



## ETUDES DES APECTS GENIES CIVILS ET CHIMIQUES DES BASSINS PISCICOLES

### MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR 2iE AVEC GRADE MASTER SPECIALITE : Infrastructures et Réseaux hydrauliques

-----  
Présenté et soutenu publiquement le 09 juillet 2019

DIPAMA Abdoul Ouahabo Kevin 2013 0458

- Directeur de mémoire : Dr KEITA Amadou
- Maitre de stage : M. ZONGO Emmanuel

Jury :

Président : Dr LEYE Babacar  
Examineur : M. BOUBE Bassirou

M. SIMAL Amadou

Promotion 2017-2018

## DIDICACE

Je dédie le fruit de ce modeste travail à mon frère aîné DIPAMA O. Joseph qui n'a ménagé aucun effort pour me soutenir dans la réalisation de cette étude. Merci infiniment pour ton aide précieuse.

## REMERCIEMENTS

La réalisation du présent document est le corollaire de maintes contributions et compétences de nature technique, intellectuelle, financière et morale. L'aboutissement de notre stage, qui a concrétisé le présent mémoire, a été possible grâce au concours d'un certain nombre de personnes qui, de près ou de loin, de façon directe ou indirecte ont été d'un soutien inestimable et indéfectible. Qu'elles sachent que les mots manquent pour leur exprimer tous nos vifs remerciements. Qu'elles trouvent cependant à travers ces lignes la marque de notre profonde gratitude.

Nos remerciements vont particulièrement :

- A mon directeur de mémoire, Dr. Amadou KEITA, qui en plus d'être mon encadreur, est un mentor pour moi, il m'a proposé ce thème et il n'a cessé de m'appuyer tout au long du stage. Il a aussi contribué personnellement à financer la réalisation de l'étude.
- A M. Emmanuel ZONGO le technicien qui m'a encadré sur le terrain. Merci pour votre disponibilité et vos conseils.
- Dr. KONATE, animé d'un engagement personnel, il a soutenu le projet par ses conseils et son appui matériel.
- Dr. KOITA, directeur des études à 2iE, qui a apporté son soutien à ce projet
- Mon grand frère Joseph O. DIPAMA, qui est comme un père pour moi ; Il a financé mes études et il m'a toujours soutenu dans tous mes projets. Il a également apporté une grande contribution matérielle au projet.
- A ma mère, qui s'est toujours battue et continue de lutter pour moi, merci mère.
- A toute ma famille ; frères et amis, qui m'ont soutenu de diverses manières, qui m'ont conseillé et qui ont su être patient et compréhensif, merci

Nos remerciements vont également à :

- L'ensemble du corps professoral et administratif de la Fondation 2iE ;  
A tous mes amis et camarades de promotion pour les précieux échanges et la solidarité.

## RESUME

Le poisson, très riche en protéine, est l'un des aliments par excellence pour lutter contre l'insécurité nutritionnelle. Au Burkina Faso, malgré la production de 10 000 tonnes de poissons, une importation de 10 000 tonnes poissons auprès de pays voisins, est nécessaire pour satisfaire la demande(département des pêches 2015). Pourtant d'après la FAO le pays regorge de nombreuses potentialités pour l'élevage des poissons. Si la pisciculture n'est pas développée, c'est parce qu'elle est exploitée de façon traditionnelle. Dans le but de lutter contre l'insécurité alimentaire et de favoriser le développement de l'économie locale, l'institut 2iE a initié le projet Solar AgroFish For Africa (SAGFA). La présente étude s'inscrit dans ce projet notamment dans son volet exploratoire de la partie pisciculture. Elle a été réalisée dans le site expérimental de 2iE à Kamboinsin sous forme d'un projet de **946 750 FCFA** comportant trois bassins piscicoles dont un bassin témoin et deux bassins munis d'un système d'envoi d'oxygène.

Le PH-mètre, l'oxymètre et le disque de Secchi ont permis de mesurer respectivement le PH, l'oxygène dissout et la transparence afin d'apprécier les conditions hydrauliques impactées par le nouveau système. Un bassin de dimension **9 m x 3 m x 1.5 m** coute **150 000 FCFA** sans le système d'envoi d'air *et* **260 000 FCFA** s'il doit être muni d'un système d'envoi d'air.

