



**ALIMENTATION EN EAU POTABLE ET DE L'AMENAGEMENT
PISCICOLE A KOUFORPISSIGA DANS LA COMMUNE DE MATERIE
EN REPUBLIQUE DU BENIN**

**MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR 2IE AVEC
GRADE DE MASTER**

SPECIALITE : Génie Civil et Hydrauliques

OPTION : Infrastructures et Réseaux Hydrauliques

Présenté et soutenu publiquement le 22 Janvier 2019 par

Astride Bangami Inès YANTEKOUA (20150179)

Directeur de mémoire : Dr. Angelbert Chabi BIAOU, maître-assistant CAMES, Enseignant,
Chercheur, Directeur du site de kanboinsé

Encadrant 2iE : Dr. Lawani Adjadi MOUNIROU enseignant-chercheur en Hydraulique

Maître de stage : Mme Cécile D. AZONHITODE la Directrice Générale du Cabinet
EXPERTISE plurielle

Structures d'accueil du stage : CABINET D'ETUDE : EXPERTISE PLURIELLE,
ENTREPRISE : VICO SARL

Jury d'évaluation du stage :

Président : Prof Konate YACOUBA

Membres et correcteurs : M. Moussa OUEDRAOGO

M. Roland YONABA

Promotion [2015/2019]

CITATIONS

« Prier comme si la réussite ne dépendait que de Dieu et travailler comme si la réussite ne dépendait que de soi. »

« La vitesse à laquelle l'on court dans la vie dépend de la vitesse et de la taille du chien qui nous poursuit. »

« Seuls Dieu et le travail libèrent »

DEDICACES

Ce mémoire est dédié :

À mon mari YOKOPI Josué : Même si dans ce monde l'on ne reconnaissait pas ta seigneurie, dans mon monde tu es le roi. Merci à toi.

À ma mère KASSA Madeleine : Il existe dans ce monde beaucoup de mères Vaillantes, attentionnées et Amour. Mais toi, tu les surpasse toutes.

À mon père YANTEKOUA Emmanuel : Oui fière d'être « intelligente comme son père » Merci pour ta confiance.

À mes frères et sœurs.

REMERCIEMENTS

Nous adressons toute notre reconnaissance et notre remerciement à Dieu le père de toute vie qui a rendu concret la réalisation de ce mémoire.

Merci en particulier :

- ❖ A Directeur de Mémoire **Dr. BIAOU Anglebert**, *maitre-assistant CAMES, Enseignant, Chercheur, Directeur du site de Kamboinsé* à 2IE pour sa disponibilité, son assistance, ses remarques et ses conseils. pour ses conseils.
- ❖ A mon encadreur **Dr MOUNIROU Lawani Adjadi**, Enseignant chercheur à 2IE, pour sa disponibilité, son assistance, ses remarques et ses conseils.
- ❖ **Dr KOITA Mahamadou**, *Le Directeur des études académique*, qui par sa fraternité au-delà d'avoir été mon professeur a su m'écouter, me conseiller et m'orienter.
- ❖ **M. BOCOVE Marcelin**, le DGAOP d'AGETUR Celui qui arrose, sera lui-même arrosé. Daigne Dieu vous arroser car, vous m'avez accueillie et soutenue merci.
- ❖ **Au DT d'AGETUR**, merci pour votre solidarité et vos différents apports.
- ❖ **Mme AZONHITODE Cécile D.**, la Directrice Générale du Cabinet EXPERTISE PLURIELLE pour votre accueil, vos conseils et votre encadrement merci à vous.
- ❖ **M. ZOUNMENO Victor**, le Directeur Général de l'entreprise VICO Sarl : Pour avoir placé votre confiance en moi en me donnant une place dans votre société, et ayant contribué à ma formation en entreprise. Je vous suis reconnaissante.
- ❖ **M. AMANDJI Damien**, Ingénieur de conception en Génie civil qui depuis ma licence à porter un regard particulier à ma personne en ne me retirant pas son aide et ses conseils.
- ❖ **A toute la cellule EL-Victoire de 2iE et Aux membres du bon Bergé**, vous qui avez été pour moi une deuxième famille étant loin de ma patrie merci.

Nous remercions toutes ces personnes qui n'ont ménagé aucun effort pour me donner leur soutien moralement ou de toute autre manière, merci à vous.

AVANT PROPOS

Il est très difficile de trouver un stage de nos jours. Certains justifient cela par le fait que les entreprises ou bureaux d'études ont des secrets qu'ils ne veulent pas faire découvrir et d'autre, à cause des mauvais comportements tenus par certains de nos ainées stagiaires. Les sociétés avancent des arguments tel que : « nous manquons de personnel et de temps pour l'encadrement » ou, « nous n'avons pas d'argent pour prendre en compte un Stagiaire » etc... . C'est alors que par coups de grâce j'ai été recommandée à un bureau d'étude **EXPERTISE PLURIELLE** qui n'a point manqué de me notifier que j'étais la première et la seule étudiante ou stagiaire qu'il accepte accueillir dans leur cabinet.

Dans le cadre de mon étude, j'ai bénéficié d'un projet d'aménagement en AEV, en agriculture et en pisciculture à réaliser dans le même village et sur trois (03) lots sous la recommandation de la Directrice du cabinet (chargée d'assurer le contrôle du chantier). Les études de faisabilité ayant déjà été faites avant le démarrage dudit stage, il m'a été recommandé de reprendre les études en AEV sur la base des hypothèses qu'ils ont utilisées en vue de faire une étude comparative.

Après ces études, j'ai été instruite à participer à la fois au contrôle et à l'exécution dudit projet dans son entièreté en collaboration avec les entreprises chargées de son exécution.

Ainsi, sur le site du chantier, je me suis investie non seulement au contrôle avec le cabinet **EXPERTISE PLURIELLE** mais aussi à l'exécution des travaux en conformité avec les plans établis sous le titre de l'adjointe au conducteur des Travaux représentant le groupement des entreprises **VICO-GBETONDJI** chargé de la réalisation du lot des étangs piscicoles.

Notons qu'il n'a pas été si aisé pour moi de participer à la direction et au contrôle du chantier cela m'a demandé beaucoup de compétence et de patience.

RÉSUMÉ

La zone de l'UEMOA présente des conditions climatiques, écologiques, morphologiques et géomorphologiques très diversifiées qui entraînent une répartition inégales des ressources en eaux et en déterminent la nature. Ainsi l'utilisation des eaux souterraines à des fins agricoles devient une alternative à explorer pour les Zones ne disposant pas de réserve d'eau de surface. C'est ainsi que le programme Régional d'Aménagement Hydraulique Multi-Usage a été instauré et consiste à la réalisation de forages à gros débits avec pompage solaire ou mixte, de châteaux d'eau, de réseaux de distribution d'eau potable et d'aménagements agro-sylvo-pastoraux au profit des populations à la base. La présente étude fait suite à l'étude d'exécution des travaux d'Aménagement d'un réseau d'alimentation en eau potable dans le village de Kouforpissiga de la commune de Materi au Nord du Benin. L'objectif de cette étude est de faire une vérification des études techniques d'APD et d'actualiser l'APD suivant les Normes. Cette vérification a porté essentiellement sur les besoins en eau des populations à l'horizon 2031, la capacité de production d'eau potable, la capacité du stockage d'eau de même que le dimensionnement du système d'AEV. A partir de nos différentes recherches et d'études sur les sites de réalisation des travaux, il en ressort que les besoins en eau des populations en 2031 est de 140,8 m³/jr à raison de la consommation spécifique de 20 l/jr (selon la norme ONEA) au lieu de 70.2m³/jr à raison de la consommation spécifique 14 l/jr comme indiqué dans l'APD. La capacité de production d'eau potable des trois forages, estimée à 31 m³/h soit 744 m³/jour, en tenant compte des besoins piscicoles et, une partie des besoins agricoles couvrira effectivement les besoins en eau comme exprimé dans l'APD. De même, la capacité du château d'eau en 2031 est de 100 m³ comme indiqué dans l'APD. Enfin, le dimensionnement des réseaux sur EXCEL a des pressions de l'ordre de 12.12 mCE à 39.4 mCE, la hauteur qui s'étend de la côte radier au château d'eau a été de 12.42 m.

Dans la partie agro-sylvo-pastoraux, l'intégration de l'aquaponie dans le système serait également profitable à l'agriculture sur sol, mais c'est le système à Aire qui sera utilisé.

Mots Clés :

-
- 1 - Alimentation potable en eau
 - 2 - Aménagements hydrauliques
 - 3 - Aménagement piscicole
 - 4 - Sécurité alimentaire

ABSTRACT

The UEMOA Zone presents very diversified climatic, ecological, morphological and geomorphological conditions which lead to an unequal distribution of water resources and determine their nature. Thus the use of groundwater for agricultural purposes becomes an alternative to explore for areas with no surface water supply. Thus, the Regional Program for Multipurpose Hydraulic Development was set up and consists of the realization of large-scale drilling with solar or mixed pumping, water towers, drinking water distribution network and agro-silvo-pastoral development for the benefit of grassroots populations. This study is a follow-up to the implementation study of the works for the construction of a drinking water supply network in the village of Kouforpissiga in the municipality of Materi in northern Benin. The purpose of this study is to audit the technical studies of ODA of the AEV system to be performed. This audit focused on the population's water needs by 2031, the drinking water production capacity, the water storage capacity and the size of the AEV system. From our various researches and studies on the sites of realization of the works, it follows that the needs of water of the populations in 2031 is of $140.8 \text{ m}^3 / \text{day}$ instead of $78 \text{ m}^3 / \text{day}$ as indicated in the APD. The drinking water production capacity of the three boreholes, estimated at $31 \text{ m}^3 / \text{h}$, $744 \text{ m}^3 / \text{day}$, taking into account the agricultural and fish farming needs, will effectively cover the water needs as expressed in the ODA. Similarly, the capacity of the water tower in 2031 is 100 m^3 as stipulated in the ODA. Finally, the dimensioning of the networks on EXCEL gave good pressures of the order of 12.12mCE to 39.4mCE , the coast which extends from the slab to the water tower was 12.42 m . With regard to agro-silvo-pastoralism, the integration of aquaculture into the system would be beneficial only to land-based agriculture alone, in view of its profitability not only in animal husbandry but also in vegetable production and the saving in water and water. fertilizer.

Key words:

-
- 1 - Drinking water supply
 - 2 - Hydraulic installations
 - 3 - Fish management
 - 4 - Food security

LISTE DES ABREVIATIONS

AEV	Alimentation en Eau Villageoise
ABR	Abreuvoir
BF	Bonne Fontaine
DN :	Diamètre Nominal
l/s :	Litre par seconde
PN :	Pression Nominale
PVC :	Poly Chlorure de Vinyl
RN :	Route Nationale
TDR :	Termes de Référence
TN :	Terrain Naturel
SC	Semi-californien

LISTE DES SIGLES

2IE	Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement
AC3E :	Agence Conseils pour l'Équipement, l'Eau et l'Environnement
AGETUR :	AGence d'Exécution des Travaux URbains
DGEau :	Direction Générale de l'Eau
GMP :	Groupe Motopompe
GPS :	Global Position System
HMT :	Hauteur Manométrique Totale
IGB :	Institut Géographique du Burkina Faso
MERPMEDER :	Ministère de l'Energie, des Ressources Pétrolières et Minières, de l'Eau et du Développement des Energies Renouvelables
MOD :	Maître d'Ouvrage Délégué ou Maîtrise d'Ouvrage Délégué
MOT :	Maître d'œuvre Technique
PRAHMSA :	Programme Régional d'Aménagements Hydrauliques Multi-usages pour la Sécurité Alimentaire
UEMOA :	Union Economique et Monétaire Ouest Africaine

TABLE DES MATIERES

CITATIONS	i
DEDICACES	ii
REMERCIEMENTS	iii
AVANT PROPOS	iv
RÉSUMÉ	v
ABSTRACT	vi
LISTE DES ABREVIATIONS	vii
LISTE DES SIGLES	vii
<i>Table des matières</i>	1
LISTE DES TABLEAUX	3
LISTE DES FIGURES	4
Introduction	6
I. Objectifs	7
A. Objectif général du projet	7
B. Objectifs spécifiques	7
C. Objectif du travail	7
II - PRESENTATION GENERALE DES STRUCTURES D'ACCUEIL	10
II – 1 LE CABINET EXPERTISE PLURIELLE	10
II – 2 PRESENTATION DE L'ENTREPRISE VICO Sarl	12
III – PRESENTATION DE LA ZONE DU PROJET	13
III – 1 PRESENTATION GENERALE	13
III – 2 SITUATION GEOGRAPHIQUE, AMINISTRATIF ET ACCES DU STE	14
III – 3 CLIMAT, HYDROGRAPHIE, RELIEF ET SOL	16
III-4 L'étude hydrogéologique et la prospection géophysique	17
III – 5 MILIEU HUMAIN	17
IV. METHODOLOGIE	19
V. RESULTATS ET ANALYSES	27
V – 1 Diagnostic du système actuel d'alimentation en eau potable dans le village de kouforpissiga	27
V.2 évaluation des besoins en eau actuels et futurs	28
V.3 Evaluation des ressources en eau	34
V.4 Dimensionnement des conduites réseau de distribution	36
V.5 détermination de la capacité utile du réservoir par la méthode analytique	38
V.6 Dimensionnement des conduites d'adduction et résistance au coup de bélier	40

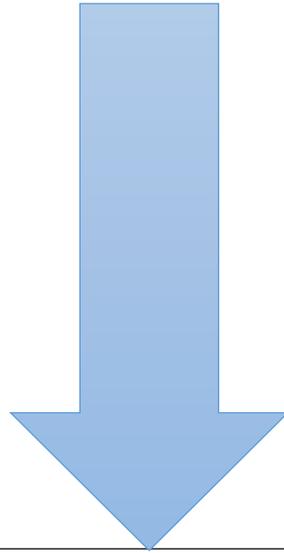
VI. L'AMENAGEMENTS PISCICOLE	50
VI.1 contexte	50
VI .2 Objectifs du volet production aquacole	50
VI.3 Choix de l'espèce	51
VI. 4 Méthodes de production	54
VI.5 Reproduction	54
VI .6 Achat et gestion des géniteurs	57
VI .7 Aliments	58
VI. 8 Débit des bassins en circuit ouvert	59
VI.9 DISCUSSION ET ANALYSE	62
VI.10 Valorisation des produits piscicoles	67
VII – suivi, contrôle et évaluation technique des travaux de réalisation du système d'aep, de l'aménagement agricole et de la réalisation des étangs piscicole.	69
VII – 1 Description brève du projet	69
VII – 2 Contrôle et évaluation technique des travaux	69
VII- 3 Rédaction des rapports d'avancement des travaux	70
CONCLUSION GENERALE	71
CONCLUSION GENERALE	72
RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES	73
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	74
ANNEXES	76
ANNEXE 1 : Le réseau d'AEP du village de kouforpiciga	77
ANNEXE 2 : profiles en long du réseau	78
ANNEXE 3: Disposition des bonnes fontaines et ABR	79
ANNEXE 4 : Reseau de distribution	81
ANNEXE 5 :Calcule anti bélier	83
ANNEXE 6 : Plan d'équipement du château d'eau	84
ANNEXE 7 : plan d'abreuvoir, de bonne fontaine et pose des conduites	85
ANNEXE 8: note de calcul du débit des bassins pour la pisciculture	86
ANNEXE 9 : Prévisions des différentes cohortes au cours de 19 mois du projet	88
ANNEXE 10 : Infrastructures du projet	89

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Point des forages recensés dans les quartiers concernés par AEV	27
Tableau 2 : Effectif de la population	28
Tableau 3 : effectif de la population par quartier du village	29
Tableau 4 : Population du village Kouforpissiga desservie par les ressources alternatives (PMH)	29
Tableau 5.1 : les besoins domestiques	30
Tableau 6 : les besoins du cheptel	31
Tableau 7 : Nombre de Bornes Fontaines	32
Tableau 8: Nombre d'abreuvoirs pour Cheptel	32
Tableau 9 : débits de distribution et de refoulement	33
Tableau 10: Débit d'exploitation et côte d'installation	34
<i>Tableau 11 : capacité utile du réservoir</i>	<i>39</i>
Tableau 12: Dimensionnement du réseau d'adduction	41
Tableau 13 : Caractéristiques des Forages	42
Tableau 14 : Tableau de calcul des HMT	42
Tableau 15 : Récapitulatif	45
Tableau 16 : pisciculture artisanale	56
Tableau 17 : Caractéristiques des bassins des différentes phases de l'élevage.....	57
Tableau 18 : Quantité d'aliment estimée par phase d'élevage/cohorte.....	58
Tableau 19: Quantité d'aliment pour les géniteurs par mois	58
Tableau 20: Quantité et coût d'aliment à utiliser dans le cadre du projet.....	59
Tableau 21: Calcul du débit d'eau nécessaire pour les bassins.....	59
Tableau 22 : Calcul du débit d'eau nécessaire pour les bassins	86

LISTE DES FIGURES

Figure 1:Le village de Kouforpissiga site du projet	14
Figure 2 : La commune de Matéri	15
Figure 3: Oreochromis niloticus (tilapia)	51
Figure 4 :: Clarias gariepinus	52
Figure 5: La commune de Matéri	60
Figure 6: Quelques systèmes d'aération/oxygénation.....	60
Figure 7: cycle de fonctionnement du système aquaponie.....	61
Figure 8: Crédit photos: Nelson & Pade Inc	65



INTRODUCTION
GENERALE

INTRODUCTION

Contexte et problématique

La problématique de l'accès à l'eau potable se pose à échelon dans le monde. Elle est la préoccupation majeure des pays en développement. La rareté et la qualité de l'eau font partie des causes premières de la pauvreté, la maladie, la dégradation de l'environnement et la disparition des animaux aquatiques. Avec la rapide croissance démographique, l'urbanisation sans cesse grandissante et les effets du changement climatique déjà apparents, il est de plus en plus difficile de fournir et de maintenir des approvisionnements adéquats en eau et de parler d'une agriculture satisfaisante et suffisante.

Ces phénomènes et leurs corolaires entraînent des crises récurrentes dans la zone de l'UEMOA à l'instar des autres pays du monde. Les Etats membres ont mis en place un comité compétent sur la sécurité alimentaire, répété dans les différents pays de l'UNION.

Les études ont montré que la sous-région dispose d'un potentiel important d'eau de surface et d'eau souterraine. Cependant la répartition inégale de cette ressource, notamment les eaux de surface, appelle à une utilisation rationnelle de toute les formes d'eau disponible. C'est dans cette optique qu'a été mis en place le programme régional d'aménagement Hydraulique Multi-usages pour la réalisation de la sécurité Alimentaire de l'UEMOA au BENIN.

Notre développement dans les pages à suivre portera sur le cas de l'alimentation en eau potable et de l'aménagement piscicole à Kouforpissiga dans la commune de Matéri. Ainsi, après la présentation de la zone du projet, nous nous intéresserons à la méthodologie adoptée et les résultats des études sur l'AEV et piscicole, le suivi et le contrôle des travaux lors de la réalisation, nous finirons par une conclusion et quelque recommandations.

I. OBJECTIFS

A. Objectif général du projet

C'est l'amélioration de l'alimentation en eau potable et de la sécurité alimentaire tout en contribuant à l'augmentation de la production piscicole à travers l'élaboration d'un plan d'aménagement pour la réalisation des bassins piscicoles et agricole à travers l'élaboration d'un plan d'aménagement agricole.

B. Objectifs spécifiques

Les objectifs spécifiques permettant d'entreprendre les travaux nécessaires à l'atteinte de l'objectif, se déclinent en cinq étapes qui consistent à :

- ❖ Identifier le site approprié de la commune de Matéri, puis caractériser le contexte physique, social et économique du dit site ;
- ❖ Faire des propositions d'aménagements adaptés au contexte du site pour l'approvisionnement en eau potable selon les réalités du village en ce qui concerne l'Alimentation en Eau Villageoise (AEV) ;
- ❖ Faire des propositions d'aménagements adaptés au contexte du site pour l'aménagement agricole (maraichage, céréale, riziculture etc.); et aquacole (pisciculture) ;
- ❖ Faire les calculs de dimensionnement de tous les ouvrages du périmètre (AEV et piscicole) de la zone ainsi qu'une évaluation quantitative et estimative du coût de réalisation du projet ;

C. Objectif du travail

C - 1 Objectif principal de l'étude

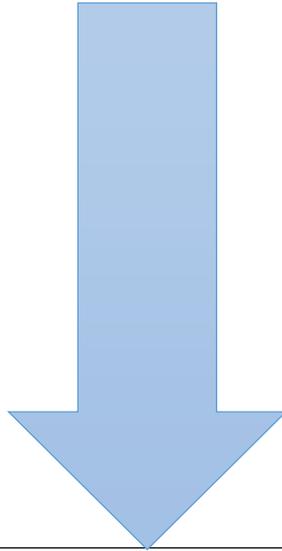
L'objectif principal de cette étude est de faire une vérification des études techniques d'APD, de proposer le dimensionnement d'un nouveau système d'Alimentation en Eau Villageoise (AEV) actualiser suivant les Normes d'une part et de proposer une étude d'aménagement piscicole d'autre part, à réaliser dans le village de Kouforpisi.

C – 2 Objectifs spécifiques de l'étude

Les objectifs spécifiques assignés à cette étude se déclinent comme suit :

- ❖ Faire un diagnostic ou l'état des lieux de l'état d'approvisionnement en eau potable du village ;

- ❖ Sur la base des hypothèses de calcul fourni par l'APD, évaluer les besoins et demandes en eau du village et dimensionner les réseaux d'adduction et de distribution du système AEV du village ;
- ❖ Sur la base des hypothèses de calcul écrit dans les Normes, évaluer les besoins et demandes en eau du village et dimensionner les réseaux d'adduction et de distribution du système AEV du village ;
- ❖ Vérifier, amender les quantités contenues dans l'APD et faire si besoin y est des propositions d'avenants ;
- ❖ Proposer un aménagement piscicole
- ❖ Suivre, contrôler et faire une évaluation technique des travaux de réalisation du système d'AEV, des Aménagements (piscicole et agricole) de KouforPissiga.



PREMIERE PARTIE
GENERALITES

II - PRESENTATION GENERALE DES STRUCTURES D'ACCUEIL

II – 1 LE CABINET EXPERTISE PLURIELLE

ORGANISATION

1- Identité

EXPERTISE PLURIELLE est une société installée à la fois au Bénin et au Togo. Depuis le 31 mars 2018 elle s'est complètement délocalisée au Togo, pour plus d'efficacité.

