; 15% de taches brun jaunâtre (10YR5/8) à l'état humide ; argiles sables ; structure fondue; peu collant; peu nombreuses racines fines et très fines; activité biologique assez marquée; limite distincte.

50-95cm : Brun jaunâtre clair (2,5Y6/4) à l'état humide ; 40% de taches brun jaunâtre (10YR5/8) à l'état humide ; argiles limons ; quelques débris de rocheux ; structure fondue ; peu collant peu nombreuses racines très fines et fines; activité biologique peu marquée.

❖ **Sols BEPEH de type 4**

Profil n° CPB 27

Date de description : 10/04/014

1. Classement du profil : Sol Brun Eutrophe Peu Évolué Hydromorphe

2. Environnement du profil

Localisation :	Bagré
Position physiographique :	Pente inférieure
Topographie Environnante :	Quasi plate
Microtopographie :	Quasi plate
Pente :	2%
Végétation et /ou utilisation :	Savane arbustive à <i>Acacia sp</i> ; <i>Diospiros</i> et <i>Combretum sp</i> ;
Matériau parental	granite
État hydrique :	sec.
Drainage :	imparfait
Nappe :	-
Cailloux et / ou affleurement rocheux :	présence de zone à affleurement ;
Érosion :	en nappe partiellement
Influence humaine :	pâturage

3. Description morphologique du profil.

0-20cm : Brun grisâtre très foncé (2,5Y3/2) à l'état humide ; argiles; 30% de graviers et cailloux de quartz; structure moyennement développée polyédrique sub-angulaire moyens et fins; friable; très nombreux pores très fins et fins; très nombreuses racines très fines, fines et moyennes; activité biologique bien marquée; limite distincte.

>20cmcm : granite quasi sain.

❖ Vertisols

Profil n° CPB 25

Date de description : 10/04/014

1. Classement du profil : Sol Vertique Hydromorphe

2. Environnement du profil

Localisation :	Bagré
Position physiographique :	Pente inférieure
Topographie Environnante :	quasi plate
Microtopographie :	-
Pente :	0,3 à 0,5%
Végétation et /ou utilisation :	Savane arbustive peu dense à Acacias SP.
Caleptropus procéra, et Sapium Garhamii	
Matériau parental	alluvions
État hydrique :	frais à humide
Drainage :	très pauvre
Nappe :	-
Cailloux et / ou affleurement rocheux :	néant
Érosion :	-
Influence humaine :	pâturage

3. Description morphologique du profil.

0-20cm : Brun grisâtre très foncé (2,5Y3/2) à l'état humide ; 7% de taches jaune olive (2,5Y6/8) à l'état humide ; argiles; quelques graviers et concrétions ferrugineuses quartz.

20-40cm : Brun grisâtre très foncé (2,5Y3/2) à l'état humide ; 7% de taches jaune olive (2,5Y6/8) à l'état humide ; argiles; quelques graviers et concrétions ferro-manganisifères.

40-60cm : Brun grisâtre foncé (2,5Y4/2) à l'état humide ; 15% de taches jaune olive (2,5Y6/8) à l'état humide ; argiles; 5% de graviers et débris de roches.

60-80cm : Brun olive (2,5Y4/4) à l'état humide ; 40% de taches jaune olive (2,5Y6/8) à l'état humide ; argiles; 5 à 7% de graviers et débris de roches.

80-100cm : Brun olive (2,5Y4/4) à l'état humide ; 20% de taches jaune olive (2,5Y6/8) à l'état humide ; argiles; 20% de débris de roches et 10% de concrétions ferro-manganisifères.

NB : Large fissure en surface du sondage.

ANNEXES II: PROFILS EN LONG DES CANAUX