Tout d'abord le bassin 3 présente la plus faible perméabilité grâce à l'application d'une méthode de construction améliorée. Ensuite le système d'envoi d'air augment la quantité d'oxygène dissout dans les bassins piscicole muni du système. Enfin les conditions hydrauliques sont favorables à l'élevage du tilapia

**Mots clés** : SAGFA, pisciculture, tilapia, bassin piscicole, oxygène dissout.

## ABSTRACT

Fish very rich in protein is the food par excellence to fight against nutritional insecurity. In Burkina Faso, despite the export of fish from neighboring countries, a shortage of fish persists. Yet according to FAO, the country is full of many potential for fish farming. If the fish farming is not developed, it is because it is exploited in a traditional way. With the aim of fighting against food insecurity and promoting the development of the local economy, the 2iE foundation has initiated the Solar AgroFish For Africa project (SAGFA). This internship is an exploratory study of the fish farming part. An FCFA 946,750 project with three fishponds was carried out in the experimental site 2iE in Kamboinsin. A control basin and two basins equipped with a system of sending oxygen.

The objective of this study is to propose the construction of a suitable basin and to appreciate the impact of the addition of dissolved oxygen in the fish water.

To achieve these objectives, determined infiltration of the three basins proposed were determined by measuring the amount of water entering through the flow meters and evaporation using the evaporation pan. The pH-meter, the oximeter and the Secchi disk were used to measure pH, dissolved oxygen and transparency respectively in order to assess the hydraulic conditions impacted by the new system. A pool measuring 9m x 3m x 1.5 m costs 150,000 FCFA without the air-supply system and 260,000 CFA if it is to be equipped with an air-supply system.

First, pond 3 has the lowest permeability thanks to the application of an improved construction method. Then the air delivery system increases the amount of dissolved oxygen in the fish tanks equipped with the system. Finally the hydraulic conditions are favorable to the breeding of tilapia.

**Keys words:** SAGFA, fish farming, fishpond, dissolved oxygen

## **LISTE DES ABREVIATIONS**

SAgFA : Solar Agrifish For Africa

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

FAO : Food & Agriculture Organisation

K : perméabilité

# SOMMAIRE

## Table des matières

.....	
I-INTRODUCTION .....	4
1.1. Contexte.....	4
1.2. Problématique.....	5
II. Les objectifs.....	6
2.1. Objectif global.....	6
2.2. Objectifs spécifiques .....	6
2.3. Résultats attendus .....	6
III. Généralité sur le tilapia.....	7
3.1. Les caractéristiques du tilapia .....	7
3.2. Les tilapias de l'étude.....	8
IV. Matériels et méthodes .....	9
4.1. Présentation de la zone d'étude .....	9
4.2. Aménagement du site .....	9
4.3. Détermination de l'infiltration au niveau des étangs.....	11
4.4. Détermination de l'infiltration à la surface du sol.....	12
4.5. L'alimentation des poissons .....	13
4.6. Les paramètres hydrauliques .....	15
V. Résultats et Discussions .....	18
5.1. Infiltration d'eau à la surface du sol .....	18
5.2. Les pertes d'eau au niveau des bassins.....	20
5.3. Les caractéristiques de l'eau des bassins.....	28
5.3.1 Le pH.....	28
5.3.2 La température.....	30
5.3.3 La transparence.....	31
5.3.4 L'oxygène dissoute .....	32
VI. Conclusion et perspective .....	36
VII. Recommandation .....	36
VIII. BIBLIOGRAPHIE .....	37
IX. ANNEXES .....	38

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau I: les valeurs de Ksat à la surface du sol.....	19
Tableau II: ksat du sol .....	19
Tableau III: les pertes en eau des bassins .....	20
Tableau IV: les valeurs des pertes en eau des bassins .....	21
Tableau V: les valeurs de l'évaporation.....	22
Tableau VI: l'infiltration au niveau des bassins.....	24
Tableau VII: les valeurs de Ksat des bassins.....	25
Tableau VIII: les valeurs de pH.....	29
Tableau IX: les valeurs moyennes du PH des bassins.....	29
Tableau X: les valeurs de température des bassins.....	30
Tableau XI: les valeurs moyennes de la température des bassins .....	31
Tableau XII: les valeurs pour estimer la transparence des bassins.....	31
Tableau XIII: les valeurs moyennes du disque de Secchi des bassins .....	32
Tableau XIV: mesures de l'oxygène dissoute du bassin 1 pendant 12 mn .....	33
Tableau XV: mesures de l'oxygène dissoute du bassin 2 pendant 17 mn .....	34

## LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Tilapia nilotica/ source : élevage du tilapia .....	7
Figure 2:carte de localisation de la zone d'étude - source Dipama,2018.....	9
Figure 3: les courbes d'infiltration des anneaux de Muntz .....	19
Figure 4: les courbes des pertes en eau des trois bassins.....	21
Figure 5: histogramme des pertes en eau du bassin 1.....	23
Figure 6: histogramme des pertes en eau du bassin 2.....	23
Figure 7: histogramme des pertes en eau du bassin 3.....	24
Figure 8: les courbes d'infiltration des bassins .....	25
Figure 9: perméabilité du bassin 1.....	26
Figure 10:Perméabilité du bassin 2 .....	27
Figure 11: Perméabilité du bassin 3 .....	27

## LISTE DES PHOTOS

Photo 1: a : les alevins dans le bassin ; b : un alevin	8
Photo 2: a : compresseur, b : programmeur, et c : bassin munie d'émetteurs d'air	11
Photo 3: a : bac à évaporation, b : débitmètre	11
Photo 4: les doubles anneaux de Muntz	13
Photo 5: a : l'aliment brute b : transformation en granulats c : alimentation des poissons	14
Photo 6: a : PH-Mètre, b : mesure du PH	16
Photo 7: a : oxymètre, b : mesure de l'oxygène dissoute	17
Photo 8: a : disque de Secchi, b : mesure de la transparence	18
Photo 9 : a : bassin envahi par le plancton, b : les planctons	32

## I-INTRODUCTION

### 1.1. Contexte

Chaque année, le Burkina importe environ 10 000 tonnes de poissons du Mali . Pourtant le pays regorge de plus de 2 000 barrages en terre et 11 rivières importantes. Ces potentialités peuvent être utilisées en faveur de la pêche (Département des pêches, 2016). Cependant celle-ci subit un déficit parce que la population n'a pas encore intégré dans ces mœurs l'élevage intensif de poisson et les recherches scientifiques dans le domaine sont insuffisantes pour permettre aux paysans de maîtriser la technologie. En effet des structures de recherche au Burkina Faso telles que l'Université Joseph Ki-Zerbo, l'Université polytechnique de Bobo-Dioulasso et le Centre national de la recherche scientifique et technologique (CNRST) ont entrepris des actions, même si elles ne se concentrent pas beaucoup sur l'amélioration de la pisciculture / irrigation (Sogansa N. Y. 2014).

Dans le but de lutter contre la carence alimentaire et favoriser le développement de l'économie locale, la fondation 2iE a initié le projet Solar AgroFish For Africa (SAGFA). Ce projet va permettre la création d'un nouveau système alliant l'énergie solaire, la pisciculture et l'irrigation. Ce nouveau système amélioré, va permettre de réaliser de meilleurs rendements aussi bien dans la pisciculture que dans l'agriculture. En effet des bassins piscicoles seront alimentés en eau par des pompes et l'eau des bassins, enrichie en oxygène dissout grâce à des compresseurs, va instaurer des conditions améliorées pour le développement des poissons. L'eau organique de la pisciculture sera réutilisée pour irriguer et fertiliser le sol pour l'agriculture en aval. Tout ce système est alimenté par l'Energie solaire.

Cette étude est de type exploratoire de la partie pisciculture. Dans le site expérimental de Kamboinsin, un système piscicole a été expérimenté. La faisabilité de l'envoi d'oxygène dissout dans l'eau des bassins a été montrée. Trois bassins ont été construits et leurs infiltrations ont été mesurées pendant la durée de l'étude. Ces résultats ont permis de proposer une méthode de construction de bassin adapté à la pisciculture. Les paramètres hydrauliques à savoir le pH, la température et l'oxygène dissout ont été mesurés et les résultats ont permis de mettre en évidence les avantages de ce système.

## 1.2. Problématique

En Afrique de l'ouest, le Mali est l'un des plus grands producteurs de poissons. Grâce à l'élevage intensif, il en produit 150.000 tonnes par an, représentant 4.2% du PIB. En effet, La pisciculture malienne est le résultat de plusieurs recherches et développements qui ont été bien appliqués par la population (Direction Promotion et Facilitation des Investissements et Api Mali, 2016).