Au Bénin :

1- Nom ou raison sociale : *Expertise Plurielle (Ex. HYDROPROTECH)*

2- Adresse : *072 BP 107 Cotonou (Bénin) Carré 1528 Ste Rita*

Adresse électronique: info@expertise-plurielle.com

3- Téléphone : *(229) 95 84 26 58 / 22 05 09 08*

4- Forme Juridique : *Etablissement à sa création le 20 juin 2006, Expertise Plurielle est devenue SARL depuis le 08 mai 2013*

5- Enregistré le 08 mai 2013 sous le numéro RCCM RB / COT / 13 B 10063 à la chambre de commerce de Cotonou

6- Numéro IFU : *3201300625915*

Personnel dirigeant : - Cécile D. AZONHITODE, Directrice Générale
- TCHASSEI Alfa Bogofèrè, Directeur Technique

Au Togo :

Raison sociale : EXPERTISE PLURIELLE

Forme juridique : SARL

Adresse : *QTIER KOMAH (SOKODE) BP 432 SOKODE*
Tél: (228) 90 02 29 52 / 93 01 93 63 / (229) 94 64 59 89
E-Mail : expertiseplurielle@gmail.com

Personnel dirigeant : - TCHASSEI Alfa Bogofèrè, Directeur Général chargé de l'Administration

Pays : République du Togo

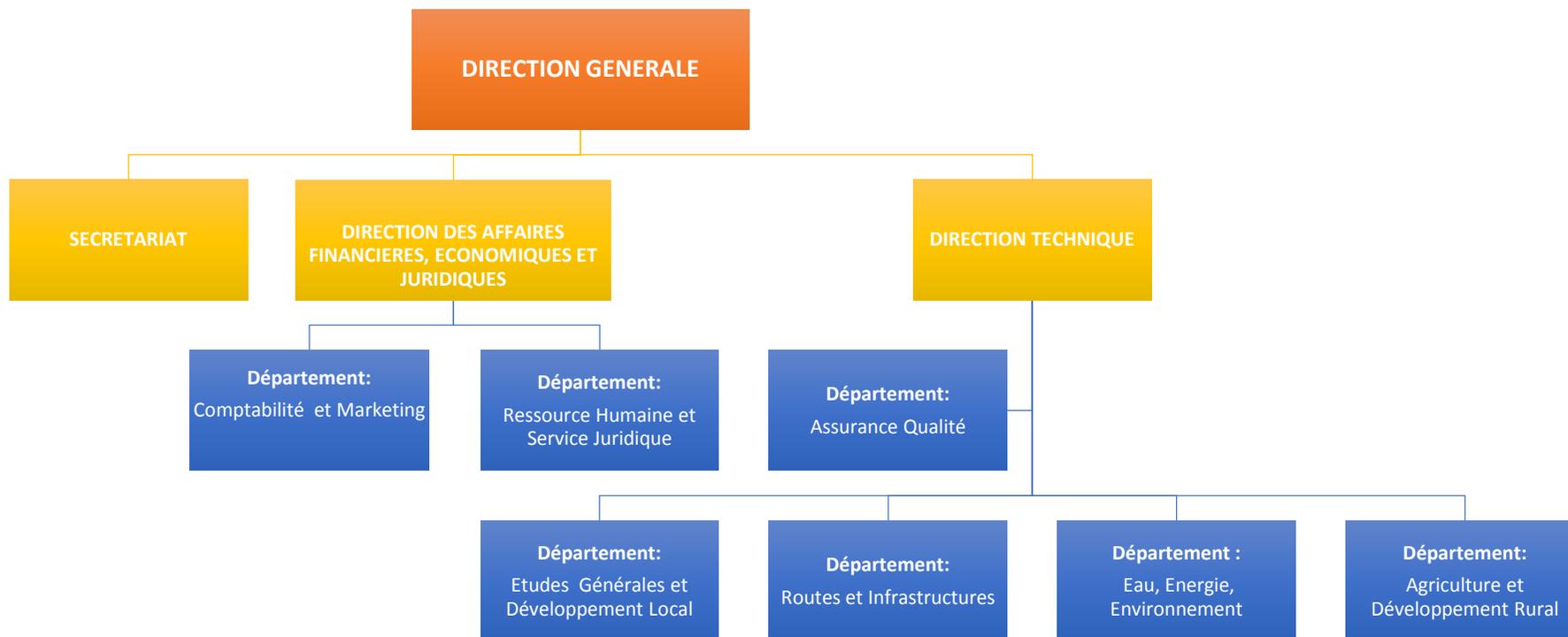
EXPERTISE PLURIELLE TOGO est inscrit au registre de commerce en 2013 sous le numéro **N°RCCM : TG-LOM 2013 B 442**, a pour numéro fiscal : **N°FISCAL: 138051D** et pour CNSS: **N°CNSS: 28045** et son adresse postale est BP 432 SOKODE.

Téléphone: *(228) 90 02 29 52 / 93 01 93 63*

Adresse électronique: expertiseplurielle@gmail.com

2- Organigramme

L'organisation managériale et technique d'Expertise Plurielle se présente comme suit:



Personnel : estimé en 10 agents

3- Domaines de compétence

Expertise Plurielle intervient dans les domaines suivants :

Hydraulique villageoise et urbaine - Assainissement - Environnement - Energie - Génie Civil - Génie Rural - Routes et Ouvrages d'Arts - Agriculture - Gestion de projet - Développement - Formation et Renforcement de capacité.

II – 2 PRESENTATION DE L'ENTREPRISE VICO Sarl

Créée en l'an 2000 la société VICO a démarré ses activités par les travaux de moindre envergure en 2001 tels que l'évacuation des déchets au marché Ouando de Porto-Novo pour aboutir à des travaux d'importance comme la réhabilitation d'une trentaine de kilomètres de routes en terre avec ouvrages et la construction des bâtiments de type R+3.

Les moyens matériels et humains dont elle dispose aujourd'hui lui permettent d'exécuter avec efficacité des marchés de grands travaux ou des marchés à ouvrages multiples. Elle peut exécuter en huit (8) mois un marché d'une quarantaine de modules de classes. Elle a également la capacité de réaliser un bâtiment de type R+3 de surface au sol d'au moins 500m² en huit (8) mois.

Le chiffre d'affaires moyen de VICO Sarl, lors de ces cinq dernières années est de 1,69 milliards de FCFA. Elle s'acquitte régulièrement et en temps requis, de ses obligations fiscales et sociales.

Ces différentes performances ont été atteintes grâce au dynamisme et à l'expérience d'un personnel composé d'une dizaine d'agents permanents et de nombreux agents occasionnels ou partenaires extérieurs.

Ces résultats ne pouvaient être atteints si l'Entreprise ne disposait pas de matériels et d'équipements nécessaires à l'accomplissement des différentes tâches.

L'un des défis permanents auxquels VICO Sarl est confrontée est la réalisation des travaux avec rapport qualité/prix satisfaisant dans un environnement de rude concurrence.

Elle est également astreinte à s'adapter à l'évolution technologique dans le domaine industriel avec les exigences environnementales et sociales du moment.

Principales activités :

- Construction et réhabilitation de bâtiments
- Constructions d'ouvrages (Caniveaux, collecteurs, dalots, etc)
- Chaussées pavées, pistes rurales
- Adduction d'eau villageoise
- Ponts métalliques

III – PRESENTATION DE LA ZONE DU PROJET

III – 1 PRESENTATION GENERALE

La République du Bénin est entièrement située dans la Zone intertropicale entre les parallèles 6°15' et 12°30' de latitude Nord d'une part et le méridien 1°et 3°40' de longitude Est. D'une Superficie de 114.763 km², le Bénin est limitée au nord par le fleuve Niger qui le sépare de la république du Niger, au Nord-Ouest par le Burkina-Faso, à l'Ouest par le Togo, à l'Est par le Nigeria et au Sud par l'Océan Atlantique. La République du Bénin est subdivisée en 12 départements répartis en 77 communes.

Le site retenu pour recevoir les aménagements est la localité de Kouforpissiga, arrondissement de Gouandé dans la commune de Matéri du département de l'Atacora.



III – 2 SITUATION GEOGRAPHIQUE, AMINISTRATIF ET ACCES DU STE

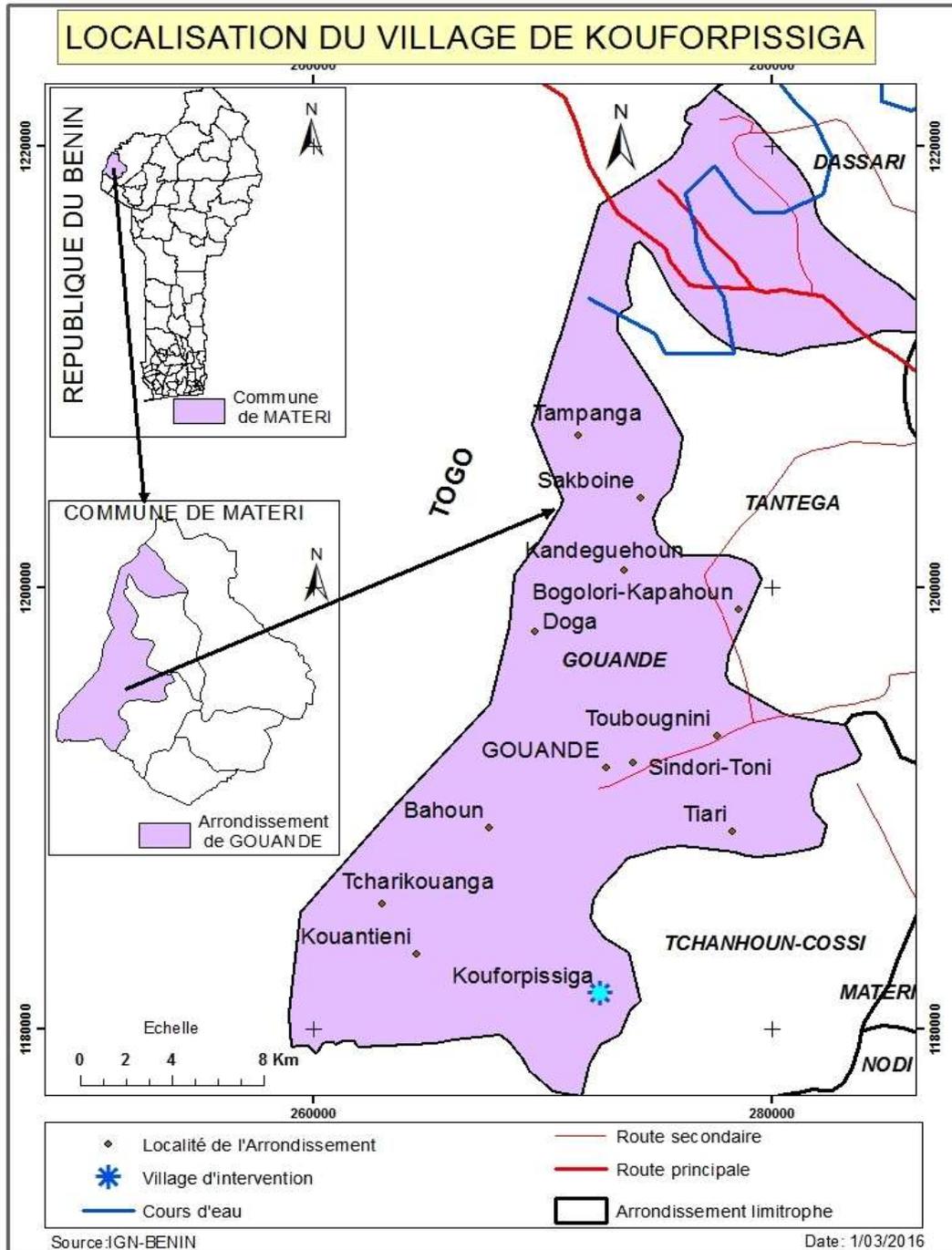


Figure 1: Le village de Kouforpissiga site du projet

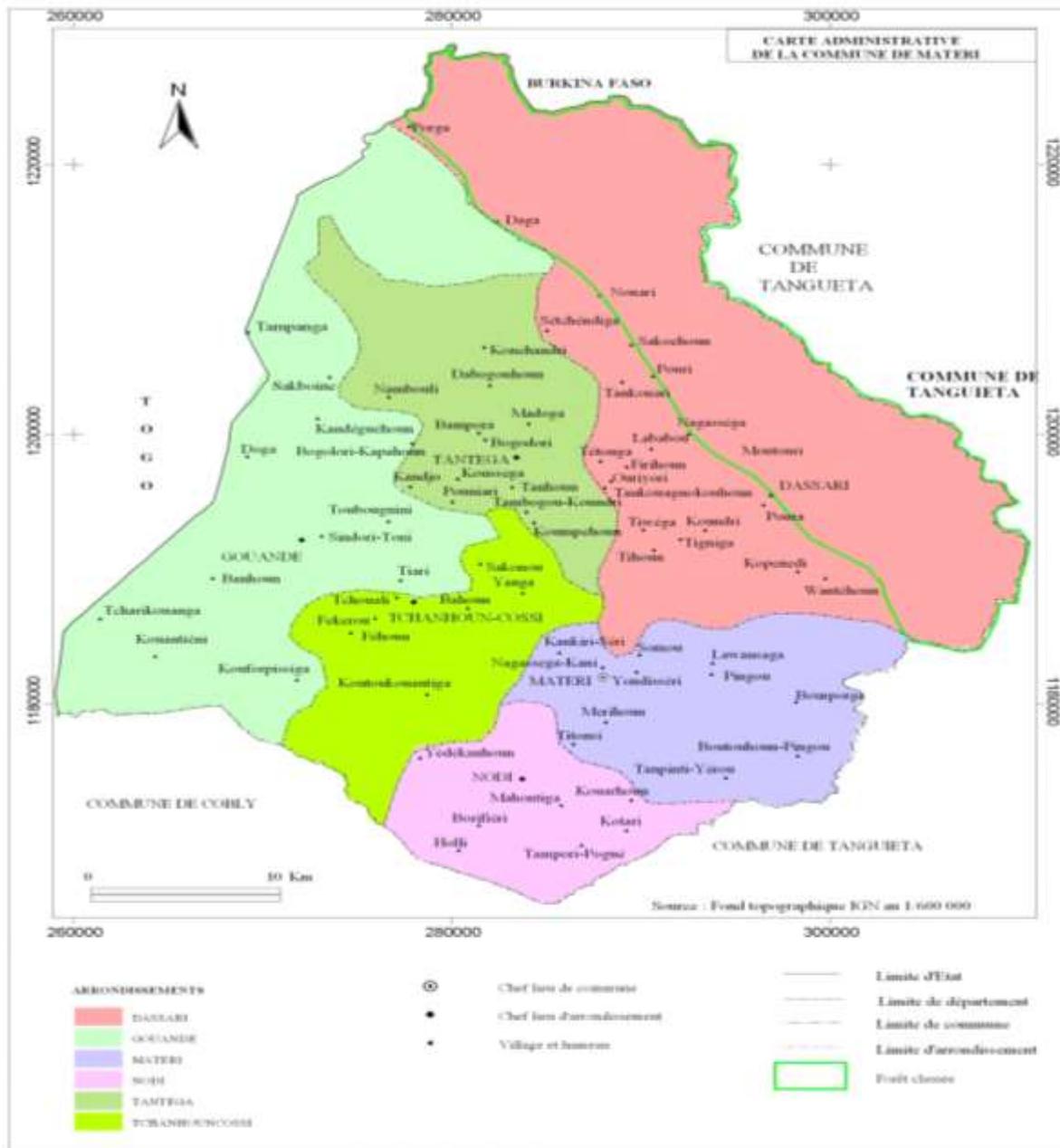


Figure 2 : La commune de Matéri

La commune de Matéri est située au Nord-Ouest de la République du Bénin et dans le département de l'Atacora. Elle est comprise entre 10°38' et 11°4' de latitude Nord et 0°48' et 1°10' de longitude Est avec une Superficie de 4 800 Km². Elle est limitée au nord par le Burkina-Faso, au sud par les communes de Cobly et de tanguéta, à l'ouest par le Togo.

La commune de Matéri fait partie des rares communes du département de l'Atacora à avoir des frontières avec deux pays limitrophes avec le Bénin à savoir : le Burkina Faso et le Togo. Elle a un accès assez facile par voie terrestre au Burkina-Faso en empruntant l'axe routier inter-état Natitingou-Porga.

La commune de Matéri est l'une des entités administratives du département de l'Atacora depuis

le découpage de 1978. Naguère sous –préfecture, elle acquit le statut de commune à la faveur de la loi N° 97-028 du 15 janvier 1999 portant organisation de l’administration territoriale au Bénin. L’article 33 de cette loi dispose : « la commune est démembrée en unités administratives locales sans personnalité juridique ni autonomie financière. Ces unités administratives locales qui prennent les dénominations d’arrondissement, de village ou quartiers de ville sont dotées d’organes infra communaux dont les membres sont désignés dans les conditions fixées par la Loi. »

Le village de **Kouforpissiga** est situé dans la commune de Matéri et dans l’arrondissement de Gouandé. Il est limité au Nord par Gouandé-centre, au Sud par l’arrondissement de Gablye, à l’Est par le marigot de Fékerou et à l’Ouest par le village de Tharikonga. Il est sous l’autorité de Monsieur Antoine KASSA, Conseiller villageois. « APD »

III – 3 CLIMAT, HYDROGRAPHIE, RELIEF ET SOL

Le village de Kouforpissiga jouit d’un climat de type soudano guinéen sec avec un régime pluviométrique de type uni modal compte tenu de sa position étendue sur la latitude. Ce type de climat est caractérisé par deux saisons bien distinctes à savoir : une saison sèche de durée variable s’étendant généralement de Novembre à Avril et une saison pluvieuse qui couvre les mois de mai à octobre. La saison marquée par l’alizé continental, vent sec et frais venant du Sahara appelé harmattan (novembre à février) d’une part, et par une période de forte chaleur (mars et avril) d’autre part, la température oscille entre 17°C et 35°C avec une moyenne établie à 25°C.

La pluie moyenne annuelle dans la zone est de l’ordre de 1035 mm, obtenue à partir des données de la station la plus proche du site, à savoir celle de Tanguiéta.

Le réseau hydraulique de Kouforpissiga est marqué par des cours d’eau temporaires tels que la rivière ‘‘koutouobou’’ et le fleuve de Mandonni (frontière Togo).

Le relief est peu accidenté à kouforpissiga. On y rencontre des sols hydromorphes à matériaux alluviaux finement sableux et inondables en saison pluvieuse. Poussiéreux en saison sèche, ils subissent une très forte érosion éolienne. Ce sont des sols favorables à la culture du riz, du sorgho, du petit mil, du fonio, de l’igname, du niébé, du coton, et des cultures maraichères.

Beaucoup de forage réalisé sont très sollicités par la population.

III-4 L'étude hydrogéologique et la prospection géophysique

La lithologie des forages est composée de cuirasse ou argile latéritique dans l'altération et des schistes sains ou quartzeux dans le socle. Les profondeurs des forages sont comprises entre 40 et 85 m avec une moyenne de 58m pour tous forages et 54m pour les positifs. La profondeur des niveaux statique se situe entre 7 et 15m. L'épaisseur du recouvrement non saturé atteint des fois 30m. Les débits équipés des forages sont souvent compris entre 2 à 7 m³/h sauf un recensé avec un débit de 18m³/h. dans la localité de Bancontega avec comme indice IRH SAN-B-0229-02 et une profondeur équipé de 55,15 m ainsi qu'un niveau statique de 4. Il constitue donc le forage de référence pour ledit projet. (Études réalisée par les géotechniciens)

III – 5 MILIEU HUMAIN

a) Historique du peuplement démographique

Les premiers occupants du village de Kouforpissiga furent des guerriers- chasseurs. Du retour de la chasse, ils partageaient le butin et exceptionnellement les oiseaux qu'ils déplumaient sous le tamarinier qui signifie « pissiga » en Berba. D'où le nom « kou » qui signifie oiseau ; « for » qui signifie déplumé. Kouforpissiga a donc pour signification : ' « le tamarinier sous lequel on déplume les oiseaux ». Actuellement, cet arbre a disparu et à laisser place à un fétiche.

b) Evolution de l'effectif de la population

L'effectif de la population du village de Kouforpissiga est évalué à 2 533 habitants en 2002 (résultats du troisième Recensement Général de la Population et de l'Habitation). Kouforpissiga est ainsi le village le plus peuplé de l'arrondissement de Gouandé à Matéri.

En 2013, cet effectif est évalué à 4 055 habitants avec le quatrième Recensement Général de la Population et de l'Habitation soit un taux de croissance annuel de 2,54 % entre 2002 et 2013.

c) Régime foncier

Les groupes sociolinguistiques dominants sont constitués par les Berba, les Gourmantché et les Peulhs. La principale religion est le christianisme suivi de l'Islam et les religions traditionnelles. Les collectivités de Kouforpissiga détiennent le droit foncier et octroient la terre aux membres et parfois aux étrangers résidants dans le village selon les besoins exprimés par ces derniers. Le mode d'acquisition des terres à Kouforpissiga est de trois ordres à savoir : l'héritage, le don et l'emprunt ; l'achat est formellement interdit. Il est important de souligner que les femmes n'ont pas le droit à l'héritage des terres, mais elles peuvent utiliser la terre de leur conjoint.

d) Caractéristiques économiques

L'agriculture demeure la principale activité à Kouforpissiga et contribue à plus de 80% aux revenus des paysans. La production est diversifiée et les principales cultures par ordre d'importance concernent le sorgho, le maïs, le riz, le coton, les cultures maraichères (tomate). A cela s'ajoute la pêche qui se pratique en saison sèche (janvier-février) par les femmes et en saison pluvieuse par les hommes. L'élevage est présente mais ne se révèle pas être une véritable source de revenus. Vu le mode d'élevage et surtout le manque de soins appropriés. Les échanges sont généralement limités aux produits vivriers avec quelques produits issus de la transformation locale. Ne disposant pas d'équipements marchands les échanges se tiennent sous un arbre ce qui pousse les commerçants à se rabattre sur le marché environnants. Notons que sur le site, la principale spéculation est le riz.

IV. METHODOLOGIE

IV-1 APROCHE METHODOLOGIQUE

La démarche méthodologique adoptée pour mener à bien cette étude se résume comme suit :

- A- Analyse documentaire : il a été question de collecter et d'analyser d'une part, toute la documentation relative aux études et aux travaux déjà réalisés dans la zone et les informations générales sur la zone d'étude d'autre part. Ainsi, la monographie de la commune de Matéri a été fournie par la mairie ;
- B- Visite de terrain : à ce stade, toutes les localités susceptibles d'être prises en compte par le nouveau réseau ont été parcourues et tous les points d'eau existant ont été recensés. Aussi toutes les informations recueillies à travers l'étude documentaire ont été vérifiées sur le terrain afin de se faire une idée réelle de l'état de fonctionnalité des infrastructures hydrauliques recensées. Les maisons susceptibles d'avoir un branchement privé ont été recensées au niveau de chaque site. Les lieux susceptibles d'accueillir le château et les bornes fontaines ont été examinés avec l'aide et l'appui des autorités locales, les sages et autres personnes ressources.
- C- Diagnostic du système d'alimentation en AEP : l'objectif de l'étude diagnostique du système d'alimentation en eau potable du village de KouforPissiga consiste à recenser le type et le nombre des ouvrages hydrauliques du village, à déterminer l'état général de leur fonctionnement. Elle permet finalement d'avoir une idée sur la consommation spécifique moyenne, son évolution et aussi le taux de desserte en eau du village.
- D- Calculs hydrauliques : Sur la base des données de la population, de la consommation spécifique, nous avons :

Définition relationnelle entre AEV et AEP : l'expression AEP est utilisé au Burkina- Faso et ailleurs ; qui signifie l'Alimentation en Eau Potable. Il consiste en l'adduction et en la distribution de l'eau potable. La seule différence est qu'au Bénin, quand il s'agit de sa réalisation dans un village, on emploie le terme AEV (Alimentation en Eau Villageoise) alors qu'au Burkina on parle d'AEPS.

1. Estimation de l'évolution de la population :

La formule de l'accroissement géométrique a été utilisée pour estimer la population à l'échéance du projet :

$$P_n = P_0 * (1 + t)^n \text{ Où}$$

P_n : Population à l'échéance de projet ; P_0 : population au début du projet

t : Taux d'accroissement ; n la durée du projet.

2. Estimation de l'évolution du cheptel et de leur consommation

Les enquêtes de terrain ont révélé un effectif de bovins de 491 têtes en 2015. En tablant sur une progression moyenne de 4,5% (accroissement moyen dans le département), on peut estimer le nombre de bovins à l'échéance du projet. Il n'y a pas de chiffres disponibles pour les petits ruminants qui sont censés utiliser également les abreuvoirs. On va donc considérer que les besoins en eau du reste du cheptel représentent 20%.

- Besoins en eau du cheptel : $Nbr_{bovin} \times C_{m\ spé}$

La consommation spécifique d'un bovin est estimée à 40 [l/jr] en période de pointe.

3. Estimation des besoins et des demandes en eau du village en provenance du réseau ;

Pour l'estimation des besoins globaux journaliers des projets AEV à Kouforpissiga, il a été retenu des enquêtes réalisées, une consommation spécifique de 8 l/j/hbt de 2016 à 2023 et 12l/j de 2023 à 2031 suivant une progression pour se stabiliser à 14 litres à partir de 2031 selon l'APD. Dans le cadre de cette étude, nous tiendrons compte de la consommation spécifique prévue par la norme (ONEA, SONEB) en milieu rural qui est de 15 l/j à 20 l/jr/habitant. Plus précisément 20 l/jr/habitant à partir de 2031 en raison de la croissance de la population.

Afin de prendre en compte les forages existants et du système réalisé par le projet PROVES, le nouveau système desservira seulement une partie de la population selon les hypothèses de calcul considérées dans l'APD et Ceci pour éviter le surdimensionnement des équipements hydrauliques et de faire des économies financières.

Ayant les données d'exploitation d'un centre similaire, le coefficient de pointe journalière et le rendement du réseau de distribution sont pris respectivement égaux à 1.25 et 95%.

- Besoins journaliers moyens de consommation : $P_{opulation} \times C_{Spéci}$
- Besoins du jour de pointe de consommation : $B_{jm} \times C_{Spéci}$

Le nouveau système devra également servir pour l'irrigation des cultures à travers un système semi-californien. Ainsi, les besoins en eau d'irrigation sont estimés à 100 [m³/jr] . [1]

- Besoins du jour de pointe : $B_{jp-domestiq} + B_{jp-chept} + B_{j-irriga}$
- Demande du jour de pointe : $B_{jp-total} \times Rendement$
- Besoins domestiques : $B_{dom} = (C_s \times P_n \times Taux_{dessert}) \times 1.10$
- Besoins domestiques de pointe : $B_{dom_p} = B_{dom} \times C_{ps}$
- Besoins des bovins : $B_{bov} = C_{bov} \times Nombre_{bov}$
- Besoins du jour de pointe : $B_{jp} = B_{dom_p} + B_{bov} + B_{irr}$

$$\text{Demande du jour de pointe : } D_{jp} = \frac{B_{jp}}{rendement}$$

4. Calcul des débits d'exhaure et de distribution

Les points de desserte du nouveau système sont des bornes fontaines et des points d'eau collectifs (école, CSPS, marchés) : besoin annexes (QBa)

Les statistiques des sociétés africaines d'eau montrent que les besoins annexes représentent 30% des besoins domestiques. Nous allons prendre pour Besoins annexes correspondant à 10% de la demande domestique étant donné que nous sommes dans un village.

- ❑ Nombre de Borne fontaines : $Nombre_{BF} = \frac{P_{desservie}}{500}$
- ❑ Nombre d'abreuvoirs : $Nombre_{abr} = \frac{Nombre\ de\ têtes_{bov}}{70}$
- ❑ Débit de pointe de BF : $Q_{ph_{BF}} = c_{ph} \times \frac{D_{dom_p}}{12 \times Nombre_{BF}}$
- ❑ Débit de pointe de abre : $Q_{ph_{abr}} = c_{ph} \times \frac{D_{bov}}{2 \times Nombre_{abre}}$
- ❑ Débit de pointe irrigation : $Q_{ph_{irr}} = c_{ph} \times \frac{D_{irr}}{12}$
- ❑ Débit horaire de pointe : $Q_{ph} = Q_{ph_{BF}} + Q_{ph_{abr}} + Q_{ph_{irr_{ph}}}$

Le réseau de distribution est de type ramifié

- ❑ Chaque noeud impose une charge en amont : $H_{imp}^i = Z_{aval}^i + \sum_i^{TR} pdc + P_{ser_{mi}}^i$
- ❑ Cote minimale du radier = $Max(H_{imp}^i)$
- ❑ Pression Hydrostatique = Cote trop plein – Cote aval de la conduite
- ❑ Volume du réservoir → Méthode analytique

5. Dimensionnement des réseaux d'adduction et de distribution ;

Pour déterminer le diamètre nominal des conduites, nous utiliserons plusieurs formules. Celles de Bresse, celle de Bresse modifiée, et celle de Munier.

Le diamètre intérieur théorique de la conduite pourrait être déterminé par ces formules :

- La Formule de Bedjaoui : $1,27 * \left(\frac{Q}{3600}\right)^{0,5} * 1000$
- La formule de Bresse : $D(m) = 1.5 \times Q^{0.5}$
- La formule de Bresse modifiée : $D(m) = 0.8 \times Q^{\frac{1}{3}}$
- Formule de Mumier : $\Phi_{th}(mm) = (1 + 0.02 \times T_p) \times \sqrt{Q(m^3/s)} \times 1000$
- Formule de Bonnin : $Q^{0,5}$
- La condition de vitesse de GLS V_{Max} : $V_{max} \left(\frac{m}{s}\right) = \left(\frac{DN(mm)}{50}\right)^{0.25}$ C'est la vitesse maximale à respecter. En effet, la vitesse moyenne dans la conduite de refoulement doit être inférieure à la vitesse maximale.

Nous exploiterons le catalogue Interplast pour le diamètre commercial approprié et ceci dans le respect des conditions de vitesse et pressions.

- HMT de la pompe : $Hg + \Sigma DH = Cote\ surverse - Niveau\ dynamique + \Sigma DH$
- Refoulement distributif

Nous exploiterons la formule de Manning Strickler pour le calcul des pertes de charge.

$$\Delta H_T = \frac{10.294 \times Q^2 \times L \times 1.1}{K_S^2 \times D^{16/3}}$$

6. Estimation du devis quantitatif et estimatif des travaux ;

L'estimation de prix se fera avec le logiciel de l'évaluation de la rentabilité des AEV de ANTEA prise à la Direction Générale de l'Eau de Cotonou- Benin

7. Etude comparative avec l'étude d'APD :

L'étude comparative se fera dans la partie résultat. Les comparaisons seront faites au fur et à mesure que les résultats sont présentés.

E- Aménagement des bassins piscicoles

Les études seront essentiellement tabléées sur :

- ✓ Le choix de l'espèce

Les différentes recherches faites nous ont permis de connaître les caractéristiques de plusieurs variétés de poissons et choisir ceux qui s'adaptent très facilement au climat du pays.

- ✓ Production annuelle

C'est la production projetée selon la demande estimée dans une année. Afin de rendre le poisson très accessible au vue de sa rareté dans le milieu de l'étude et d'autres, nous projetons produire 120 tonnes de poissons par ans.

- ✓ La conception et Le dimensionnement des ouvrages (bassin)

Les bassins seront réalisés en ciment et leur dimensionnement se fera suivant les différentes étapes de reproduction (le stockage des géniteurs, l'alevinage, le prégrossissement et le grossissement.

- ✓ Calcul du débit d'eau pour remplir les bassins piscicoles

Ce débit est calculé pour prévenir les facteurs chimiques limitant la production en l'occurrence une teneur en oxygène sous-optimale et l'accumulation des nitrates.

Le débit nécessaire pour alimenter ces bassins se calcule en suivant les étapes suivantes :

- Charge admissible en fonction de l' O_2 : Elle est calculée par la formule :

$$Choxy = 24 \times 60 \times DO / (R \times K)$$

- Charge admissible en fonction de NH_3 se calcule par la formule :

$$ChNH_3 = 24 \times 60 \times \Delta NH_3 / (R \times 30.000 \times \% AN)$$

- Pour maximiser le débit, on se sert de la plus petite des 2 valeurs calculées pour la charge admissible basée sur O_2 et celle basée sur NH_3 .
- Le calcul se fait par l'utilisation de la formule suivante :

$$Q = \text{biomasse (kg)} / (ChNH_3) \text{ ou } (Choxy)$$

Avec :

Choxy : charge en oxygène ($kg.l^{-1}.min^{-1}$)

DO : oxygène disponible ($mg.l^{-1}$), (minute \rightarrow jour = 24h x 60 min)

K : Respiration des poissons corrélée avec l'alimentation $K = 200$ g ou 200000mg, ($gO_2.kg^{-1}$ d'aliment)

Ch NH_3 : charge en ($kg.l^{-1}.min^{-1}$) basée sur le contrôle du NH_3

ΔNH_3 : NH_3 out - NH_3 in = production de NH_3 en $mg.l^{-1}$ basé sur la valeur maximale admissible (minute \rightarrow jour = 24h x 60 min)

- Débit disponible issu de l'eau de forage (moins de 20 $m^3.h^{-1}$ pour le volet piscicole)
- Débit de pompage du forage nécessaire pour le remplissage des bassins

$$Temp \text{ de pompage} = \frac{\text{volume d'eau}}{Q \text{ pompages(heures)}}$$

- ✓ Le choix du système d'Aération supplémentaire

Au cas où le débit calculé ne satisfait pas les poissons, nous pensons donc à un système supplémentaire pour l'apport en O₂ dont ont besoin les poissons. Ce qui nous mène au choix entre les différents systèmes suivant :

- le maintien d'un débit continu de 5 m³.h⁻¹
- le remplacement du choix de l'espèce d'élevage
- l'utilisation de systèmes d'aération
- la pratique de l'aquaponie

a) Définition l'aquaponie :

C'est une forme d'aquaculture intégrée qui associe une culture de végétaux en « symbiose » avec l'élevage de poissons afin d'extraire les nitrates par le système racinaire de la plante pour réduire les excès de NH₃ non éliminés suite à l'insuffisance du débit disponible.

b) Le fonctionnement du système de l'aquaponie :

Il s'agit en fait d'un écosystème dans lequel interviennent trois types d'organismes vivants dans un cycle écologique : Les poissons, des bactéries aérobies, les plantes cultivées. En effet, les poissons éjectent des nitrates NH₃ dans l'eau où ils sont élevés. Des bactéries aérobies contenues dans cette eau transforment les NH₃ en NH₄ nutritif pour les plantes. Cette eau est conduite dans le bac où sont cultivées les plantes. Les plantes épurent l'eau en se nourrissant des NH₄ et l'eau pure retourne dans le bassin piscicole et le cycle continu.

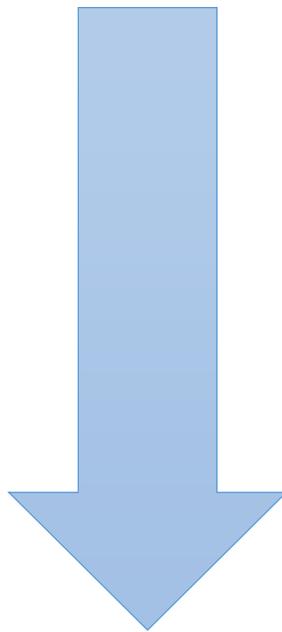
- Durée de remplissage des bassins piscicole

✓ Discussions et analyse

Il s'agira de discuter les résultats en ressortant les avantages et insuffisances, afin de prendre les bonnes décisions pour le choix à faire.

IV.2- MATERIELS

- Catalogue pompe
- Catalogue tuyauterie
- Logiciel ANTEA
- Excel



DEUXIEME PARTIE
CONCEPTIONS TECHNIQUES

V. RESULTATS ET ANALYSES

V – 1 Diagnostic du système actuel d'alimentation en eau potable dans le village de kouforpissiga

V – 1.1 Points d'eau de consommation existants

Les investigations sur le terrain ont permis de recenser tous les points d'eau existants dans le village concerné par l'AEV. Le tableau 1 suivant présente les coordonnées géographiques, la localisation.

Tableau 1 : Point des forages recensés dans les quartiers concernés par AEV

N°	Nom d'AEV	Code	Localisation	Coordonnées géographiques		équipement
				X	Y	
1	KIFFORPISSIGA	K1	DERAHIN	N 10°43'15,3"	E000°54'38"	Pompe motricité humaine (PMH)
2		K2	DERAHIN	N 10°43'28,3"	E000°54'23,7"	PM équipé de pompe manuelle
3		K3	CENTRE	N 10°43'36,5"	E000°53'42,3"	Pompe motricité humaine (PMH)
4		K4	CENTRE	N 10°43'09,3"	E000°53'36,8"	Pompe motricité humaine (PMH)
5		k7	CENTRE	N 10°42'53,8"	E000°53'44,7"	PM en panne
6		K5	CENTRE	N 10°43'01,3"	E000°54'02,3"	Pompe motricité humaine (PMH)
7		K6	BANCONDIKA	N 10°43'58,7"	E000°53'04"	Pompe motricité humaine (PMH)

NB : Sont considérés fonctionnels les ouvrages actuellement exploités par la population.

Au total, cinq (5) forages tous fonctionnels, et deux (2) puits modernes non exploités ont été recensés dans les quartiers concernés par l'AEV de Kouforpissiga. Ces points d'eau sont situés dans un rayon de 100 m pour les concessions les plus éloignées.

Nous avons constaté également l'existence du projet PROVES réalisé sur le terrain de Kouforpissiga centre ; ce projet a consisté à une construction d'un château d'eau de volume 10 m³. Le château était fonctionnel et alimenté par un panneau solaire qui par la suite a été dérobé, donc ce qui a induit son dysfonctionnement.

V – 1.2 Approche de solution pour le fonctionnement du système d'alimentation en eau potable existant

- réparer les Pompes Manuelles défectueuses.

- acheter un nouveau panneau solaire et un groupe électrogène pour relayer le panneau en cas de panne.
- surélever le futur panneau solaire à une hauteur très difficile à atteindre par la population à 7m environ.
- Sensibiliser la population sur l'utilité des panneaux solaires et l'avantage du système d'alimentation en eau potable.
- construire deux clôtures de protection. Une sur le champ de captage1 pour protéger les ouvrages de production le château d'eau, et un autre sur le champ de captage 2 pour la protection des ouvrages de production sur le site ;
- construire deux bâtiments. L'un à trois compartiments pour abriter la tête de forage, le système de traitement de l'eau par chloration et panneaux solaire ou le groupe électrogène, l'autre à deux compartiments pour abriter la tête de forage et le système de traitement de l'eau par chloration.

V.2 évaluation des besoins en eau actuels et futurs

V – 2.1 Evaluation des consommations domestiques

L'horizon du projet est de quinze (15) ans. Initialement, le début du projet a été l'année 2016. En raison du retard dans la finalisation des études de faisabilité, la date effective de début a été l'année 2018. Toutefois, la date d'échéance n'a pas été modifiée. Cependant, afin de mieux planifier les investissements, nous avons retenu trois phases à savoir : 2016-2020, 2021-2025 et 2026-2031.

a) Evolution de la population

L'effectif de la population du village de Kouforpissiga est évalué à 2 533 habitants en 2002 (résultats du troisième Recensement Général de la Population et de l'Habitation. En 2013, cet effectif est évalué à 4 055 habitants avec le quatrième Recensement Général de la Population et de l'Habitation soit un taux de croissance annuel de **2,54 %** entre 2002 et 2013. Ces informations nous ont été fournies par l'Institut National de la Statistique et de l'Analyse Economique (INSAE) du Bénin. Les projections démographiques sur la base d'un accroissement géométrique portent cet effectif à :

Tableau 2 : Effectif de la population

Année	2016	2020	2023	2025	2031
Population	4372	4833	5211	5479	6369

La connaissance de la population par quartier nous permet de répartir selon qu'il convient les bornes fontaines et les abreuvoirs.

Tableau 3 : effectif de la population par quartier du village

N°	Commune	Arrondissement	Quartier concernés	Population (habitants)	
				Par quartier	Par AEV
1	MATERI	GOUANDE	Centre	2 728	6 369
			BANCONDIKA	2 124	
			DERAHIN	1 517	

Le nombre de la population trouvé dans le tableau 3 est identique à celui de l'APD. L'effectif de la population de Kouforpiciga à l'échéance du projet en 2031 est donc de **6 369 personnes**.

b) Calcul des besoins en eau

Le besoin en eau à mettre à disposition se détermine suivant la population à satisfaire et des différents coefficients à considérer, pour une bonne estimation. (cf. tableau 4)

Tableau 4 : Population du village Kouforpissiga desservie par les ressources alternatives (PMH)

Population du village Kouforpissiga desservie par les ressources alternatives (PMH)						
Année	2016	2018	2020	2023	2026	2031
Nombre de forages fonctionnels	5	5	5	5	5	5
Nombre d'habitants / forage	250	250	250	250	250	250
Population desservie	1 250	1 250	1 250	1 250	1 250	1 250

Nous avons déterminé la population déjà desservie par les forages existants. Mais nous n'avons pas tenu compte du château défaillant existant pour mesure de prudence. Nous avons donc considéré l'hypothèse qu'un forage ou un FPM desservirait 250 personnes. C'est ce que nous présente le tableau4 ci-dessus.

Tableau 5.1 : les besoins domestiques

Calcul des besoins domestiques et annexes de la population desservie par le réseau						
Année	2016	2018	2020	2023	2026	2031
Population restante	3 122	3 347	3 583	3 961	4 368	5 119
Taux de dessert	-	70%	75%	82%	88%	100%
Population à desservir	-	2 343	2 673	3 230	3 864	5 119
Consommation spécifique Cs [l/j/hbt]	-	8,0	8,0	12,0	12,0	14,0
Besoins journaliers domestiques B _{jm_dom} [m ³ /j]	-	18,7	21,4	38,8	46,4	71,7
Besoins annexes (10% B _{jm_dos}) [m ³ /j]	-	1,9	2,1	3,9	4,6	7,2
Besoins journaliers moyens B _{jm} [m ³ /j]	-	20,6	23,5	42,6	51,0	78,8
Coefficient de pointe saisonnier Cps	-	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
Besoins du jour de pointe B _{jp_dom} [m ³ /j]	-	26	29	53	64	99

Tableau 5.2 : les besoins domestiques

Calcul des besoins domestiques et annexes de la population desservie par le réseau						
Année	2016	2 018	2 020	2 023	2 026	2 031
Population restante	3 122	3 347,0	3 583,0	3 961,0	4 368,0	5 119,0
Taux de desserte	-	0,7	0,7	0,8	0,9	1,0
Population à desservir	-	2 342,9	2 673,5	3 229,7	3 864,0	5 119,0
Consommation spécifique Cs [l/j/hbt]	-	15,0	15,0	18,0	18,0	20,0
Besoins journaliers domestiques B _{jm_dom} [m ³ /j]	-	35,1	40,1	58,1	69,6	102,4
Besoins annexes (10% B _{jm_dos}) [m ³ /j]	-	3,5	4,0	5,8	7,0	10,2
Besoins journaliers moyens B _{jm} [m ³ /j]	-	38,7	44,1	63,9	76,5	112,6
Coefficient de pointe journalière Cpj	-	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
Besoins du jour de pointe B _{jp_dom} [m ³ /j]	-	48,3	55,1	79,9	95,6	140,8

En maintenant l'hypothèse de l'APD sur la consommation spécifique (8l/j ; 12l/j et 14l/j), les besoins journaliers domestiques moyens sont évalués à 78.8 m³/j à l'échéance du projet, alors que le besoin journaliers domestiques moyens dans l'APD est égale à 70,02 m³/j. Cette différence de résultat est due à la différence d'estimation de la population comme expliqué ci-dessus. (Voir tableau 5.1).

En considérant la norme qui est de (15 l/j à 20l/j en milieu rural), les besoins journaliers

domestiques moyens sont évalués est de 140.8 m³/j (voir tableau 5.2). Il se présente alors une grande différence des besoins en eau à la vue les deux tableaux.

V – 2.2 Evaluation des consommations du cheptel

Le besoin en eau du cheptel se détermine suivant leur nombre et les différents coefficients à considérer, pour une bonne estimation. Voir tableau 6.

Tableau 6 : les besoins du cheptel

Calcul des besoins du cheptel du village de Kouforpissiga						
Années	2016	2018	2020	2023	2026	2031
Taux d'accroissement %	4.5%	4.5%	4.5%	4.5%	4.5%	4.5%
Nombre de bovins	513	560	612	698	797	993
Consommation spécifique [l/jr/Bv]	40	40	40	40	40	40
Consommation totale des bovins [m ³ /j]	20,52	22,40	24,48	27,92	31,88	39,72
Taux de consommation des autres animaux	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Besoins du jour de pointe (Cheptel) [m ³ /j]	24,62	26,88	29,38	33,50	38,26	47,66

Le tableau 6 présente le besoin du jour de pointe (Cheptel) qui est estimé à **47,66 [m³/j]** pour l'échéance du projet année 2031.

V – 2.3 calcul des débits de distribution et de refoulement

V - 2.3.1 Implantation des bornes fontaines, nombre de BF et ABR

Le choix de borne fontaine est défini par la taille de la population totale, du nombre d'utilisateurs par borne fontaine, de la répartition spatiale des habitations et de certains lieux publics (écoles, marché, grande mosquée...).

Pour le village de Kouforpissiga, on considère une distance maximale de 500 m à parcourir pour accéder à une borne fontaine et doit desservir **500 habitants**. Ainsi le nombre des bornes fontaines à l'horizon du projet est déterminé par la relation suivante :

$$n_{BF} = \frac{\text{population en 2031}}{\text{Nombre d'habitant par BF}}$$

Tableau 7 : Nombre de Bornes Fontaines

Années	2018	2020	2023	2026	2031
Nombre de personnes à desservir	2 343	2 673	3 230	3 864	5 119
Nombre de personnes par BF [hbts]	500	500	500	500	500
Nombre total de Bornes Fontaines	5	6	7	8	11

Tableau 8: Nombre d'abreuvoirs pour Cheptel

Années	2018	2020	2023	2026	2031
Nombre de bovins	560	612	698	797	993
Nombre de bovins par abreuvoir	70	70	70	70	70
Nombre total d'abreuvoirs	9,0	9,0	10,0	12,0	15,0

En fonction du revenu de la population, il sera retenu 11 bornes fontaines pour satisfaire le besoin de la population à l'échéance du projet. Les emplacements des bornes fontaines (11) et des (15) abreuvoirs pour les animaux sont illustrés dans l'annexe 3. Résultat identique à celui de l'APD.

V - 2.3.2 Débits de refoulement et de distribution

Le débit est un paramètre important dans le choix des tuyauteries. Sa détermination implique essentiellement : le besoin totale du jour de pointe, le temps de distribution pour le réseau de distribution, le temps de refoulement pour l'adduction et le coefficient horaire : (cf. tableau7)

Tableau 9 : débits de distribution et de refoulement

Calcul des débits de distribution et de refoulement						
Année	2016	2 018	2 020	2 023	2 026	2 031
Besoins totaux pour l'irrigation	-	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Besoins total du jour de pointe Bjp [m ³ /j]	-	175,2	184,5	213,4	233,9	288,4
Rendement du réseau	-	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Demande du jour de pointe Djp [m ³ /j]	-	184,4	194,2	224,7	246,2	303,6
Temps de distribution [h]	-	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0
Temps de distribution Abreuvoir[h]	-	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Débit moyen de distribution Qmoy-dis [m ³ /h]	-	15,4	16,2	18,7	20,5	25,3
Coefficient de point horaire Kph	-	2,1	2,1	2,1	2,1	2,00
Débit de pointe horaire Qph [m ³ /h]	-	32,9	34,3	38,9	42,1	50,5
Débit de pointe théorique horaire Qph [l/s]	-	9,1	9,5	10,8	11,7	14,0
Temps de refoulement [h]	-	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Débit de refoulement Qref [m ³ /h]	-	18,4	19,4	22,5	24,6	30,4
Débit théorique de pointe de chaque BF [l/s]	-	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6
Débit réel de pointe de chaque BF [l/s]	-	0,4	0,4	0,4	0,4	0,6
Débit réel de pointe des BF [l/s]	-	2,0	2,4	2,8	3,2	6,6
Débit théorique de pointe de chaque abreuvoir [l/s]	-	0,9	1,0	1,0	1,0	1
Débit réel de pointe des abreuvoir [l/s]	-	8,4	9,1	10,2	11,5	15,0
Débit de pointe du réseau d'irrigation [l/s]	-	4,9	4,9	4,8	4,7	4,6
débit de pointe réel du système [l/s]		15,3	16,4	17,8	19,4	26

Le tableau 7 nous présente les débits de pointe d'eau nécessaires pour satisfaire les demandes, nous notons : débit de pointe horaire **Qph = 26 [l/s]** ; Débit réel de pointe des **BF = 6.6 [l/s]**, Débit réel de pointe des abreuvoirs = 15 [l/s] à l'échéance du projet. Comme notifié au début, notre réservoir devra également alimenter le périmètre agricole et piscicole. Nous avons tenu compte des besoins de la partie maréchaiculture uniquement pour nos calculs. Ces débits permettront de dimensionner tout le système d'alimentation.

Besoins total du jour de pointe $B_{jp} [m^3/j] = 100m^3/j + 78,8 m^3/j$

$$B_{jp} [m^3/j] = 246 m^3/j \text{ (en 2031)}$$

En respectant les normes on a :

$$B_{jp} [m^3/j] = 100m^3/j + 140.8 m^3/j$$

$$B_{jp} [m^3/j] = 288.4m^3/j \text{ (en 2031 tableau 7)}$$

V.3 Evaluation des ressources en eau

Capacité des forages

L'étude hydrogéologique et la prospection géophysique (notifiée dans la présentation générale) ont permis d'implanter quatre points de sondages. Le résultat de la campagne de forassions est le suivant:

Tableau 10: Débit d'exploitation et côte d'installation

N° d'ordre	Commune	Village	Site	Débit d'exploitation en m ³ /h	Côte d'installation de la pompe immergée
1	Materi	Kouforpissiga	SE2	12	45
2	Materi	Kouforpissiga	SE1	13	42
3	Materi	Kouforpissiga	SE6	6	36

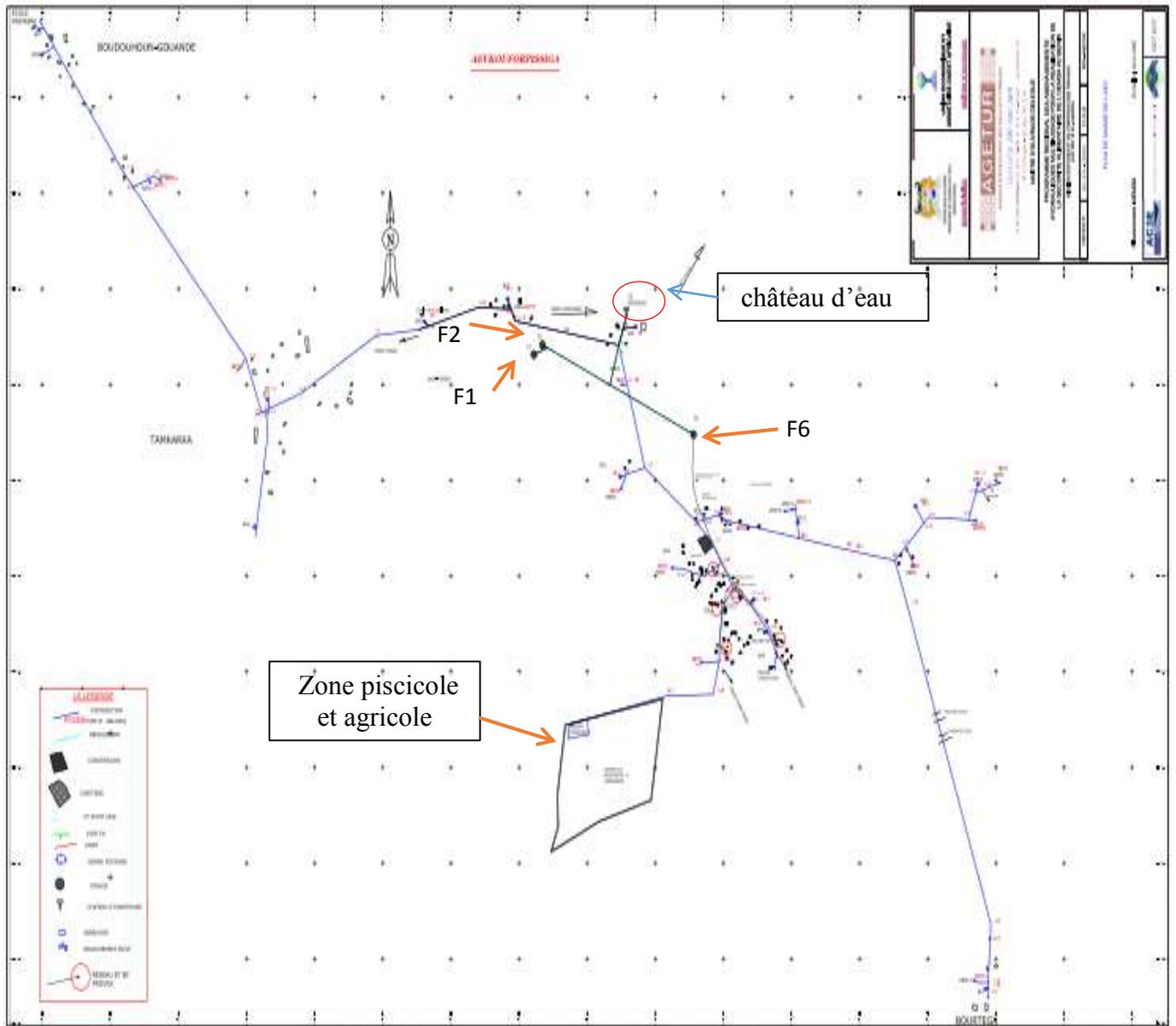
Ce tableau nous montre que ces trois forages sont déclarés productifs, le débit exploitable cumulé des trois forages réalisés est de 31 m³/h.

Ces débits sont supérieurs au débit d'adduction théorique (303.6 m³/j). L'exploitation de ces forages est suffisante pour couvrir la demande en eau de la population à l'horizon 2031.

$$\text{Avec : } \frac{DJP(m^3/j)}{\text{Temps d'aduction}(h)} = \frac{303.6}{10} = 30.4 \text{ m}^3/\text{h} < 31 \text{ m}^3/\text{h}$$

NB : 10h continue temps de pompage à ne pas dépasser par forage et par jour

Plan du réseau de distribution de Kouforpissiga



V.4 Dimensionnement des conduites réseau de distribution

❖ Hypothèse de calcul

- Pertes de charge singulières sont estimées à 10% de celles linéaires.
- Pression minimale de service est de $P_{min} = 6mce$.
- Choix du site du réservoir : $Z_{TN} = 176.32m$

❖ Le système AEP proposé comprendra les ouvrages principaux suivants :

- des ouvrages de captage et de pompage d'eau ;
- un réservoir de stockage ;
- des réseaux d'adduction et de distribution ;
- des bornes fontaines ;
- des ABR Abreuvoirs;

Le Réseau de Distribution sera de type gravitaire par ce que la source est située en altitude par rapport au site à alimenter. Le réservoir domine tout le réseau et assure une pression minimale au point le plus défavorable. Les conduites du réseau seront en PVC, le diamètre minimal retenu est : $D_{-Int} 45.2mm$ ou $D_{-est} 50mm$.

Les paramètres de dimensionnement des conduites retenues sont:

- La rugosité KS des tuyaux en PVC est de 120
- Vitesse dans les conduites doit être comprise : entre 0.3 et 1.5 m/s.

a) Choix des conduites

Nous avons choisi Les conduites en PVC à joint caoutchouc pour le réseau dont les diamètres extérieurs égaux ou supérieurs à 50 mm au lieu de 63 comme dans l'APD, Leur mise en œuvre requière une main d'œuvre moins qualifiée et leur couts moins élevés par rapport aux autres type de conduites souvent utilisées au Benin comme la Fonte et le PEHD (très rarement). Les pressions nominales adoptées pour le réseau de refoulement est de **PN (16 bars)**. Nous avons de la sorte tenue compte des surpressions engendrées par le phénomène du coup de béliers suite aux arrêts brusques des pompes qui pourraient subvenir au cours de l'exploitation du réseau. Une pression Nominale de **10bar (PN10)** est retenue pour le réseau de distribution où les pressions sont souvent peu élevées (distribution gravitaire ; terrains assez plat).

Au cours du dimensionnement du réseau, nous faisons face à des contraintes techniques telles que : la pression et la vitesse d'écoulement à l'intérieur des conduites qui doivent être comprises entre deux valeurs chacune.

La limite de la vitesse dans notre cas est maintenue entre 0.3 et 1.5 m/s.

Dans l'APD le plus petit diamètre choisi est de 63mm alors que les diamètres théoriques calculés descendent jusqu'à 25mm par endroit ce qui conduit à des vitesses trop faibles donc la solution a été de choisir des diamètres constructeurs plus petit que 63mm. Par ailleurs, on a opté pour un remplissage des ABR en 4heure afin d'élever les débits pour avoir des diamètres raisonnables, autrement, on obtient des vitesses extrêmement faibles.

En ce qui concerne la pression, leurs limitations sont données par deux paramètres. il s'agit de la pression minimale qui doit être supérieure à la pression atmosphérique, notamment aux points hauts. Alors la pression maximale est limitée à la pression maximale qu'indique le fabricant sur la conduite. Dans notre cas, les conduites ont des pressions nominales de 16 bars (160 mCE). Donc les pressions dans les conduites doivent être comprises entre 10 et 160 mCE.

b) Pression de service

La pression de service délivrée par le système de distribution doit permettre à l'utilisateur d'effectuer les prélèvements d'eau normaux sans excès d'effort. En effet une faible pression entraîne l'aspiration des conduites des eaux résiduaires, entraînant la pollution de l'eau d'une part, d'autre part la difficulté d'alimentation des populations en bout du réseau.

c) Disposition de la conduite.

Pose des conduites

Les diamètres obtenus par les résultats plus hauts, il faut procéder à la pose des conduites. Les conduites d'adduction sont le plus souvent enterrées pour les protéger contre les intempéries (ensoleillement, réchauffement de l'eau, blocage par refroidissement du liquide (neige). Elles doivent être enterrées afin d'éviter l'encombrement des voies de circulation sous lesquelles elles sont posées et de prévenir leur ovalisation ou leur écrasement par les charges trop lourdes, les chocs.

Pour ce faire il faut connaître le profil en long des différentes conduites après des études topographiques des tronçons.

Après obtention des semi des points de la zone à travers les logiciels, global mapper, et Covadis, les profils en longs des conduites ont été déterminés. Ce qui a permis de connaître les zones plus bas et plus hauts afin de voir les dispositifs (ventouse, les purges) à mettre en place pour un bon fonctionnement du réseau (voir annexes3)

La hauteur minimale de couche de remblai sur les conduites a été prise à 80 cm selon les normes de pose.

d) Composantes de l'AEV

L'Adduction d'Eau Villageoise (AEV) de Kouforpissiga est un système simplifié d'adduction et de distribution d'eau comprenant :

- Longueur totale des conduites : 12 036,6 m
- Nature des conduites : PVC PN10
- Typologie des conduites : DN50 à DN225
 - ❖ DN50 : 722 m ; DN63 : 445 m ; DN75 : 1 038 m
 - ❖ DN90 : 3 030 m ; DN110 : 2 946 m ; DN125 : 494 m
 - ❖ DN200 : 1 145 m ; DN225 : 161 m
- Gamme de pression réelle : 6 à 35.3 [m]
- Gamme de vitesse : 0,4 à 1 [m/s]
- Cote minimale du radier : 204.25 m
- Cote TN du réservoir : 176.6 m
- Hauteur sous radier : 12.42 m
- Une desserte de la population par les bornes fontaines pression minimale fixée égale à 10 mce et par les abreuvoirs pour animaux.

V.5 détermination de la capacité utile du réservoir par la méthode analytique

La capacité totale d'un château est composée de la réserve de distribution (réserve théorique) et de la réserve d'incendie. La réserve d'incendie est prise en générale égale à 120 m³. Soit un débit de 60m³/h pendant deux heures. Il existe trois méthodes pour déterminer la capacité théorique du réservoir : la méthode analytique, la méthode graphique et la méthode simplifiée. Dans le cadre de notre étude, la méthode analytique a été utilisée pour la détermination de la capacité utile du réservoir.

Le fonctionnement du système est simulé au cours d'une journée afin de déceler à des pas de temps prédéterminés les déficits et les surplus de volume non consommés. Le volume de distribution est la somme de la plus grande valeur positive et de la valeur absolue de la plus faible valeur négative.

La capacité utile est calculée à partir de la formule suivante :

Tableau 11 : capacité utile du réservoir

Détermination capacité util du réservoir de kouforpissiga							
heur	pas de temps	coefitien de consommation	volume d'eau pompé		volume d'eau consommé		volume cumulé pom - volume cumulé cons
			volume partiel Vpi	volume partiel cumulé	volume partiel Cpi	volume partiel cumulé	
00 - 01	1	0	-	0			
01 02	1	0	-	0		-	
2 03	1	0	-	0		-	
3 04	1	0		0		-	
4 05	1	0	30,36	30,36		-	30,4
5 06	1	0	30,36	60,72	-	-	60,7
6 07	1	1	30,36	91,09	25,3	25,3	65,8
7 08	1	2	30,36	121,45	50,60	75,9	45,5
8 09	1	1,5	30,36	151,81	38,0	113,9	38,0
9 10	1	1	30,36	182,17	25,3	139,2	43,0
10 11	1	0,5	0	182,17	12,7	151,8	30,4
11 12	1	0,5	0	182,17	12,7	164,5	17,7
12 13	1	0,5	0	182,17	12,7	177,1	5,1
13 14	1	0,5	0	182,17	12,7	189,8	- 7,6
14 15	1	0,5	30,36	212,53	12,7	202,4	10,1
15 16	1	1,5	30,36	242,89	38,0	240,4	2,5
16 17	1	1,5	30,36	273,26	38,0	278,3	- 5,1
17 18	1	1	30,36	303,62	25,3	303,6	-
18 19	1	0	0	303,62	-	303,6	-
19 20	1	0	0	303,62	-	303,6	-
20 21	1	0	0	303,62	-	303,6	-
21 22	1	0	0	303,62	-	303,6	-
22 23	1	0	0	303,62	-	303,6	-
23 00	1	0	0	303,62	-	303,6	-
la capacité utile est calculé à partir de la formule suivante							
$Cu = 1 \text{ déficit maximum } l + 1 \text{ stockage maximum } l$							
$Cu = 1 \text{ déficit maximum } l + 1 \text{ stockage maximum } l$							
le volume utile du réservoir est donc de :			73,4				

La capacité utile du réservoir calculée, sur la base de la norme en vigueur est de $73.4m^3$ nous arrondissons à $100m^3$.

En considérant exclusivement l'hypothèse de l'APD, nous avons obtenu $Cu_{\text{réservoir}} = 62m^3$ sensiblement égale à celle obtenue dans l'APD $Cu_{\text{réservoir}} = 59m^3$. Le volume du réservoir prévu

pour être réalisé selon l'APD est aussi de 100m³.

Avec le résultat prévu par l'APD, un réservoir de 80m³ devrait suffire alors qu'ils ont prévu 100m³. Il est à dire que le château d'eau à réaliser suivant leur hypothèse a été surestimé.

❖ Traitement de l'eau

Vue que les tuyaux ou canaux pour conduire l'eau lors de la distribution et l'adduction peuvent contenir des impuretés, nous incluons le traitement de l'eau au niveau du réservoir.

Le traitement de l'eau consistera à sa désinfection de la ressource et sa sécurisation dans les conduites de distributions. Pour ce faire parmi les nombreux produits de traitement qui existe sur le marché, nous utiliserons comme produit de traitement le chlore.

Le chlore est l'agent désinfectant le plus utilisé en traitement des eaux. On le trouve sous forme de, chlore gazeux Cl liquéfié en bouteilles ou en tanks, utilisé par prélèvement direct en phase gazeuse, ou en phase liquide par l'intermédiaire d'un évaporateur, et introduit dans l'eau après dosage et mise en solution dans un appareil appelé chloromètre) d'hypochlorite de sodium : NaOCl (liquide : eau de Javel) d'hypochlorite de calcium : Ca(OCl) (En poudre).

Le chlore a des effets et des propriétés font de lui un produit de traitement adéquat à utiliser.

➤ Vérification du temps de séjour dans le réservoir.

Le temps de concentration du chlore $\frac{\text{Capacité totale du réservoir}}{\text{Max } Q_{\text{Distribué}}} = \frac{100}{30.6} = 2h$ Cette $\geq 2h$ valeur est égale à 2h, temps nécessaire à l'action du chlore.

Le temps de séjour du chlore $\frac{\text{Capacité totale du réservoir}}{D_{JP}} = \frac{100}{25.3} = 3.95h < 48h$. Cette valeur est inférieure à 2 jours, temps maximum de séjour pour l'efficacité du chlore.

V.6 Dimensionnement des conduites d'adduction et résistance au coup de bélier

V.6.1 Réseau de refoulement

Pour déterminer le diamètre nominal des conduites, nous utiliserons plusieurs formules. Nous exploiterons la formule de Manning Strickler pour le calcul des pertes de charge.

Données de dimensionnement.

Partant des débits des forages et un temps de pompage de 10 heures les diamètres théoriques ont été calculés.

Tableau 12: Dimensionnement du réseau d'adduction

Forages	Forage 2	Forage 1	Forage 6
Débits (m3/h)	12	13	6
Temps de pompage en heure	10	10	10

Dimensionnement du réseau d'adduction	Conduite PVC PN10							
	Qref [m ³ /h]	Tp [h]	Dth [mm]	Dret [mm]	DC [m]	U [m/s]	Condition de GLS Vmax	
Forage F1								
Formule de Bresse $1,5 * Q^{0,5}$	13,0	10,0	90,1	81,4/DN90PN10	0,081	0,7	1,13	OK
Formule de Bonnin $Q^{0,5}$	13,0	10,0	60,1	57/DN63PN10	0,057	1,4	1,03	KO
Formule de Bedjaoui $1,27 * \left(\frac{Q}{3600}\right)^{0,5} * 1000$	13,0	10,0	76,3	81,4/DN90PN10	0,081	0,7	1,13	OK
Formule de Mumier $(1 + 0,02n) * Q^{0,5}$	13,0	10,0	72,1	67,8/DN75PN10	0,068	1,00	1,08	OK
Formule de Bresse modifié $0,8 * Q^{\frac{1}{3}}$	13,0	10,0	122,7	113/DN125PN10	0,113	0,36	1,23	OK

Forage F2	Qref [m ³ /h]	Tp [h]	Dth [mm]	Dret [mm]	DC [m]	U [m/s]	Condition de GLS Vmax	
Formule de Bresse	12,0	10,0	86,6	81,4/DN90PN10	0,081	0,64	1,13	OK
Formule de Bonnin	12,0	10,0	57,7	57/DN63PN10	0,057	1,31	1,03	KO
Formule de Bedjaoui	12,0	10,0	73,3	67,8/DN75PN10	0,068	0,92	1,08	OK
Formule de Mumier	12,0	10,0	69,3	67,8/DN75PN10	0,068	0,92	1,08	OK
Formule de Bresse modifié $0,8 * Q^{(1/3)}$	12,0	10,0	119,5	113/DN125PN10	0,113	0,33	1,23	OK

Forage F6	Qref [m ³ /h]	Tp [h]	Dth [mm]	Dret [mm]	DC [m]	U [m/s]	Condition de GLS Vmax	
Formule de Bresse	6,0	10,0	61,2	57/DN63PN10	0,057	0,65	1,03	OK
Formule de Bonnin	6,0	10,0	40,8	57/DN63PN10	0,057	0,65	1,03	OK
Formule de Bedjaoui	6,0	10,0	51,8	57/DN63PN10	0,057	0,7	1,03	OK
Formule de Mumier	6,0	10,0	49,0	57/DN63PN10	0,057	0,65	1,03	OK
Formule de Bresse modifié $0,8 * Q^{(1/3)}$	6,0	10,0	94,9	99,4/DN110PN10	0,099	0,21	1,19	OK

Formule de Bedjaoui					
Tronçon intermédiaire	Q	Dth [m]	Dret [mm]	DC [m]	U [m/s]
T4 - CE	31,0	0,1195	140/119,2 PN16	0,1192	0,7716
I- T4	25,0	0,1073	140/119,2 PN16	0,1192	0,6223

Nous allons poursuivre nos calculs avec les résultats de la Formule de Bedjaoui. Seule la Formule de Bedjaoui respecte au mieux à la condition de GLS.

Nous utiliserons des PVC de : PN10 de F1 à F2, PN16 de I à T4, PN10 de F6 à T4 et PN16 de T4 à CE.

V.6.2 Calcul de la HMT

L'électropompe sera dimensionnée à partir du débit de refoulement et de la force à vaincre la HMT.

HMT est la Hauteur Manométrique Totale :

$$HMT = H_{géo} + j \quad \text{Avec} \quad H_{géo} = Z_{-TP} - Z_{-ND}$$

J : perte de charge

$H_{géo}$: Hauteur géométrique

Z_{-TP} : La cote de la conduite de refoulement ou l'eau déverse dans le château.

Z_{-ND} : La cote du niveau dynamique

Tableau 13 : Caractéristiques des Forages

Caractéristiques	Forages 2	Forage 1	Forage 6
Débit (m ³ /h)	12	13	6
Niveau dynamique max	45	42	36
Cote terrain m	168.8	166.64	166.54

Tableau 14 : Tableau de calcul des HMT

Troncon	L ref [m]	Q [m ³ /h]	Φref [m]	ΔH [m]	Σ ΔH ou (j) [m]	ND [m]	Hgéo [m]	HMT [m]CE
F2 -I	40	12	0,0678	0,58	3,97	126,8	65,22	69,19
F1 - I	106	13	0,0814	0,69	4,07	127,24	64,78	68,85
I - T4	498	25	0,1192	1,56				
F6 - T4	665	6	0,06	6,13	7,69	133,54	58,48	66,17
T4 - CE	379	31	0,1192	1,82	9,51			

V.6.3 Système de pompage et source d'énergie

Le groupe électrogène ou énergie thermique et l'énergie solaire, seront utilisées dans ce projectile.

Les systèmes de **pompage solaire photovoltaïque** sont utilisés pour des stations de pompage ou des adductions d'eau potable. Sa fiabilité et sa simplicité, rendent possible son utilisation dans les zones les plus reculées. Cette technologie se révèle bien adaptée au Bénin dépendant de l'énergie du soleil naturel uniquement.

Les systèmes de **pompage thermique associent un groupe électrogène** et une électropompe immergée. Cette technologie reste largement utilisée au Bénin. Ses principaux atouts étant la souplesse d'utilisation et la capacité à fournir de grandes quantités d'eau, au-delà des capacités des pompes solaires.

En effet, le système sera muni d'un asservisseur. Nous profiterons des rayons solaires en journée au fur et à mesure que les gens puisent, le soleil permettra le ravitaillement du château. Pendant la nuit le château se remplira et permettra à ceux qui puisent l'eau avant le lever du soleil de s'approvisionner grâce à l'énergie emmagasinée par la batterie du panneau solaire en journée. En cas de vol ou de panne du système solaire, le groupe électrogène fera le relais.

V.6.4 Protection anti-bélier

Un arrêt brusque de la pompe dû à une coupure ou un problème technique peut être à la base d'un coup de bélier dont les conséquences peuvent être dommageables pour les conduites de refoulement. Il est donc nécessaire de vérifier si les conduites sont capables de supporter les Surpressions et dépressions engendrées par le coup de bélier.

Ainsi, pour notre vérification de la résistance au coup de bélier nous prendrons une conduite avec les caractéristiques suivantes **PVC 81,4/DN90PN10, 67,8/DN75PN10 et PVC 57/DN63PN10** sont capable de résister au coup de bélier respectivement de F1, F2 et F6., Avec PN=10bar =100m

V.6.4.1 Conduite forage 1, 2 et 6

❖ Calcul de la célérité de l'onde.

Nous allons utiliser la formule d'ALLIEVI pour le calcul de la variation maximale de cette pression :

Δh (m) = valeur absolue maximale de la surpression ou de la dépression

V (m/s) = vitesse de l'eau

g (m/s²) = accélération de la pesanteur = 9,81 m/s

a = célérité de l'onde de choc dans l'eau (m/s) \surd

$K = 33$ pour le PVC

HMT (m)	F1 = 77,77	F2 = 78,11	F6 = 71,09
---------	------------	------------	------------

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + K * \frac{D}{e}}}$$

$$a = 297.08. m/s$$

Détermination de la célérité de l'onde provoquée par un coup de bélier

a : est la célérité de l'onde

D : Le diamètre intérieur

e : est l'épaisseur des parois de la conduite

$k = 33$ pour les PVC.

Nous obtenons

$$af1 = 381,62m/s.$$

$$af2 = 382,53m/s.$$

$$af6 = 380,97m/s.$$

❖ Calcul de la Variation de pression

$$\Delta H = \frac{a \cdot V_0}{g} \quad \text{D'où} \quad \Delta H = \frac{381,62 \cdot 0,69}{9,81}$$

$$\Delta H1 = 27m ; \Delta H2 = 36,1 m \text{ et } \Delta H6 = 25 m$$

❖ Calcul de la Pression dans la conduite au coup de bélier

Suppressions et dépressions

Forage1

$$H + \Delta H = 77,77 + 27$$

$$H1 + \Delta H = 104,76 m$$

$$H1-\Delta H = 60.63 \text{ m}$$

Forage2

$$H2+\Delta H = 78,11+36,1$$

$$H2+\Delta H = 114,11 \text{ m}$$

$$H2-\Delta H = 51.96 \text{ m}$$

Forage6

$$H+\Delta H = 71,09+25,36$$

$$H6+\Delta H = 96,45 \text{ m}$$

$$H6-\Delta H = 55.58 \text{ m}$$

Conclusion partiel

Comme $H + \Delta H \geq P_{Max} = PN+1.2$, pour la suppression et $H - \Delta H \geq P_{Min} = 10.33$, on en déduit alors que les conduites choisies PVC 81,4/DN90PN10, 67,8/DN75PN10 et PVC 57/DN63PN10 sont capables de résister au coup de bélier respectivement de F1, F2 et F6.

Tableau 15 : Récapitulatif

Matière / Diamètre Extérieur (mm) / Pression Nominale (Bar) (Refoulement)	Tronçons	PVC de l'APD
PVC 90 PN 10	F1 – I	PVC 140 PN10
PVC 75 PN 10	F2 – I	PVC 140 PN10
PVC 63 PN 10	F6 – T4	PVC 90 PN10
PVC 140 PN 16	I – T4	PVC 140 PN16
PVC 140 PN 16	T4 – CE	PVC 200 PN16

Nous trouvons des résultats bien différents de ceux de l'APD. Cela est dû au fait que nous avons utilisé la formule de Bedjaoui alors que c'est la formule de Bresse modifiée qui a été exploitée dans l'APD. Les résultats nous montrent alors que la formule de Bresse modifiée a surestimé les diamètres des PVC de refoulement.

V.6.5 choix des pompes et groupes électrique

Il est nécessaire de connaître les caractéristiques des pompes que nous allons utiliser pour le pompage dans chaque forage avant leur acquisition. En effet les pompes seront immergées.

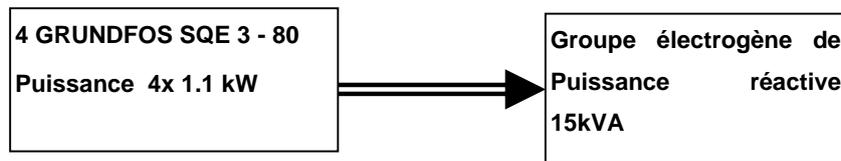
Pour cela, à partir des caractéristiques des forages (HMT et Q), nous déterminerons les caractéristiques des pompes nécessaires.

Pour forage F2, la pompe à utiliser à des caractéristiques suivantes :

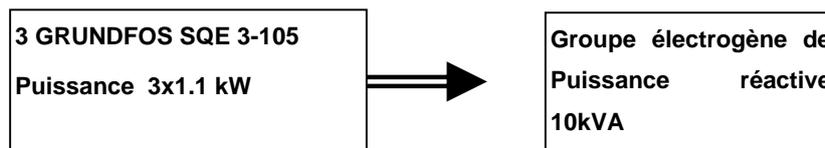
GrundfosNB-NGB Qmax 460m³/h ; HNT max 95m ; temps du liquide -25 à +142°C ; pression de service max 16 bar.

Vue que les HMT des forages F1 et F6 sont inférieur à celui de F2, nous recommandons alors les même pompe que celui de F2.

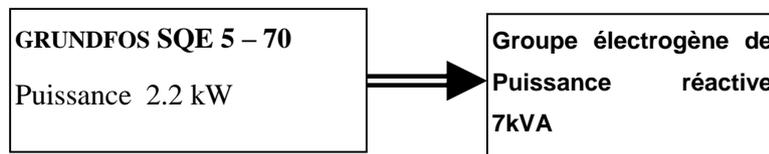
Forage F1



Forage F2



Forage F6



Le groupe électrogène du forage F2 suffirait pour alimenter aussi le forage F1

V. 8 Estime le devis quantitatif et estimatif des travaux

CALCULS INTERMEDIAIRES

Retour

Nombre de m3 pompés par mois	1266,9 m3	Nombre m3 pompé par mois	1 267 m3/mois
Nombre de m3 vendus par mois au BF	780 m3	Nombre m3 pompé par an	15 203 m3/an
Nombre de m3 vendus par mois au BP	450 m3		

Renouvellement

Cout renouvellement pompe	17 FCFA/m3p
Cout remplacement module	21 FCFA/m3p
Cout renouvellement onduleur	11 FCFA/m3p
Cout Total renouvellement système de pompage	49 FCFA/m3p

Entretien lourd

Cout entretien lourd réseau (BF-BP)	303 800 FCFA/an	20 FCFA/m3p
Cout entretien lourd réseau (Pièces spéciales)	350 000 FCFA/an	23 FCFA/m3p
Total entretien lourd		43 FCFA/m3p

Fonctionnement simple (hors frais structure et salaires)

Entretien courant réseau (javellisation)	24 000 FCFA/an	2 FCFA/m3p
Entretien courant réseau (robinets de puisage)	38 500 FCFA/an	3 FCFA/m3p
Total fonct simple		4 FCFA/m3p

Salaires et honoraires (exploitant et fontainiers)

Fontainiers	936 000 FCFA/an	62 FCFA/m3p
Exploitant	147 600 FCFA/an	10 FCFA/m3p
Total honoraires et salaires		71 FCFA/m3p

Frais gestion et structure

Frais gestion (bureau, secrétariat, consommable)	600 000 FCFA/an	39 FCFA/m3p
Déplacement /supervision	300 000 FCFA/an	20 FCFA/m3p
Amortissement mat spécifique fermier ou AUE	200 000 FCFA/an	13 FCFA/m3p
Total Frais gestion et structure		72 FCFA/m3p

BILAN ANNUEL



KOUFORPISSIGA

Caractéristiques AEV

Puissance station	2 500
Nb de bornes fontaines	11
Nb de branchements privés	15
Nb d'habitants desservis	5 119

Production annuelle

Nb de m3 vendus aux BF	9 360
Nb de m3 vendus aux BP	5 400
Nb total de m3 vendus	14 760
Prix du m3 aux BF en FCFA	429
Prix du m3 aux BP en FCFA	300

Recettes en FCFA

Recette annuelle théorique	5 631 429
Taux recouvrement	98,00%
Total recettes	5 518 800

Dépenses courantes en FCFA

Exploitant	147 600	
Fontainiers	936 000	
Total Salaires, honoraires	1 083 600	19,6%
secretariat, bureau	600 000	
Déplacements supervision	300 000	
Frais structure	900 000	16,3%
petit entretien réseau - javelisation CE	62 500	1,1%
Total dépenses courantes	2 046 100	37,1%

Provisions fermiers ou AUE

Amortissement mat spécifique	200 000	3,6%
Entretien lourd	653 800	11,8%
Total provisions	853 800	15,5%

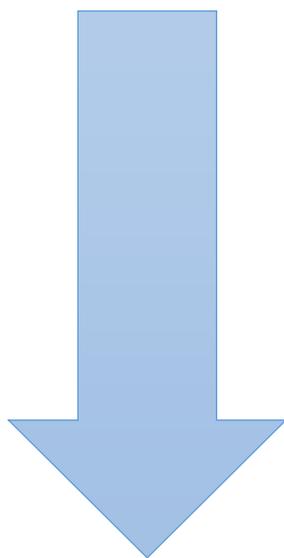
Redevances

Redevance en FCFA/m3 produit		
49	Renouvellement système de pompage	741 071 13,4%
26	Redevance extension	400 000 7,2%
0	Redevance AUE par m3 pompé	0 0,0%
10	Redevance commune par m3 pompé	152 028 2,8%
5	Redevance GIRE par m3 pompé	76 014 1,4%
	Total redevances	1 369 113 24,8%

Résultat

Marge	1 249 787	22,6%
--------------	------------------	--------------

Il ressort de cette analyse que le prix de revient pour assurer l'équilibre et la rentabilité du réseau est de 15 FCFA la bassine de 25 litres.



TROISIEME PARTIE
L'AMENAGEMENT PISCICOLE

VI. L'AMENAGEMENTS PISCICOLE

VI.1 contexte

Les pêches à terres sont intéressantes de deux différents points de vue, les méthodes de capture des poissons premièrement et les méthodes de l'élevage du poisson ou la pisciculture deuxièmement.

La pisciculture est une des branches de l'aquaculture qui désigne l'élevage des poissons en eaux douces, saumâtres ou salées. Elle est la production intensive en bassin artificiel ou cages dans lesquels les poissons sont exclusivement nourris avec de l'aliment apporté par le pisciculteur. Elle est une source précieuse supplémentaire de protéine animale dans le régime alimentaire des habitants. La pisciculture est ainsi une excellente activité pour l'accroissement de l'économie du pays.

Cette deuxième méthode est moins pratiquée en Afrique de l'Ouest contrairement à la première qui est une activité quasi quotidienne dans ces pays. La pratique de la pêche par capture des poissons induit la disparition de certaines espèces de plus en plus. C'est dans l'optique de promouvoir cette activité au sein des pays de l'Afrique de l'Ouest que l'UEMOA a opté à la réalisation du projet d'aménagement piscicole au profit de la localité de kouforpissiga dans la commune de Matéri en occurrence et du Benin en général. A cet effet, plusieurs questions pertinentes se doivent d'être posées telles que :

- Quel est le choix d'élevage porté ?
- Quelle est la stratégie d'élevage ?
- Quel est la quantité de production prévue par an ?
- Quel sera le rendement ?

VI .2 Objectifs du volet production aquacole

VI.2.1 Objectif Général

Pour le cas spécifique de développement de la filière aquacole il s'agira comme objectif global de faire en sorte que la pisciculture contribue de façon durable à la sécurité alimentaire du Benin par la fourniture de produits de qualité et en quantité.

VI.2.2 Objectif spécifique

De manière spécifique, le volet aquacole du programme permettra de :

- Produire 120 tonnes de poissons/an ;
- Contribuer à la création d'emploi ;

- Favoriser l'autopromotion et l'entrepreneuriat privé à travers la valorisation de la chaîne de valeurs. Une chaîne de valeur est un partenariat étroit entre différents maillons de la chaîne d'approvisionnement, dans le but de répondre aux demandes des consommateurs et de créer de la valeur et des profits (Cantin, 2005).

VI.3 Choix de l'espèce

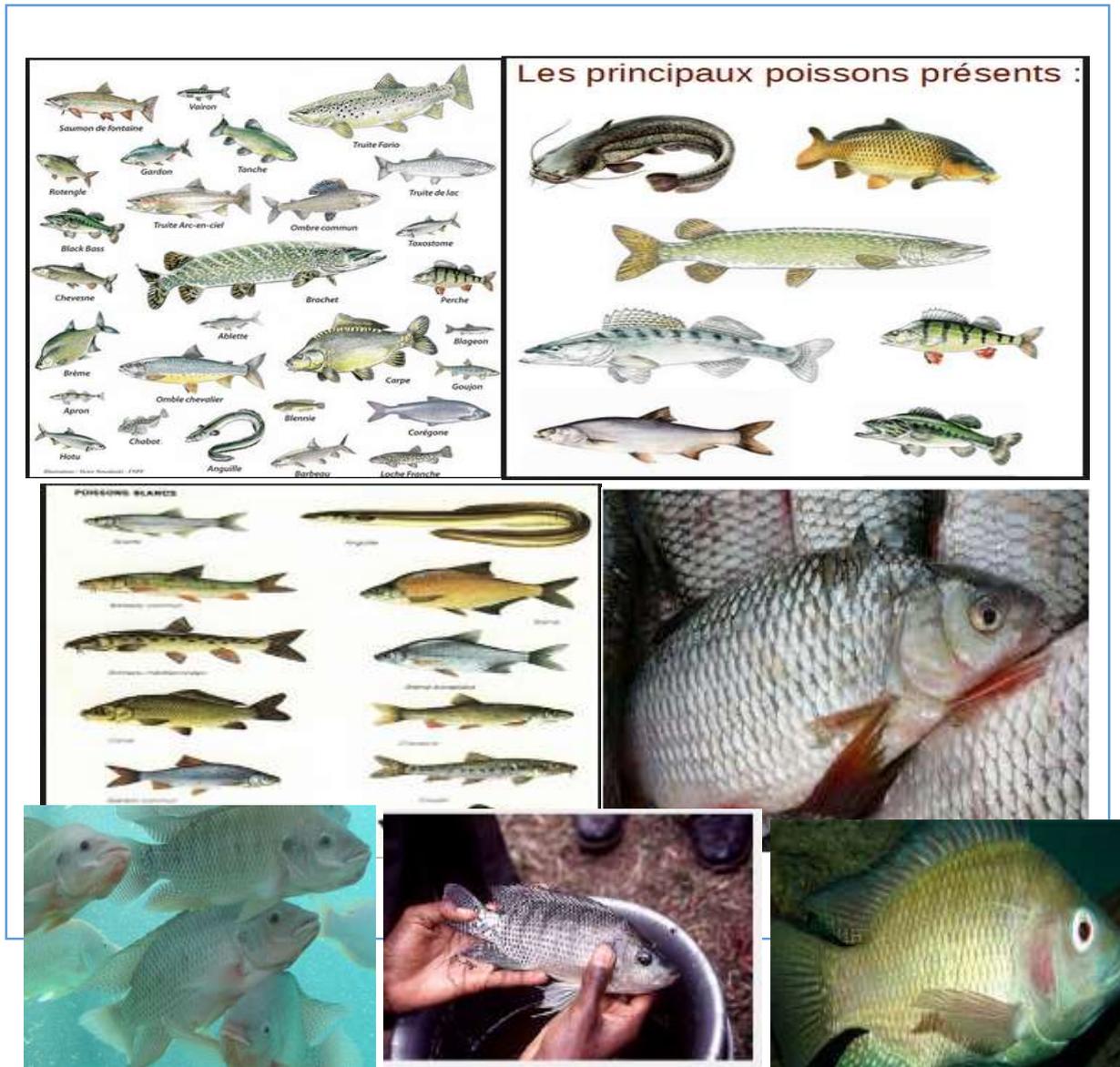


Figure 3: *Oreochromis niloticus* (tilapia)

VI.3.1 Description du tilapia

Le tilapia est un poisson à l'aspect plutôt compact. Ses écailles sont cycloïdes : elles donnent un aspect lisse au poisson. Sa nageoire dorsale contient 16 – 17 épines et 11 à 15 rayons mous. Sa nageoire anale a 3 épines et 10-11 rayons. La caudale est tronquée. Sa couleur varie fortement selon les spécimens, du bleu très sombre au rouge orangé.

a) Consommation

Les tilapias sont des poissons exotiques consommés en abondance partout dans le monde. La dénomination tilapia s'applique en réalité à différents poissons blancs appartenant à la famille des cichlidés, et notamment *Oreochromis niloticus* – le tilapia du nil, le plus courant – *Sarotherodon* et *Tilapia*. On mange du tilapia depuis des siècles en Afrique, son continent d'origine.

b) Facilité d'élevage

Le tilapia est le poisson d'élevage par excellence : c'est une des principales espèces d'aquaculture en Asie, en Afrique et en Amérique du sud. Il est le **2ème poisson d'élevage au niveau mondial**, après la carpe. Un poisson low cost très rentable. Le tilapia est un poisson à croissance relativement rapide qui se nourrit aux niveaux inférieurs de la chaîne alimentaire. Il ne présente pas de difficultés particulières lors de sa production. Il s'adapte à tout environnement et à toutes les salinités car il vit aussi bien en eau douce qu'en mer. Ce sont surtout les pays chauds qui produisent le tilapia. Des fermes aquacoles aux eaux chauffées se développent de plus en plus dans les pays du nord.

En effet, En tant que poisson exotique, le tilapia aime la chaleur : il a besoin d'une température minimale de 15°C. La température idéale pour lui se situe entre 28 et 32°C, et ne doit pas excéder les 38°. Le tilapia est un omnivore brouteur, se nourrissant donc de phytoplancton, de périphton, de plantes aquatiques, de petits invertébrés et de détritits. La maturité sexuelle dans les étangs est atteinte après 5-6 mois. Le frai commence quand la température de l'eau atteint 24 °C. Certains aquaculteurs nourrissent ce poisson miracle avec n'importe quoi !

VI.3.2 DESCRIPTION DE *CLARIAS GARIEPINUS*, POISSON-CHAT NORD-AFRICAIN:



Figure 4 :: *Clarias gariepinus*

Le grand poisson chat africain *Clarias gariepinus* atteint potentiellement une longueur de 1,70 m! Autant dire qu'il ne s'agit pas d'une espèce pour aquarium, même si la longueur commune est de 90 cm, il est utile de mémoriser que le poids record observé pour ce poisson-chat nord-africain est de 60 kg. Sa biologie est spéciale puisqu'on note la présence d'un organe respiratoire accessoire qui autorise cette espèce à respirer de l'air atmosphérique dans des conditions très sèches, d'assèchement de son habitat. Ces poissons chats restent alors dans les substrats vaseux des étangs ou trous d'eau et absorbent de l'air par gorgée de temps en temps par la bouche [2]

a) Consommation

Les Clarias sont consommés en abondance partout dans le monde et surtout en Afrique. La quantité minimale de protéines, exprimée en gramme de protéines provenant des œufs ou du lait entier, recommandée par la FAO pour l'homme (65 kg) est de 37 g par jour. En général, l'apport en protéines animales est estimé à 20 pour cent; ceci représente une consommation aux alentours de 25 kg d'aliment d'origine animale. La quantité de protéines provenant des poissons atteint en moyenne un quart du total de ces protéines animales et représente environ 6 kg par habitant et par an.

b) Facilité d'élevage

Les Clarias sont des mangeurs de fond qui, parfois, se nourrissent à la surface mais, dans tous les cas, ils se nourrissent la nuit sur une grande variété de proies comme des insectes, du plancton, des invertébrés et des poissons plus petits, mais les grands adultes sont capables aussi de capturer de jeunes oiseaux, de consommer de la chair en décomposition et des plantes. Le grand poisson chat africain est potamodrome, il supporte presque toute condition de maintenance, le pH et la dureté de l'eau n'ayant aucune influence sur son état. Il est possible de le voir plonger aussi bas que 80 m de profondeur! Il est également indifférent à la température, tolérant de vivre à 8 °C ou à 35 °C! Ce n'est pas pour rien qu'il a colonisé presque tout l'Afrique et une partie de l'Asie: il est presque extrêmophile à défaut d'être seulement thermophile, mais il est largement tolérant à des conditions environnementales extrêmes.

Choix de l'espèce

Le choix de l'espèce porte sur l'espèce de poisson *Oreochromis niloticus* (tilapia). En effet, la zootechnie de cette espèce est bien maîtrisée (bonne connaissance de sa biologie, sa croissance rapide, sa facilité à se reproduire, son indice de croissance performant) et *Oreochromis niloticus* est consommée majoritairement par la population pour ses qualités organoleptiques.

C'est un poisson herbivore à tendance omnivore qui peut être nourri aussi bien avec des granulés (aliment performant) qu'avec des déchets agricoles disponibles. Par ailleurs, compte tenu des exigences plus prononcées des limites de tolérances des paramètres physico-chimiques pour cette espèce, les ouvrages aquacoles dimensionnés pourront servir à la production d'autres espèces moins exigeantes sans modification aucune du système mis en place. Enfin la demande de cette espèce est sans cesse croissante aussi bien au niveau national qu'international.

VI. 4 Méthodes de production

Trois méthodes sont utilisées pour élever des poissons :

- ❖ **La pisciculture « vivrière rurale »**, dans des étangs, à laquelle on a recours en zone tropicale. Ce type d'élevage est surtout destiné à la consommation locale.
- ❖ **La pisciculture « artisanale »**, correspond à des systèmes semi intensifs d'élevage en bassins. Le tilapia remplace peu à peu la carpe dans ce type de système. Les poissons sont nourris de riz et autres sous-produits.
- ❖ **Enfin l'aquaculture « industrielle »**, correspond à un élevage intensif voire hyper intensif, dont la production est destinée au marché international. C'est ce tilapia qui est plus consommé en Europe et aux Etats-Unis.

Dans ce projet c'est la méthode de la **pisciculture artisanale** qui sera exploitée au commencement et pourrait s'étendre à la méthode industrielle plus tard. Actuellement nous nous préoccupons d'abord de la population nationale.

VI.5 Reproduction

Les géniteurs sont au nombre de 440, soit 330 femelles de 250g et 110 mâles de 400g, avec un sexe-ratio de 3:1 et une densité de 8 individus/m². En effet, 50 mâles et 150 femelles seront utilisés pour une ponte moyenne de 800 œufs/femelle/mois, soit 120000 œufs en prévision de l'élevage exclusif de momosexes mâles au stade grossissement et en considérant que la population a une répartition selon la courbe de Gauss c'est-à-dire constituée de 50% mâles et 50% femelles l'estimation des besoins de monosexes mâles dans le cadre de ce projet est de 59 355 larves. Pour le stockage des géniteurs **3 bassins de 50 m³** seront prévus à raison de 1 bassin pour les mâles, 1 bassin pour les femelles et un 1 bassin de reproduction.

Les œufs embryonnés seront récoltés dans la bouche des femelles pour être incubés dans 4 bassins de 8 m³. Cette opération est réalisée tous les 15 jours pour respecter l'élevage des cohortes successives. Le nombre initial de larves par cycle de production est de 59 355 avec un taux de survie de 80%, le nombre final sera de 47 484 larves.

Un filet de protection contre les prédateurs (oiseaux) sera installé sur l'ensemble des bassins. Par ailleurs une grille de protection avec fermeture à l'aide de cadenas sera déployé au-dessus de l'ensemble des bassins afin d'éviter les vols.

VI.5.1 Alevinage

Les larves au nombre de 47 484 seront transférées dans 4 bassins de 10 m³. La durée de l'alevinage est de 1 mois, ce qui permet d'obtenir des individus d'un poids moyen final de 1g. Une inversion sexuelle par traitement hormonal sera pratiquée, pour avoir des alevins monosexes mâles. Les larves seront traitées avec une hormone masculinisante (17 α -méthyl-testostérone) pendant 25 jours, qui sera incorporée dans l'aliment contenant 40% de protéines environ 60 mg/kg d'aliment. A défaut un sexage manuel sera effectué à 30 g avant la phase de grossissement pour n'utiliser que des mono-sexes mâles pour la production de poissons marchands.

VI.5.2 Pré-grossissement

La durée de la phase est de 60 jours. Les alevins de 1g au nombre de 30 864 obtenus à la fin de la phase d'alevinage seront transférés dans 1 bassins de 50 m³ à une densité de 772 ind. m⁻³ pour une biomasse de 772 g.m⁻³ par cohorte.

A la fin de cette phase de pré-grossissement, les alevins auront un poids moyen de 30 g, avec un taux de survie de 90%, soit 20,80 kg/m³.

Les prévisions des différentes cohortes au cours de l'année montrent qu'en régime de croisière on aura 2 cohortes en pré-grossissement.

On a 1 bassin de 50 m³/cohorte ce qui donne pour les 2 cohortes 2 bassins de 50 m³ totalisant :

$$50 \text{ m}^3 \times 2 = 100 \text{ m}^3$$

Ils seront nourris avec des granulés **contenant 38% de protéines**. Pour les besoins de tri et la gestion des mono-sexes femelles qui ne vont pas poursuivre le processus de grossissement une prévision de 2 bassins de 50 m³ supplémentaires seront mis en place soit un total de 4 bassins de **50 m³ (=200 m³)**. Il faut noter que ces mono-sexes femelles pourront servir à la production de l'aliment in situ.

VI.5.3 Grossissement

Cette phase permettra d'amener les poissons à la taille marchande de 400 g en 120 jours. 27 778 juvéniles de 30 g seront élevés dans 2 bassins de 150 m³ par cohorte pour une biomasse de peuplement de 2,78 kg.m⁻³. Ces poissons seront nourris avec un aliment **contenant 33%** de protéine. Avec un taux de **survie de 90%**, à la fin de cette phase 25 000 poissons marchands seront produits avec un poids moyen de 400 g, soit une **biomasse de 33.34 kg.m⁻³**. Les

prévisions des différentes cohortes au cours de l'année montrent qu'en régime de croisière on aura 4 cohortes en grossissement (**tableau**).

On a 2 bassins de 150 m³/cohorte ce qui donne pour les 4 cohortes 8 bassins de 150 m³ totalisant : $(150m^3 \times 2) \times 4 = 1200 m^3$.

Puisqu'un tri sera effectué après deux mois pour homogénéiser les lots et contrôler l'état sanitaire des juvéniles, on aura une réduction de la densité. Le volume totale nécessaire sera par conséquent réduit à 75% ; ce qui porte à :

$$1200 m^3 \times 0,75 = 900 m^3$$

Le volume qui sera utilisé pour les 4 cohortes. Le nombre d'unités d'élevage va augmenter de

$$1,5 \text{ fois: } 8 \times 1,5 = 12 \text{ bassins.}$$

Le volume unitaire de ces 12 bassins sera alors de :

3 autres bassins de 75 m³ chacun sont ajoutés à ce nombre pour la gestion du stock non commercialisé. Au total, on aura **15 bassins de 75 m³**.

Tableau 16 : pisciculture artisanale

Paramètres	Reproduction (œufs et larves)	Alevinage	Pré grossissement	Grossissement
Durée (jour)	2,00	28,00	60,00	120,00
Nombre	59 355	47 484	30 864	27 778
Taux de survie	80,00	65,00	90,00	90,00
Nombre	47 484	30 864	27 778	25 000
Poids initial (g)		0,010	1,000	30,000
Poids final (g)		1,000	30,000	400,000
Biomasse initiale (kg/cohorte)		0,47	30,86	833,34
Biomasse finale (kg/cohorte)		30,86	833,34	10 000,00
Aliment (% protéine)		40	38	33
FCR		1	1,3	1,2

Tableau 17 : Caractéristiques des bassins des différentes phases de l'élevage

Paramètres	Reproduction (œufs et larves)	Alevinage	Pré grossissement	Grossissement	Géniteur
Nombre total de bassin	4	4	4	15	3
Volume d'un bassin m ³	8	10	50	75	50
Volume total des bassins m ³	32	40	200	1125	150

Au total 12 cohortes seront produites à partir de la deuxième année de mise en œuvre du projet. Il faut noter qu'une cohorte correspond à un cycle de production d'une espèce donnée en l'occurrence du stade reproduction jusqu'au stade grossissement.

On note qu'à partir de la deuxième année, 1 cohorte sera en parallèle de production au stade alevinage, deux cohortes seront en parallèle de production (2 cohortes seront produites simultanément) au stade pré-grossissement et 4 cohortes seront en parallèle de production (4 cohortes seront produites en même temps) au stade grossissement. Au regard de cet état de fait, les bassins de production seront dimensionnés en tenant compte de ces cohortes en parallèle pour chaque stade de production. En effet, par exemple pour le stade grossissement les bassins ne seront dimensionnés que pour 4 mois vu qu'au bout des 4 mois les poissons de la première cohorte auront atteint le stade marchand et seront par conséquent vendus libérant ainsi le premier bassin pour assurer un autre cycle de production et ainsi de suite.

VI.6 Achat et gestion des géniteurs

Les géniteurs seront collectés sur des sites différents au Bénin.

Dans le cadre de ce projet, 440 géniteurs dont 330 femelles de 250g et 110 mâles de 400g seront disponibles. Ainsi 150 femelles et 50 mâles et les 240 géniteurs seront gardés en réserve en sexe séparé dans 2 bassins de 50 m³. Les géniteurs en reproduction seront élevés dans un bassin de 50 m³ avec une densité de 4 individus/m², soit 200 géniteurs. Un système de permutation sera pratiqué chaque 2 mois entre les bassins de reproduction et les bassins de stockage pour éviter la consanguinité dans notre système d'élevage dont l'une des conséquences essentielle à moyen et long terme est la réduction de la variabilité génétique du matériel biologique de production et partant une diminution de la croissance, de la reproduction et de la

résistance aux maladies. En effet, la **consanguinité favorise notamment l'expression à l'état homozygote de gènes récessifs délétères.**

VI.7 Aliments

Les aliments utilisés pour les différentes phases de la production et pour les géniteurs seront fabriqués sur place sur la base des ingrédients disponibles. Cependant cela requiert un renforcement des capacités des bénéficiaires. En attendant, une phase transitoire consistera à acheter les aliments pour assurer le nourrissage.

Tableau 18 : Quantité d'aliment estimée par phase d'élevage/cohorte

Paramètres	Alevinage	Prégrossissement	Grossissement
Poids initial (g)	0,01	1	30
Poids final (g)	1	30	400
Gain de poids individuel (g)	0,99	29	370
Nombre d'individus initial	47 484	30 864	27 778
Nombre d'individus final	30 864	27 778	25 000
Biomasse initiale (kg)	0,47	30,86	833,34
Biomasse finale (kg)	30,86	833,34	10 000
Gain de biomasse (kg)	30,39	802,48	9166,66
FCR	1	1,3	1,2
Quantité d'aliment (kg)	30,39	1043,22	10 999,99

Tableau 19: Quantité d'aliment pour les géniteurs par mois

Composantes	Valeurs
Poids moyen individuel (g)	500
Taux de nourrissage (% de biomasse)	2
Quantité d'aliment par individu par jour (g)	10
Nombre total de géniteurs	440
Quantité totale d'aliment par jour (kg)	4,4
Nombre de jour de nourrissage par mois	30
Quantité totale d'aliment par mois (kg)	132

Tableau 20: Quantité et coût d'aliment à utiliser dans le cadre du projet

Stade d'élevage	Quantité/ cohorte (Kg)	Prix unitaire (FCFA)	Année I		Année II		Année III	
			Quantité (Kg)	Coût (FCFA)	Quantité (Kg)	Coût (FCFA)	Quantité (Kg)	Coût (FCFA)
Alevinage	30,39	425,75	212,73	90 570	364,68	155 263	364,68	155 263
Prégrossissement	1 043,22	353,70	6 780,92	2 398 411	12 518,62	4 427 836	12 518,62	4 427 836
Grossissement	10 999,99	301,30	22 225,66	6 696 591	131 999,90	39 771 570	131 999,90	39 771 570
Géniteurs		301,30	924	278 401	1584	477 259	1584	477 259
Total	12 990,27		30143,30	9 463 974	144 968,46	44 831 927	144 968,46	4431 927

VI. 8 Débit des bassins en circuit ouvert

Dans le cadre de ce projet, la reproduction, le stockage des géniteurs, l'alevinage, le pré-grossissement et le grossissement se feront dans des bassins en ciment installés en circuit ouvert.

Ces débits sont calculés pour prévenir les facteurs chimiques limitant la production en l'occurrence une teneur en oxygène sous-optimale et l'accumulation des nitrates.

Tableau 21: Calcul du débit d'eau nécessaire pour les bassins

Paramètres		Géniteurs	alevinage	Pré-grossissement	Grossissement
Taux de nourrissage		0,02	0,11	0,09	0,04
Nombre final		440	30 864	27 778	25 000
Poids moyen final (Kg)		0,50	-	0,03	0,40
Biomasse finale (Kg)		220	30,86	833,34	10 000
ChOxy (kg.l ⁻¹ .min ⁻¹)		1,44	0,26	0,32	0,72
ChNH ₃ (kg.l ⁻¹ .min ⁻¹)		4,8	0,87	1,07	2,4
Débit Oxy	(l.min ⁻¹)	152,78	118,69	2 604,19	13 888,89
	(m ³ .h ⁻¹)	9,17	7,12	156,25	833,33
Débit NH ₃	(l.min ⁻¹)	45,83	35,47	778,82	4 166,67
	(m ³ .h ⁻¹)	2,75	2,13	46,73	250,00

Le débit retenu est celui basé sur la charge de l'oxygène car c'est la charge la plus exigeante. Cependant au regard des débits exigés pour la qualité de l'eau de production aussi bien au niveau de l'oxygène (833,33 m³.h⁻¹) que de l'ammoniaque (NH₃) (250 m³.h⁻¹), on note que le

débit mis à disposition par le forage ne représente que **20 m³.h⁻¹** et par conséquent ne peut satisfaire aux exigences de débit afin d'assurer une production optimale. Pour pallier donc à cette insuffisance, les solutions suivantes sont à préconiser :

- **le maintien d'un débit continu de 5 m³.h⁻¹** au sein des bassins afin de contribuer à suppléer les différents besoins notamment le débit nécessaire en oxygène ;
- **le remplacement du choix de l'espèce d'élevage** en l'occurrence *le tilapia* par le *Clarias gariepinus* ou *silure* ou *poisson chat africain* qui se veut être un poisson rustique pouvant utiliser l'oxygène atmosphérique pour assurer ses fonctions vitales et supporter des doses limites d'ammoniaque (NH₃) plus élevées et partant pouvant supporter des conditions physico-chimiques plus extrême.



Figure 5: La commune de Matéri

- **l'utilisation de systèmes d'aération** supplémentaires notamment des turbines à air, des aérateurs mécaniques verticaux ou à pales à fonctionnement solaire et des aérateurs gravitaires (désaturateurs passifs = ruissellement de l'eau sur substrat à haute surface spécifique (fractale) afin de pallier le manque d'oxygène qui va apparaître au cours de l'élevage ;

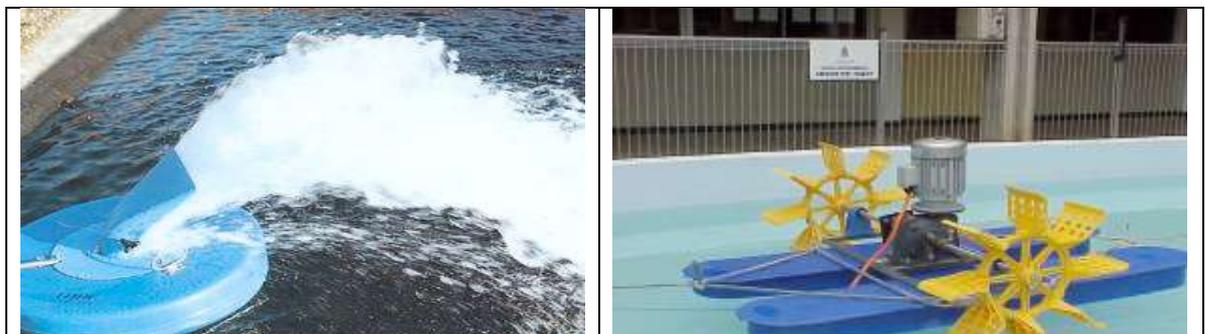


Figure 6: Quelques systèmes d'aération/oxygénation

- **la pratique de l'aquaponie** (forme d'aquaculture intégrée qui associe une culture de végétaux en « symbiose » avec l'élevage de poissons) afin d'extraire les nitrates par le système racinaire de la plante pour réduire les excès de NH_3 non éliminés suite à l'insuffisance du débit disponible.

Il s'agit en fait d'un écosystème dans lequel interviennent trois types d'organismes vivants dans un cycle écologique :

- **Les poissons** dont les déjections, riches en azote (ammonium) et en phosphore et potassium, sont la source de nutriments pour les plantes, l'aliment apporté aux poissons permettant en outre d'enrichir le milieu sous forme d'engrais ;
- **Des bactéries aérobies** qui transforment les matières organiques comme l'ammoniaque/ammonium en nitrites puis en nitrates, ces derniers étant assimilables par les plantes sous forme minérale. Elles permettent de jouer le rôle de filtre biologique puisque les excréments des poissons sont toxiques pour les poissons (blocage de l'hémoglobine et donc de la respiration) à des concentrations trop élevées. Il y a un ratio de 100 en toxicité entre les différents composés azotés, seuils toxiques: de $\text{NH}_4^+/\text{NH}_3 < 0,5 \text{ mg/l}$, de NO_2^- (nitrites) $< 0,5 \text{ mg/l}$ et NO_3^- (nitrates) $< 50 \text{ mg/l}$ voire plus selon les espèces. (<https://projetpiva.wordpress.com/qu'est-ce-que-l-aquaponie/>)
- **Les plantes cultivées** (tomates, choux, laitue, ...) **épurent l'eau** du bassin par l'assimilation des racines et de leurs symbiotes bactériens, elles se servent des nutriments sous forme minérale pour croître.

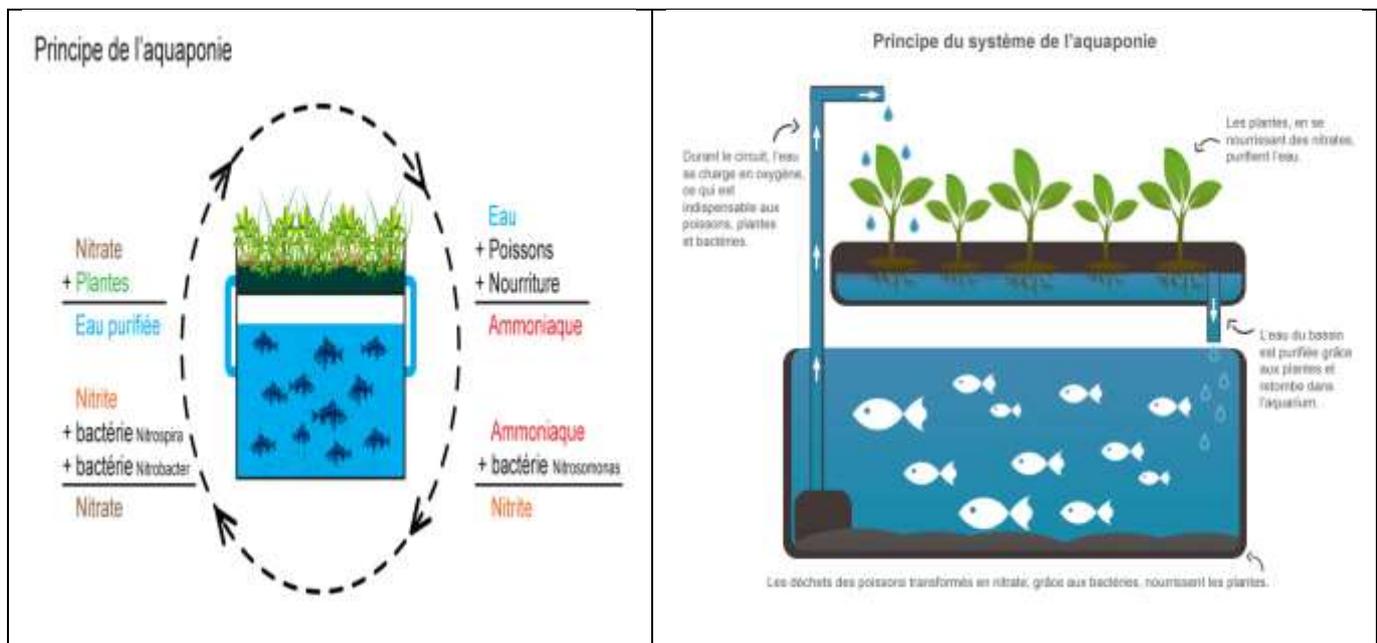


Figure 7: cycle de fonctionnement du système aquaponie

CHOIX DU SYSTEME :

Parmi toutes ces hypothèses, l'**Aquaponie** et **système d'Aération supplémentaires** nous ont séduit par leur fascinante fonctionnalité et facile. En effet, de toutes ces hypothèses, il a été retenu dans l' APD, l'apport supplémentaire de **système d'aération** afin de conserver l'usage multi piscicole du site alors que nous nous préconisons l'Aquaponie.

Ne pouvant plus tenir compte exclusivement des débits O₂ et NH₃ pour assurer une production optimale eu égard à la faiblesse du débit disponible issu de l'eau de forage (moins de 20 m³.h⁻¹ pour le volet piscicole), débit de pompage du forage nécessaire pour le remplissage des bassins et partant pour la pisciculture a été néanmoins calculé, et de la fraction des 20 m³h⁻¹.

Pour la détermination dudit débit, il est considéré que le premier remplissage de l'ensemble des bassins est fait en pompage continue pendant 7 jours (soit 168 heures). Le volume d'eau nécessaire est de 1 547 m³ ce qui nécessite un débit de pompage de :

$$Q_{\text{pompage}} = \frac{\text{volume d'eau (1 547 m}^3\text{)}}{\text{Tempde pompages 168 heures}}$$

On obtient $Q_{\text{pompage}} = 9,21 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, On adopte $10 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$.

Mais étant donné que dans notre dimensionnement du réseau AEV nous n'avons pas tenu compte du débit nécessaire pour remplir les bassins ci-dessus calculé, un débit de remplissage plus petit et un temps plus long pour le remplissage viennent s'imposer.

VI.9 DISCUSSION ET ANALYSE

Commençons d'abord par énumérer les avantages et inconvénients ou insuffisances de l'aquaponie.

VI.9.1 Les avantages et inconvénients de l'aquaponie

VI.9.1.1 Avantages

Economie de sol ou de terre

En réalité, l'aquaponie prône la fin du Soussi d'avoir des hectares de terre avant de pouvoir cultivé. Les auteurs comme (Rakocy *et al*, 2006) trouvent même que cette méthode de culture permet l'assainissement l'eau par la voie de la **phytoépuration**, pour être ensuite réutiliser dans le compartiment aquacole du système, avec un taux de renouvellement en eau en théorie encore plus faible qu'en aquaculture recirculée.). De façon Contraire aux circuits aquacoles ouverts ou recirculés, ce système de production qu'est l'aquaponie valorise les effluents chargés en

composés dissous venant de la production aquacole, en les rendant utilisables en tant que nutriments pour la production de plantes hydroponiques affirme (Rakocy *et al*, 2006 ; Diver, 2006 ; Klinger, 2012). L'aquaponie est également intéressante en terme d'optimisation de certains coûts de production : partage des coûts des infrastructures et des structures de production, optimisation partagée de l'utilisation de l'espace, du sol et de la ressource aquatique grâce à la polyculture, Une serre aquaponique peut être installée n'importe où, et notamment dans les zones urbaines et périurbaines, à proximité des lieux de consommation, ce qui favorise le développement d'une économie locale de circuits courts et de vente directe, limitant par là même les coûts et émissions de CO₂ liés au transport (Diver, 2006), et pouvant faire apparaître un volet social autour de cette nouvelle activité (jardin partagés, spots de verdure...).

Economie d'eau et de nutriment ou engrais pour les plantes

D'autres auteurs vont plus loin pour montrer son avantage par rapport à l'**hydroponie** qui est aussi la culture de plante hors sol mais à la seule différence qu'en hydroponie l'eau est enrichie par les apports biochimiques par l'homme, différemment en aquaponie qui est apporté par les poissons. Certaines études montrent qu'il n'y a pas de différence significative de rendement entre l'hydroponie (Pantanella, 2011). D'autres montrent que l'aquaponie peut même parfois être plus efficace que l'hydroponie, lorsque tous les paramètres sont maîtrisés et que la communauté bactérienne est totalement mature (Nichols & Lennard, 2011). Que ce soit pour l'hydroponie ou l'aquaponie, la consommation d'eau est beaucoup plus faible que pour l'agriculture conventionnelle sur sol : 90% de consommation d'eau en moins (FAO, 2014).

Aliment Bio et saint

Alors que l'hydroponie nécessite que l'on ajout constamment ou de façon intermittent d'intrants minéraux dans l'eau de culture pour satisfaire aux exigences des plantes, un système aquaponique a pour objectif de s'en affranchir, tout en éliminant les besoins de vidanges régulières pratiquées par les systèmes hydroponiques les moins élaborés et ne maîtrisant pas le recyclage des solutions minérales. L'aquaponie pourrait avoir un potentiel pour être qualifiée de « culture biologique », si la culture hors-sol n'était pas une limite à cette labellisation (c'est le cas aux USA où les plantes issues des systèmes aquaponiques sont qualifiées de biologiques). Un écolabel pourrait toutefois prochainement être défini pour les poissons élevés en aquaponie : en effet, une étude de faisabilité d'un « label écologique européen pour les produits de la pêche et de l'aquaculture » est actuellement en cours de discussion / consultation au sein de la

Commission européenne. baisse voire élimination des coûts des intrants pour les entreprises d'hydroponie, double valorisation de l'aliment aquacole qui sert indirectement d'engrais pour les plantes (Rakocy et al, 2006).

Avantageux pour les pays aride ou semi-aride

Étant donné que ce système est basé sur l'économie et la réutilisation de l'eau, l'aquaponie permettrait ainsi la production de poissons et de végétaux frais dans des régions où le sol est pauvre et où l'accès à la ressource aquatique est limité, voire dans des régions arides et semi-arides (Diver, 2006 ; FAO, 2014), Comme le Nord du Benin, le Burkina Faso etc....

Pour finir, des études faites tous récemment ont montrées que les effluents de pisciculture peuvent entraver très efficacement le développement de certains champignons pathogènes des végétaux, notamment *Pythium ultimum* et *Fusarium oxysporum* (Gravel et al, 2014 ; Fujiwara et al, 2013).

VI.9.1.2 Inconvénients ou insuffisances

-  Complexité accrue ;
-  Absence de modèle de dimensionnement fiable et généralisable ;
-  Equilibre physico-chimique fragile ;
-  Peu de données économique sur la rentabilité à long terme ;
-  Nécessité de viser uniquement des espèces de poisson et de végétaux à forte valeur ajoutée ;
-  Nécessité d'investissements importants.

V.9.2 Différentes techniques de culture hors sol en aquaponie

Selon Morard (1995) les cultures hors sol sont définies comme étant « des cultures de végétaux effectuant leur cycle complet de production sans que leur système racinaire ait été en contact avec leur environnement naturel, le sol ». Les systèmes hors-sol n'offrent en général que des volumes réduits au développement des racines. Ils ne se prêtent pas à la culture de gros sujets ayant des systèmes racinaires importants (Irubetagoyena et al, 2013).

Principalement trois techniques sont décrites en couplage avec une activité aquacole dans les systèmes aquaponiques existants à travers le monde : la technique de culture sur « **rafts** », la

technique **NFT** horizontale ou verticale (Nutrient Film Technique), et la **technique de culture sur lit de substrats inertes** (Media Filled Beds). Les éléments communs à tous ces systèmes de culture sont le réservoir de poissons et le lit de plantes hors-sol alors que les variables comprennent des composants de filtration et de plomberie, le type de lit de la plante et la quantité et la fréquence de recirculation de l'eau et l'aération (Connoly et Trebic, 2010 ; Nelson & Pade Inc).



Figure 8: Crédit photos: Nelson & Pade Inc

VI.9.3 ANALYSE

Il ressort de l'analyse faite sur les insuffisances dans ce projet ce qui suit :

1. Le débit d'eau disponible pour la pisciculture est de 20m³/h seulement, Par conséquent, ne peut satisfaire aux exigences de débit afin d'assurer une production optimale des poissons.
2. L'achat de l'engrais pour les plantes est de nos jours très couteux de plus, ces engrais plus souvent artificiel (bourrer de produit chimique) peuvent causer des maladies.
3. Pour ce projet, le bassin de rétention des eaux de vidange, est réalisé dans le but que ces eaux soient utilisées pour l'irrigation d'une partie des plantes en aval, mais n'est pas en maçonnerie. Il sera réalisé juste une fouille la conséquence est que l'eau va s'infiltré.

Alors, au vue de tous ces avantages que présentent l'aquaponie, et les insuffisances du projet dans le domaine de la pisciculture, nous soutenons l'inclusion supplémentaire de ce système. Certes il contient encore des incertitudes en ce qui concerne sa Complexité, l'absence de modèle de dimensionnement fiable et généralisable ; l'Equilibre physico-chimique fragile ; la rentabilité à long terme ; la nécessité d'investissements importants. Par rapport à cela les

fermiers ayant déjà fait l'expérience ont donné des témoignages positifs et rentables de l'exploitation de l'aquaponie. L'un d'entre eux **Ton Boekestyn**, Sans fournir de chiffres précis, qui espère produire 50 tonnes de truites arc-en-ciel ainsi que 600.000 plantes par an, nous révèle que, pour *«monter un système de production intensif, l'investissement de départ est conséquent. Ça peut aussi se faire avec un capital de départ plus petit mais, dans ce cas-là, les rendements seront plus faibles»*. *«Près d'un million d'euros pour 1.000 mètres carrés»*, M. Werner Kloas, professeur à l'Institut Leibniz de l'écologie d'eau douce et de la pêche continentale (IGB) en Allemagne, dans un article de La Tribune publié en avril 2014. Affirme quant à lui que mais *«plus les fermes sont grosses, plus les coûts sont réduits»*, disait-il.

Quelqu'un qui sait bien faire fonctionner le système peut gagner 50 centimes de dollar par mètre carré de plantes par jour Pr. Jean-Yves Mével, chercheur à l'Université des Émirats arabes unis. Toutes ces affirmations de personne expérimentées devraient donc nous encourager à l'exploitation de ce système. Au vue de la méfiance envers ce système ce qui entraîne sa négligence donc son ignorance dans les pays sous développer,des auteurs ou fermier ayant compris les bien fait pouvait s'exclamer en questionnant si la révolution aquaponique n'aura donc pas lieu de sitôt. Et encore moins dans des pays comme la France, où les infrastructures agricoles sont déjà bien rodées, selon Jean-Yves Mével: *«Il y a un intérêt pour les pays en voie de développement. En France, ça restera un micro-marché. Un restaurant à Paris qui aurait sa propre culture aquaponique au-dessus du toit et vendrait ses plats avec une valeur ajoutée. Ou encore un producteur dans un petit village qui rassemblerait un groupe de consommateurs éclairés.»*

Conclusion partielle

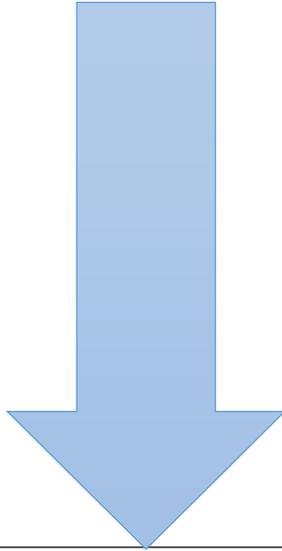
De toutes ces insuffisances non négligeables, et de toutes ces analyses, il est vrai que d'après le point fait dans l'APD, le système à aire supplémentaire et la culture sur terre uniquement s'avèrent à la réalisation moins coûteuse que l'aquaponie. Mais à long terme, l'aquaponie se révèle plus rentable dans tous les sens et moins risqué. D'où notre proposition du système aquaponique dans ce projet. Mais étant donné que le budget mise à disposition pour la réalisation du projet ne peut couvrir le capital nécessaire pour un projet aquaponique, il sera maintenu le **système à Aire supplémentaire**.

VI.10 Valorisation des produits piscicoles

Afin de minimiser les pertes liées à la mévente et d'améliorer la chaîne de valeur du poisson marchand issue de la production piscicole, une unité de transformation sera mise en place sur le site. En effet cette unité de transformation composée de fumoirs améliorés permettra :

- ✓ de conserver le poisson plus longtemps ;
- ✓ d'améliorer le goût du poisson et son utilisation dans des soupes et des sauces ;
- ✓ d'avoir une meilleure répartition des protéines tout au long de l'année (meilleure nutrition des populations) ;
- ✓ de mettre des produits de bonne qualité sur le marché ;
- ✓ d'améliorer l'hygiène des produits piscicoles et des lieux de traitement, de stockage et de vente ;
- ✓ De produire du filet de poisson fumé ;
- ✓ de faciliter l'emballage, le transport, la distribution et la vente ;
- ✓ d'augmenter les revenus par l'amélioration de la valeur ajoutée des produits piscicoles.

Pour ce faire, on optera pour l'installation de fumoirs modernes et de fumoirs améliorés.



**QUATRIEME PARTIES
SUIVI DES TRAVAUX DE REALISATION**

VII – SUIVI, CONTROLE ET EVALUATION TECHNIQUE DES TRAVAUX DE REALISATION DU SYSTEME D’AEP, DE L’AMENAGEMENT AGRICOLE ET DE LA REALISATION DES ETANGS PISCICOLE.

VII – 1 Description brève du projet

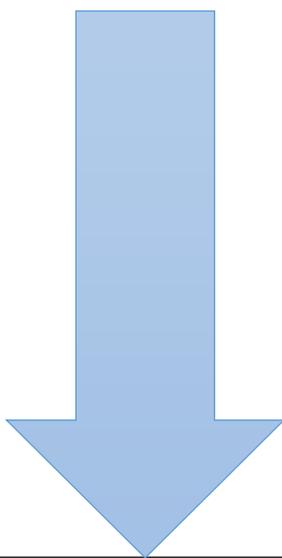
Notons que, les différents lots des travaux dans le cadre de ce projet ont été attribués à trois (03) différentes entreprises à savoir CNC pour AEV, AMERSI pour l’Aménagement Agricole et le Groupement VICO-GBETONDI pour les Etangs-Piscicoles. Le groupement de bureau d’études AC3E du Burkina Faso et EXPERTISE PLURIELLE du Bénin ont été retenus suite à un appel d’offres pour le volet études et suivi-contrôle. Dans l’ensemble des différents lots des travaux. Le contrôle permanent est fait par le cabinet Expertise Plurielle dans lequel je suis stagiaire. Le délai contractuel du marché AEV est de douze (12) mois, Ceux de l’Aménagement agricole et piscicole sont respectivement de six (06) et cinq (05) mois. Cependant les sous-traitants ont dix (10) mois pour la réalisation des bornes fontaines et abreuvoirs en AEV et quatre (04) mois en ce qui concerne l’Aménagement agricole et piscicole pour finir et bien les travaux.

VII – 2 Contrôle et évaluation technique des travaux

Chaque jour, le contrôle permanent est sur le site pour contrôler. Nous avons chacun un moyen de déplacement mais il arrive à des niveaux où nous allons à pied pour un contrôle minutieux. Nous nous dirigeons de site en site pour superviser, pour évaluer l’état d’avancement et apprécier la qualité des travaux conformément aux spécifications techniques particulières du marché. Nous évaluons aussi les différents taux d’exécution de chaque lot en vue de la préparation des attachements et décomptes. Suite à cela, nous tenons des réunions avec chaque entreprise pour faire le point sur toutes les remarques observées au cours de la tournée. Nous remplissons le cahier de chantier de chaque entreprise, relevons les difficultés liées à l’exécution de certaines tâches et apportons des mesures correctives sur le planning mensuel dans le but d’atteindre l’objectif mensuel. Avant de démarrer les coulages du béton, une mission de contrôle (géotechnicien) vient pour vérifier la profondeur à laquelle le bon sol est trouvé, vérifier aussi les résultats des études faites sur le béton et les autres matériaux suivant les Prescriptions technique du marché. Un géotechnicien est mis à la disposition de l’équipe de contrôle toujours dans le but de vérifier la qualité des ouvrages et du respect du marché.

VII- 3 Rédaction des rapports d'avancement des travaux

Presque que Tous les 1 mois, une réunion de coordination des travaux se tient sur le site. Sont présent le Maître d'Ouvrage (AGETUR), la Mission de Contrôle, (bureau d'études AC3E du Burkina Faso), bien entendu avec le cabinet expertise plurielle (contrôle permanent) inclus l'ONG représentant des bénéficiaires et tous les représentant des différentes entreprises travaillant sur le site. Ces réunions ont pour ordre du jour en général l'état d'avancement des travaux dans l'ensemble, les difficultés rencontrées dans l'exécution des travaux, les éventuelles solutions et le planning pour la suite des travaux. A la suite de chaque réunion, un rapport est rédigé. Il s'agit de faire ressortir les taux physique, financier et d'exécution des travaux réalisés au cours du mois par Lots, les difficultés rencontrées et les solutions proposées et enfin faire une perspective pour le mois suivant.



CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

Somme toute, une comparaison a été faite entre l'APD et nos études suivant la Norme. L'étude à porter sur les besoins en eau, la capacité de production d'eau des ouvrages en place, la capacité du stockage, le dimensionnement du réseau de distribution d'une part, et de la pisciculture d'autre part à l'horizon 2031.

- les besoins en eau des populations, à l'horizon 2031, sont de $140.8\text{m}^3/\text{j}$ au lieu de $70\text{m}^3/\text{j}$ comme indiqué dans l'APD ;
- la capacité de production actuelle des trois forages jumelé s'élève à $31\text{m}^3/\text{h}$ et sera suffisant pour couvrir les besoins en eau du village jusqu'en 2031 ;
- la capacité de stockage du château d'eau est de 100m^3 et est suffisante pour supporter la consommation des populations en 2031.
- les pressions de services obtenues avec une programmation sur Excel sont comprises entre 12.12mCE et 39.4mCE , Ces pressions sont suffisantes pour un bon fonctionnement du système d'adduction d'eau du village. La côte sous le radier est de 189.4 et la hauteur de 12.42m . les canaux sont en PVC compris entre 63mm et 160mm .

En ce qui concerne la pisciculture, le tilapia est l'espèce de poisson choisi pour être élever. L'introduction de l'aquaponie, s'avère très profitable à long terme. Mais le budget prévu pour la réalisation du projet ne prend pas en compte l'aquaponie. C'est donc le système à aire qui sera exploité pour satisfaire les poissons en oxygène.

Cependant nous avons rencontré pas mal de difficultés pour mener à bien cette étude au nombre desquelles l'accès difficile aux données des études d'APD ainsi que les données d'exploitation d'eau, l'éloignement de la zone d'étude (500 km de Cotonou), allongeant ainsi le temps pour la finalisation du présent rapport.

RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES

Au vue de certaines difficultés rencontrées, nous recommandons :

- ✚ Au bureau d'étude de prendre en compte les conclusions obtenues par cette étude comparative dans les plans définitifs d'exécution des travaux ;
- ✚ au bureau d'étude de prendre en compte le traitement des eau au chlore et de dissocier les forages F2 et f6 pour la pisciculture et l'irrigation .
- ✚ au bureau d'études, au maitre d'ouvrage délégué et aux entreprises de se mètrent en accord sur le plan d'exécution et validé avant de lancer le démarrage des travaux afin d'être dans le délai escompté, de limiter les modifications ;
- ✚ au MO suite à nos étude de prévoir un budget pour insertion du système aquaponie, qui sans doute à la longue induit une forte rentabilité ;
- ✚ au regard des actes de vandalismes de nos matériels par certaines personnes du village lors des travaux d'exécution, une sensibilisation de la population sur l'importance des ouvrages exécutés et à l'utilisation responsable de l'eau potable, garantirait la pérennité de tout le système mis en place.
- ✚ Repositionné les abreuvoirs loin des BF, les consommateurs n'étant les même, il y a risque de contamination ou polution et possibilité de dégradation de l'équipement
Nous citons en exemple.
 - ABR3 et BF3
 - BF4 et ABR4

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Ouvrages et articles

- **Ouedraogo, Bega Urbain. 2005.** Ouvrages constitutifs des systèmes d'AEP. Ouagadougou : 2iE, 2005.
- **Mar, Amadou Lamine. 2003.** Cours d'Hydraulique-T1 : Ecoulement en Charge s.l. : Groupe des Ecoles EIER-ETSHER, 2003. Vol.1.
- **Dr Lawani A. MOUNIROU** Enseignant-Chercheur, Hydraulique générale et appliquée : Cours d'Hydraulique Edition Janvier 2017
- **Biaou, Chabi Angelbert. 2009.** Cours d'Hydraulique en Charge. Ouagadougou : 2iE, 2009.
- **Yonaba, Ousmane Roland. 2014.** Hydraulique en Charge. Ecoulement en Régime Permanent des Fluides Incompressibl. Ouagadougou : 2iE, 2014.
- **Zougrana, Denis. 2008.** Cours d'Approvisionnement es
- en Eau Potable. Ouagadougou : 2iE, 2008.
- **Bureau d'Etudes Expertise plurielle** Etudes Techniques, Contrôle et Surveillance des Travaux d'Aménagement du Système d'AEV, PISCICOLE ET AGRICOLE : Rapport APD, février 2016.
- **l'Institut National de la Statistique et de l'Analyse Economique (INSAE)** du Bénin.
- **Mission d'études et de contrôle** des travaux (lot mo 15 03 – UEMOA) Rapport APD provisoire, volet AEV
- **Mémoire de Ouattara Idrissa** promotion 2014-2015
- **Mémoire de TAHIR allatchi** projet D'ADDUCTION D'EAU POTABLE DANS LA VILLE D'AMZOER (TCHAD).
- **Article de La Tribune** publié en avril 2014
- **(Rakocy et al, 2006 ; Diver, 2006 ; Klinger, 2012)**
- **(Nichols & Lennard, 2011).**
- **(Diver, 2006 ; FAO, 2014),**
- **Principaux avantages et inconvénients de l'aquaponie ; Foucard, 2015**

Sites internet

- http://www.memoireonline.com/10/11/4910/m_Contribution--laudit-environnemental-et-social-du-projet-participatif-et-decentralise-de-sec8.html
- <https://projetpiva.wordpress.com/est-ce-que-l-aquaponie/>
- http://ec.europa.eu/dgs/maritimeaffairs_fisheries/consultations/ecolabel/index_fr.htm
- <https://youtu.be/9eU-09xwln8>
- http://ec.europa.eu/dgs/maritimeaffairs_fisheries/consultations/ecolabel/index_fr.htm

ANNEXES

Annexe : Titre de l'annexe

ANNEXES	76
ANNEXE 1 : Le réseau d'AEP du village de kouforpiciga _____	77
ANNEXE 2 : profils en long du réseau _____	78
ANNEXE 3: Disposition des bonnes fontaines et ABR _____	79
ANNEXE 4 : Reseau de distribution _____	81
ANNEXE 5 :Calcule anti bélier _____	83
ANNEXE 6 : Plan d'équipement du château d'eau _____	84
ANNEXE 7 : plan d'abreuvoir, de bonne fontaine et pose des conduites _____	85
ANNEXE 8: note de calcul du débit des bassins pour la pisciculture _____	86
ANNEXE 9 : Prévisions des différentes cohortes au cours de 19 mois du projet ____	88
ANNEXE 10 : Infrastructures du projet _____	89

ANNEXE 1 : Le réseau d'AEP du village de kouforpiciga

Plans de masse

ANNEXE 2 : profils en long du réseau

ANNEXE 3: Disposition des bonnes fontaines et ABR

Tableau : Récapitulatif des BF et BP positionnés

N°	VILLAGE	LOCALITE	CODE OUVRAGE	COORDONNES		Nom et prénoms du propriétaire du domaine
				X	Y	
1	KOUFORPISSIGA	Bancondika	BF1	269 353 000	1 187 286 000	place publique
2		Kouforpissiga Centre	BF2	269 230 000	1 186 507 000	place publique
3		Bancondika	BF3	268 416 000	1 187 447 000	place publique
4		Kouforpissiga Centre	BF4	269 967 000	1 186 304 000	place publique
5		Derahin	BF9	271 409 000	1 186 322 000	place publique
6		Derahin	BF10	271 858 000	1 186 433 000	place publique
7		Tamkarka	BF5	266 620 000	1 186 943 000	place publique
8		Tamkarka	BF6	266 546 000	1 186 284 000	place publique
9		Bourtega	BF7	271 876 000	1 183 795 000	place publique
10		Boudouhoun gouandé	BF8	265 018 000	1 188 774 000	place publique
11		Peuls modernes	BF11	270 572 000	1 186 271 000	place publique
2		Boudouhoun gouandé	BP1	0° 53' 58,2" E	10° 44' 08,2" N	Eglise catholique
		Kouforpissiga Centre	BP2	0° 53' 44,2" E	10° 43' 28,9" N	Eglise catholique
3		Kouforpissiga Centre	BP3	0° 53' 58,9" E	10° 43' 13,1" N	Kassa Antoine
4		Kouforpissiga Centre	BP4	0° 54' 00,0" E	10° 43' 07,6" N	Eglise Assemblée de Dieu
5		Bancondika	BP5	0° 53' 1,43" E	10° 44' 1,62" N	Ecole Sous Paillotte
6		Kouforpissiga Centre	BP6	0° 57' 47,8" E	10° 43' 02,2" N	Eglise Christ Roi
7		Derahin	BP7	0° 54' 53,1" E	10° 43' 29,9" N	Mosquée
1		Bancondika	ABR1	269 286 000	1 187 343 000	place publique
2		Kouforpissiga Centre	ABR2	269 234 000	1 186 444 000	place publique
3		Bancondika	ABR3	268 464 000	1 187 353 000	place publique

4	Kouforpissiga Centre	ABR4	270 036 000	1 186 245 000	place publique
5	Kouforpissiga Centre	ABR5	270 371 000	1 185 545 000	place publique
6	Kouforpissiga Centre	ABR6	269 810 000	1 185 527 000	place publique
7	Kouforpissiga Centre	ABR7	269 601 000	1 186 024 000	place publique
8	Kouforpissiga Centre	ABR8	271 377 000	1 186 006 000	place publique
9	Derahin	ABR9	272 012 000	1 186 435 000	place publique
10	Derahin	ABR10	271 838 000	1 186 243 000	place publique
11	Boudouhoun Gouandé	ABR11	265 028 000	1 188 788 000	place publique
12	Boudouhoun Gouandé	ABR12	265 030 000	1 188 694 000	place publique
13	Bourtega	ABR13	271 838 000	1 186 243 000	place publique
14	Peulhs modernes	ABR14	270 555 000	1 186 265 000	place publique
15	Peulhs modernes	ABR15	270 652 000	1 186 269 000	place publique

ANNEXE 4 : Réseau de distribution

tronçons	L(m)	Q(m ³ /s)	Dth(mm)	Dst(mm)	J(m)	∑J(m)	Côte TN extrémité aval	Pmin(m)	Zimposé(m)	P pour max des Zmin	V(m/s)	Pression hydrostatiq phd
CE-C2	70,9	0,01818	152,1	203,4	0,09	0,09	174,12	6	180,21	14,81	0,6	14,90
C2-BF1	91,77	0,0006	27,6	45,2	0,39	0,48	175,07	6	181,55	13,47	0,4	13,95
C2-C1	89,98	0,01733	148,5	203,4	0,10	0,19	172,4	6	178,59	16,43	0,5	16,62
C1-C1A	771,12	0,00354	67,1	99,4	1,69	1,88	168,96	6	176,84	18,18	0,5	20,06
C1A-T2	20,2	0,00354	67,1	99,4	0,04	1,93	169,41	6	177,34	17,68	0,5	19,61
T2-ABR3	23,6	0,00043	23,5	45,2	0,05	1,98	169,41	6	177,39	17,63	0,3	19,61
T2-C34	44,98	0,0031	62,9	99,4	0,08	2,00	170,31	6	178,31	16,71	0,4	18,71
C34-BF3	58,87	0,0006	27,6	45,2	0,25	2,25	171,72	6	179,97	15,05	0,4	17,30
C34-C36	240,12	0,0025	56,5	81,4	0,76	2,77	169,49	6	178,26	16,76	0,5	19,53
C36-C38	382,75	0,0025	56,5	81,4	1,22	3,99	167,56	6	177,55	17,47	0,5	21,46
C38-BF5	36,59	0,0006	27,6	45,2	0,15	4,14	168,66	6	178,80	16,22	0,4	20,36
C38-C37	69,99	0,0019	49,2	81,4	0,13	4,12	168,01	6	178,13	16,89	0,4	21,01
C37-T3	1089,01	0,0019	49,2	81,4	2,00	6,12	176,9	6	189,02	6,00	0,4	12,12
T3-BF11	50,85	0,0006	27,6	45,2	0,21	6,33	176,12	6	188,45	6,57	0,4	12,90
T3-T4	27,79	0,0013	40,8	67,8	0,06	6,18	176,18	6	188,36	6,66	0,4	12,84
T4-T5	34,74	0,0013	40,8	67,8	0,08	6,26	175,47	6	187,73	7,29	0,4	13,55
T5-T6	306,62	0,0013	40,8	67,8	0,70	6,97	172,21	6	185,18	9,84	0,4	16,81
T6-ABR5	192,08	0,00043	23,5	45,2	0,42	7,39	169,16	6	182,55	12,47	0,3	19,86
T6-D2	214,83	0,00087	33,3	67,8	0,22	7,18	163,51	6	176,69	18,33	0,2	25,51
D2-T13	112,08	0,00087	33,3	67,8	0,11	7,30	162,08	6	175,38	19,64	0,2	26,94
T13-ABR11	23,02	0,00043	23,5	45,2	0,05	7,35	161,7	6	175,05	19,97	0,3	27,32
T13-T14	49,01	0,00043	23,5	45,2	0,11	7,41	161,74	6	175,15	19,87	0,3	27,28
T14-ABR12	54,88	0,00043	23,5	45,2	0,12	7,53	160,66	6	174,19	20,83	0,3	28,36
C1-C1B	168,18	0,01379	132,5	180,8	0,23	0,42	170,138	6	176,56	18,46	0,5	18,88
C1B-ABR1	85,22	0,00043	23,5	45,2	0,19	0,61	169,42	6	176,03	18,99	0,3	19,60
C1B-C3	500,2	0,01336	130,4	180,8	0,64	1,07	166,74	6	173,81	21,21	0,5	22,28
C3-C4	140,49	0,00103	36,3	45,2	1,76	2,83	165,76	6	174,59	20,43	0,6	23,26
C4-BF2	45,31	0,0006	27,6	45,2	0,19	3,02	165,51	6	174,53	20,49	0,4	23,51
C4-ABR2	85,32	0,00043	23,5	45,2	0,19	3,01	164,74	6	173,75	21,27	0,3	24,28
C3-C5	476,63	0,01232	125,3	180,8	0,52	3,54	167,53	6	177,07	17,95	0,5	21,49
C5-C6	63,31	0,00544	83,3	113	0,17	3,70	170,32	6	180,02	15,00	0,5	18,70
C6-BF6	28,44	0,0006	27,6	45,2	0,12	3,82	167,44	6	177,26	17,76	0,4	21,58
C6-C9	98,81	0,00484	78,5	113	0,20	3,91	166,65	6	176,56	18,46	0,5	22,37
C9-BF4	22,17	0,0006	27,6	45,2	0,09	4,00	166,4	6	176,40	18,62	0,4	22,62
C9-C10	52,61	0,00424	73,5	113	0,08	4,08	165,91	6	175,99	19,03	0,4	23,11
C10-ABR4	50	0,00043	23,5	45,2	0,11	4,19	165,19	6	175,38	19,64	0,3	23,83
C10-A3	550	0,00381	69,6	99,4	1,40	5,48	157,76	6	169,24	25,78	0,5	31,26
A3-ABR14	184,08	0,00043	23,5	45,2	0,41	5,89	158,79	6	170,68	24,34	0,3	30,23
A3-A6	703,47	0,00337	65,5	99,4	1,40	6,88	163,07	6	175,95	19,07	0,4	25,95
A6-C11	109,94	0,0025	56,5	99,4	0,12	7,00	163,75	6	176,75	18,27	0,3	25,27
C11-C12	177,84	0,00207	51,3	99,4	0,13	7,13	164,52	6	177,65	17,37	0,3	24,50
C11-ABR8	117,27	0,00043	23,5	45,2	0,26	7,26	162,32	6	175,58	19,44	0,3	26,70

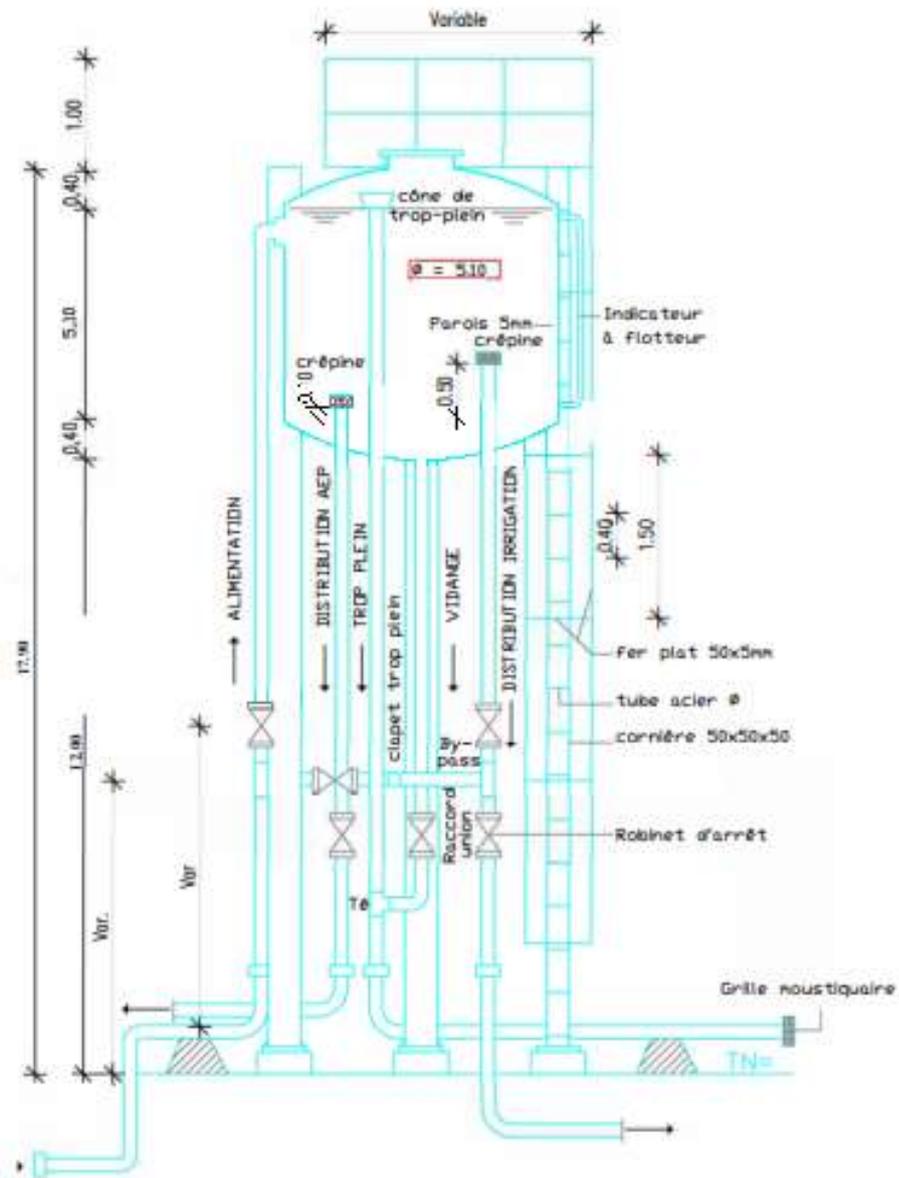
C12-BF9	109,53	0,0006	27,6	45,2	0,46	7,59	165,52	6	179,11	15,91	0,4	23,50
C12-N2	49,1611	0,00147	43,3	67,8	0,14	7,28	164,72	6	178,00	17,02	0,4	24,30
N2-C13	292,4	0,00147	43,3	67,8	0,85	8,13	163,96	6	178,09	16,93	0,4	25,06
C13-ABR10	51,96	0,00043	23,5	45,2	0,11	8,24	163,75	6	177,99	17,03	0,3	25,27
C13-C15	149,99	0,00103	36,3	45,2	1,88	10,00	165,68	6	181,68	13,34	0,6	23,34
C15-BF10	50,28	0,0006	27,6	45,2	0,21	10,22	166,52	6	182,74	12,28	0,4	22,50
C15-C14	50	0,00043	23,5	45,2	0,11	10,33	165,73	6	182,06	12,96	0,3	23,29
C14-ABR9	129,31	0,00043	23,5	45,2	0,29	10,61	165,73	6	182,34	12,68	0,3	23,29
A6-T25	251,71	0,00087	33,3	57	0,65	7,53	159,33	6	172,86	22,16	0,3	29,69
T25-ABR15	22,6	0,00043	23,5	45,2	0,05	7,58	160,1	6	173,68	21,34	0,3	28,92
T25-T27	64,14	0,00043	23,5	45,2	0,14	7,67	174,88	6	188,55	6,47	0,3	14,14
T27-ABR13	107,17	0,00043	23,5	45,2	0,24	7,90	173,41	6	187,31	7,71	0,3	15,61
C5-C8	279,49	0,00688	93,6	113	1,17	4,70	168,1	6	178,80	16,22	0,7	20,92
C8-ABR7	388,85	0,00043	23,5	45,2	0,86	5,56	167,12	6	178,68	16,34	0,3	21,90
C8-N3	159,37	0,00644	90,6	99,4	1,16	5,86	165,69	6	177,55	17,47	0,8	23,33
N3-C27	409,28	0,00524	81,7	99,4	1,97	7,83	156,42	6	170,25	24,77	0,7	32,60
C27-ABR6	132,06	0,00043	23,5	45,2	0,29	8,12	156,35	6	170,47	24,55	0,3	32,67
C27-C30	1248,1	0,00481	78,2	81,4	14,64	22,47	149,68	6	178,15	16,87	0,9	39,34
N3-C19	148,21	0,0012	39,1	45,2	2,50	8,36	169,34	6	183,70	11,32	0,7	19,68
C19-BF7	25,43	0,0006	27,6	45,2	0,11	8,46	163,93	6	178,39	16,63	0,4	25,09
C19-C21	188,9	0,0006	27,6	45,2	0,80	9,26	161,26	6	176,52	18,50	0,4	27,76
C21-BF8	13,61	0,0006	27,6	45,2	0,06	9,31	160,79	6	176,10	18,92	0,4	28,23

La pression hydraustatique nous permet de dir que la pression minimale du nos tuauterie est bonne.

ANNEXE 5 :Calcul anti béliér

calcul anti belier F1		calcul anti belier F2		calcul anti belier F6	
célrité	$\alpha = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + K + \frac{D}{c}}}$	1,4/DN90PN1	célrité	$\alpha = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + K + \frac{D}{c}}}$	67,8/DN75PN1
		381,6176149			0
D	81,4 mm	D	67,8 mm	D	57 mm
e épaisseur	4,3 mm	e épaisseur	3,6 mm	e épaisseur	3 mm
K	33 pour le PVC	K	33 pour le PVC	K	33 pour le PVC
Variation de pression		Variation de pression		Variation de pression	
	$\Delta H = \frac{a \cdot V_0}{g}$		$\Delta H = \frac{a \cdot V_0}{g}$		$\Delta H = \frac{a \cdot V_0}{g}$
	26,9936471		36,00170689		25,36453876
Vo=	0,69	Vo=	0,92	Vo=	0,65
g =	9,81	g =	9,81	g =	9,81
Pression dans la conduite au coup de béliér		Pression dans la conduite au coup de béliér		Pression dans la conduite au coup de béliér	
$H + \Delta H \geq PMA=PN,$		$H + \Delta H \geq PMA=PN,$		$H + \Delta H \geq PMA=PN,$	
Avec PN = 10 bar = 100m*1.2=120m		Avec PN = 10 bar = 100m*1.2=120m		Avec PN = 10 bar = 100m*1.2=120m	
HMT = H	87,08	HMT = H	87,4 2	HMT = H	80,40
Calcul de la supression	114,07	Calcul de la supression	123,4186925	Calcul de la supression	105,7636707
calcul de la dépression	60,08	calcul de la dépression	51,42	calcul de la dépression	55,03

ANNEXE 6 : Plan d'équipement du château d'eau



DESSIN DU CHATEAU

ANNEXE 7 : plan d'abreuvoir, de bonne fontaine et pose des conduites

PLAN DE BF

BONNE FONTAINE

PLAN DE POSE DES CONDUITES

ANNEXE 8: note de calcul du débit des bassins pour la pisciculture

Le débit nécessaire pour alimenter ces bassins se calcule en suivant les étapes suivantes :

- Charge admissible en fonction de l'O₂: Elle est calculée par la formule :

$$\text{ChOxy} = 24 \times 60 \times \text{DO} / (\text{R} \times \text{K})$$

- Charge admissible en fonction de NH₃ se calcule par la formule :

$$\text{ChNH}_3 = 24 \times 60 \times \Delta \text{NH}_3 / (\text{R} \times 30.000 \times \% \text{AN})$$

- Pour maximiser le débit, on se sert de la plus petite des 2 valeurs calculées pour la charge admissible basée sur O₂ et celle basée sur NH₃.
- Le calcul se fait par l'utilisation de la formule suivante : $Q = \text{biomasse (kg)} / (\text{ChNH}_3)$ ou (Choxy)

Dans le cas de ce projet, la valeur de paramètres nécessaires pour calculer le débit d'eau pour les bassins sont les suivants :

- Oxygène à l'entrée : 8 ppm ;
- Valeur O₂ admissible : 4 ppm ;
- Disponibilité en oxygène : 4 ppm ;
- Valeur admissible d'NH₃ : 0.1 ppm ;
- NH₃ entrée : 0,05 ppm ;
- NH₃ ionisé : 0.05 ppm ;
- K : 200000 ;
- K NH₃ : 30000 mg.kg⁻¹

NB: le calcul du débit pour les bassins part de l'hypothèse que le nourrissage est sur 24 heures.

Tableau 22 : Calcul du débit d'eau nécessaire pour les bassins

Paramètres	Géniteurs	alevinage	Prégrossissement	Grossissement	
Taux de nourrissage	0,02	0,11	0,09	0,04	
Nombre final	440	30 864	27 778	25 000	
Poids moyen final	0,50	-	0,03	0,40	
Biomasse finale (Kg)	220	30,86	833,34	10 000	
ChOxy (kg.l ⁻¹ .min ⁻¹)	1,44	0,26	0,32	0,72	
ChNH ₃ (kg.l ⁻¹ .min ⁻¹)	4,8	0,87	1,07	2,4	
Débit Oxy	(l.min ⁻¹)	152,78	118,69	2 604,19	13 888,89
	(m ³ .h ⁻¹)	9,17	7,12	156,25	833,33

Débit NH ₃	(l.min ⁻¹)	45,83	35,47	778,82	4 166,67
	(m ³ .h ⁻¹)	2,75	2,13	46,73	250,00

Choxy : charge en oxygène (kg.l⁻¹.min⁻¹)

DO : oxygène disponible (mg.l⁻¹), (minute → jour = 24h x 60 min)

K : Respiration des poissons corrélée avec l'alimentation K = 200 g ou 200000mg, (gO₂.kg⁻¹ d'aliment)

ChNH₃ : charge en (kg.l⁻¹.min⁻¹) basée sur le contrôle du NH₃

Δ NH₃ : NH₃ out - NH₃ in = production de NH₃ en mg.l⁻¹ basé sur la valeur maximale admissible (minute → jour = 24h x 60 min)

KNH₃ : Excrétion de 30.000 mg NH₃-NH₄ /kg d'aliment consommé

% AN : Pourcentage d'ammoniac non-ionisé; pH = 8,0 (28 °C) → ± 5 %

R : Taux de nourrissage journalier % de la biomasse

Q : Débit en l.min⁻¹

ANNEXE 9 : Prévisions des différentes cohortes au cours de 19 mois du projet

Tableau : de Prévisions des différentes cohortes au cours de 19 mois du projet

Mois	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Jui	Août	Sep	Oct	Nov	Dec
Cohorte 1	■	■	■	■	■	■	■	■												
Cohorte 2		■	■	■	■	■	■	■	■											
Cohorte 3				■	■	■	■	■	■	■										
Cohorte 4					■	■	■	■	■	■	■									
Cohorte 5						■	■	■	■	■	■	■								
Cohorte 6							■	■	■	■	■	■	■							
Cohorte 7								■	■	■	■	■	■	■						
Cohorte 8									■	■	■	■	■	■	■					
Cohorte 9										■	■	■	■	■	■	■				
Cohorte 10											■	■	■	■	■	■	■			
Cohorte 11												■	■	■	■	■	■	■		
Cohorte 12													■	■	■	■	■	■	■	
Cohorte 13														■	■	■	■	■	■	■

Période d'alevinage larvaire (30 j)
 Période de pré-grossissement (60 j)
 Période de grossissement (120 j)

L'analyse du tableau montre qu'au total 12 cohortes seront produites à partir de la deuxième année de mise en œuvre du projet.

Il faut noter qu'une cohorte correspond à un cycle de production d'une espèce donnée en l'occurrence du stade reproduction jusqu'au stade grossissement.

On note (tableau) qu'à partir de la deuxième année, 1 cohorte sera en parallèle de production au stade alevinage, deux cohortes seront en parallèle de production (2 cohortes seront produites simultanément) au stade pré-grossissement et 4 cohortes seront en parallèle de production (4 cohortes seront produites en même temps) au stade grossissement. Au regard de cet état de fait, les bassins de production seront dimensionnés en tenant compte de ces cohortes en parallèle pour chaque stade de production. En effet, par exemple pour le stade grossissement les bassins ne seront dimensionnés que pour 4 mois vu qu'au bout des 4 mois les poissons de la première cohorte auront atteint le stade marchand et seront par conséquent vendus libérant ainsi le premier bassin pour assurer un autre cycle de production et ainsi de suite.

ANNEXE 10 : Infrastructures du projet

1 Terrain

Un terrain de superficie de 1ha sera disponible pour l'implantation des infrastructures du projet. Les travaux de construction, l'achat des matériels du bureau et de laboratoire se feront durant les cinq premiers mois du projet. L'organisation de l'espace sera faite par la construction des bâtiments et les infrastructures d'élevage. Les différents travaux à entreprendre sont les suivants :

2 Bâtiment, hangar et bassins

Des infrastructures seront réalisées pour loger le bureau, un laboratoire, le magasin pour le stockage de matériel et autres. Les annexes seront construites pour servir de salle de traitement et de conditionnement du poisson et la maison du gardien.

Un hangar sera installé sous lequel sera construit un espace de tri de poissons. Des bassins d'alevinage, de pré-grossissement, de grossissements et de géniteurs seront réalisés. (*Voir plans*)

3 Système d'électrification

Le Benin est un pays où l'insolation atteint en moyenne 1500 $\mu\text{E.m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. Pour ce faire le développement de l'énergie solaire par les panneaux photovoltaïques sera appliqué comme alternative de production d'électricité en vue de réduire le poste de dépense lié à sa consommation.

4 Personnel

Le personnel du projet est composé de 09 personnes. Le salaire du personnel s'établit comme suit

Tableau : salaires du personnel

Poste	Nombre	Salaires (FCFA)			
		FCFA mois	année I	année II	année III
vigile	2	65 500	917 000	1 572 000	1 572 000
Ouvriers	3	65 500	1 375 500	2 358 000	2 358 000
Technicien	1	104 800	733 600	1 257 600	1 257 600
agent comptable	1	150 650	1 054 550	1 807 800	1 807 800
chauffeur	1	65 500	458 500	786 000	786 000
Administrateur	1	203 050	1 421 350	2 436 600	2 436 600
Total			5 960 500	10 218 000	10 218 000

Ce personnel sera chargé aussi bien des aspects de fabrication d'aliments que de production de poissons.

5 Valorisation des produits piscicoles

Afin de minimiser les pertes liées à la mévente et d'améliorer la chaîne de valeur du poisson marchand issue de la production piscicole, une unité de transformation sera mise en place sur le site. En effet cette unité de transformation composée de fumoirs améliorés permettra :

- ✓ de conserver le poisson plus longtemps ;
- ✓ d'améliorer le goût du poisson et son utilisation dans des soupes et des sauces ;
- ✓ d'avoir une meilleure répartition des protéines tout au long de l'année (meilleure nutrition des populations) ;
- ✓ de mettre des produits de bonne qualité sur le marché ;
- ✓ d'améliorer l'hygiène des produits piscicoles et des lieux de traitement, de stockage et de vente ;
- ✓ De produire du filet de poisson fumé ;
- ✓ de faciliter l'emballage, le transport, la distribution et la vente ;
- ✓ d'augmenter les revenus par l'amélioration de la valeur ajoutée des produits piscicoles.

Pour ce faire, on optera pour l'installation de fumoirs modernes et de fumoirs améliorés.

6 Le fumoir moderne en inox

Il se décline en plusieurs modèles dont les grands fumoirs, qui permettent de fumer des quantités importantes de poissons.

Ce type de fumoir utilise lors de la combustion des copeaux de bois qui insufflent aux aliments fumés un goût typique. Le manque d'oxygène dans le fumoir empêche la formation de flammes, mais pas celle de la fumée, qui se dirige vers le poisson dans le four. La fumaison peut se dérouler à chaud ou à froid. En effet, il existe deux manières de fumer le poisson avec ce type de fumoir :

- ✓ Fumage à chaud : la température dans le fumoir varie entre 50 et 80°C. Le poisson va alors se cuire rapidement et obtenir un goût fumé typique.
- ✓ Fumage à froid qui utilise un générateur de fumée froide (en forme de spirale) que l'on remplit de sciure de bois. La température dans le fumoir varie entre 25 et 30°C, d'où un temps de fumage de 4 à 7 heures. Les aliments sont alors bien fumés, mais pas cuits.

Au total 5 fumoirs modernes seront installés au sein de l'unité de fumaison du poisson.

7 Le fumoir amélioré de type chorkor

Le fumoir amélioré qui est préconisé est le fumoir de type chorkor qui est un fumoir traditionnel amélioré qui a été développé durant les années 1970 au Ghana par les femmes du village Chorkor en collaboration avec la FAO et l'Institut de Recherche Alimentaire. Il comporte deux parties : le four et les claies.

a. Le four

Le four chorkor est plus économique que les autres types de four traditionnel. Il a les avantages

suivants :

- ✓ il ne consomme pas beaucoup de bois ;
- ✓ tous les poissons sont fumés de la même façon ;
- ✓ il est facile à utiliser (changement facile des claies, pas de fumée dans les yeux) ;
- ✓ il permet de fumer une grande quantité de poisson ;
- ✓ il a une longue durée de vie (le four chorkor en argile ou en brique en ciment et bien protégé peut durer 4 ans) ;
- ✓ le prix de construction de four chorkor est bas.

Les dimensions du four chorkor sont:

- ✓ Longueur : 230 cm ;
- ✓ Largeur : 114 cm ;
- ✓ Hauteur : 65 cm ;
- ✓ Epaisseur des murs : 14 cm ;
- ✓ Ouverture des foyers : 40 cm ;
- ✓ Creux de feu : 22 cm à l'emplacement du feu.

En ce qui concerne les matériaux de construction du four chorkor, on peut construire les parois du four avec des matériaux différents :

- ✓ des briques en argile, des briques réfractaires en argile, des briques de ciment (55 à 100 briques selon la taille de la brique) ;
- ✓ de l'argile maniée à la main par petits paquets (80 à 100 bassines) ;
- ✓ de l'argile recouverte d'une couche de ciment (un sac).

b. Les claies de fumage

Plusieurs claies peuvent être utilisées en couches successives (8 à 10 claie) sur le four chorkor.

Les dimensions d'une claie sont les suivantes :

- longueur y compris les poignées : 115 cm ;
- largeur : 96 cm ;
- profondeur : 5,5 cm ;
- épaisseur : 2 cm ;
- maillage des grillages : 3 cm.

En ce qui concerne les matériaux de construction des claies, elles sont constituées de cadres en bois et de grillage. Les cadres sont fabriquées de préférence avec du bois dur (bois rouge) qui a une plus grande solidité, résiste à la chaleur, à l'humidité, et aux insectes. Le grillage doit avoir un maillage de 2 à 3 cm. Le diamètre du fil de fer du grillage doit être assez gros.

c. Le procédé de fumage

La fumaison ne peut se dérouler qu'à chaud car dans ce type de fumoir la source d'énergie

utilisée est du bois de chauffe et il n'existe pas de générateur de fumée froide (en forme de spirale).

Au total 20 fumoirs améliorés seront installés au sein de l'unité de fumaison du poisson.

Evaluation des coûts

L'analyse technico-économique nous a permis d'évaluer la rentabilité du présent projet piscicole. Les charges ainsi que les bénéfices inhérents à la vente du poisson sont consignés dans le tableau 9. Le prix de vente du tilapia est de 1500 FCFA le kilogramme. Cependant, pour être compétitif et en prévision des méventes liées à la saturation du marché par le produit qui pourront apparaitre, nous avons opté dans l'évaluation du chiffre d'affaire :

- ❖ la première année pour un prix de vente de 1350 FCFA le kilogramme de tilapia ;
- ❖ à partir de la deuxième pour un prix de vente de 1250 FCFA le kilogramme de tilapia

Tableau : *Compte d'exploitation prévisionnel*

	ANNEE I		ANNEE II		ANNEE III	
	Alevins 10 g	grossissement 0,4kg	alevins 10 g	grossissement 0,4kg	Alevins 10 g	grossissement 0,4kg
Production	47 484	10 000	333 336	120 000	333 336	120 000
charge fixe						
amortissement infrastructure (10 ans)	5 668 065	5 668 065	5 668 065	5 668 065	5 668 065	5 668 065
amortissement matériel (5 ans)	4 000 000	1 000 000	4 000 000	1 000 000	4 000 000	1 000 000
charge variable						
Aliment	2 767 381	6 696 591	4 861 497	39 771 571	4 861 497	39 771 571
générateur (achat)	1 166 000	0	0	0	0	0
alevins de 10 g		20 846 466		42 261 738		42 261 738
entretien des infrastructures	0	373 350	0	373 350	0	373 350
Electricité	870 233	0	6 713 226	0	6 713 226	0
Impôt local "Contribution des patentes"	0	262 000	0	262 000	0	262 000
divers (désinfectant, carburant, frais de déplacement)	2 752 638	3 044 931	11 010 550	12 179 725	11 010 550	12 179 725
salaire personnel	1 788 150	4 172 350	3 065 400	7 152 600	3 065 400	7 152 600
frais administratif (consommable)	196 500	458 500	393 000	917 000	393 000	917 000
Total charge	20 846 466	40 884 753	42 261 738	103 036 049	42 261 738	103 036 049
Coûts FCFA /alevin de 10 g	439		127		127	0
Coûts FCFA/kg de poisson de 0,4 kg		4 088		859		859
Chiffre d'affaire = biomasse produit x1350 FCFA (an I) = biomasse produite x1250 FCA (à partir de an II)		13 500 000		150 000 000		150 000 000
valeur stock non commercial	308 644	1 660 968	308 644	1 660 968	308 644	1 660 968
Bénéfices-pertes nets annuels		-25 415 141		48 933 563		48 933 563
Bénéfices-pertes nets cumulés		-25 415 141		23 518 422		72 451 985

Stock non-commercialisable (<10g en nombre individus et <400g en Kg)	30 864	6 644	30 864	6 644	30 864	4 644
---	--------	-------	--------	-------	--------	-------

Note explicative :

- colonne 1 de l'année I : la production des alevins de 10 g (47484) coûte 20 846 466 frs correspondant au coût d'achat des géniteurs + les autres charges variables liées à la production (aliments, électricité, désinfectants, main d'œuvre etc.)

- colonne 2 de l'année I : le grossissement des alevins (10 000) jusqu'à 0,4 kg coûte 40 884 753 frs, correspondant au coût de production des alevins de 10 g + les autres charges liées au processus de grossissement (aliments, entretien infrastructures, désinfectants, main d'œuvre etc.)

Idem pour les années II et III, sauf que dans ce cas il n'y a plus d'achat de géniteurs.