Au Burkina Faso par contre le potentiel de production halieutique est estimé à 10000 tonnes par ans et cela grâce aux barrages de la Kompienga et de la Bagré qui produisent 30% de la production totale (Département des pêches 2015).

Cependant malgré les performances de production que le Mali réalise, certains paramètres de la pisciculture ne sont toujours pas maîtrisés.

En effet, les poissons ont besoin d'oxygène pour vivre. Grâce à leurs branchies, ils captent l'oxygène dissout dans l'eau. La majorité de l'oxygène dissout dans l'eau est obtenue grâce à la photosynthèse des phytoplanctons. Mais en l'absence de lumière, notamment pendant la nuit ces phytoplanctons consomment l'oxygène dissout. La solution consiste donc à cultiver la quantité adéquate de phytoplanctons qui produiront l'oxygène dissout nécessaire à l'étang pendant les journées ensoleillées et dont la consommation pendant la nuit reste dans la marge acceptable (S. Bouda et E. Chang, 2009).

Cette solution présente beaucoup de limites, d'où le besoin de trouver une méthode innovante plus fiable. En effet, à l'image des bulbeuses qui envoient de l'oxygène dissout dans les aquariums, de l'oxygène dissout a été envoyé dans des étangs de 27 m<sup>2</sup> via un compresseur d'air. L'étude comparative entre ces bassins et un bassin témoin permettra de clarifier de façon scientifique l'impact de cette nouvelle méthode sur la pisciculture.

Dans le dessein de mieux réaliser cette étude, les méthodes et matériels utilisés pour l'étude, seront présentés. Ensuite les discussions sur les résultats obtenus seront développées Enfin une conclusion suivie des recommandations et perspectives pour améliorer le système seront formulées.

## II. Les objectifs

### 2.1. Objectif global

L'objectif principal de cette étude consiste à implémenter la partie pisciculture du projet Solar Agrifish For Africa. Il s'agit d'étudier un nouveau système permettant d'envoyer de l'oxygène dissout dans les étangs piscicoles.

### 2.2. Objectifs spécifiques

Les objectifs spécifiques de l'étude sont les suivants :

- Améliorer le dimensionnement des bassins piscicoles adaptés à la pisciculture intensive ;
- Evaluer les pertes en eau des étangs piscicoles ;
- Dimensionnement d'un système d'envoi d'oxygène dissout dans les étangs piscicoles ;
- Evaluer les paramètres piscicoles (PH, température, turbidité et oxygène dissoute) du nouveau système.

### 2.3. Résultats attendus

Au terme de cette étude, les extrants suivants sont escomptés :

- Un bassin piscicole adapté à la pisciculture intensive est dimensionné ;
- Les pertes d'eau des étangs piscicoles sont évaluées ;
- Un système d'envoi d'oxygène dissout dans les étangs piscicoles est dimensionné ;
- Les paramètres hydrauliques de l'eau piscicole (PH, température, turbidité et oxygène dissout) sont évalués.

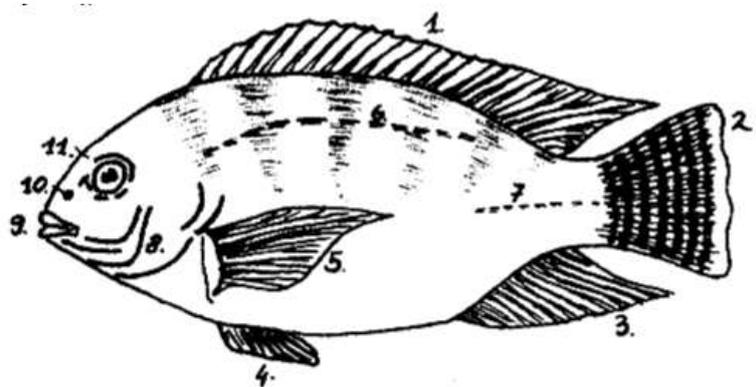
### III. Généralité sur le tilapia

#### 3.1. Les caractéristiques du tilapia

Environ 120 espèces de poissons sont identifiées au Burkina Faso. Les principales espèces commerciales sont le tilapia (carpes), clarias (silure), *lates niloticus* (capitaine) *heterotis*, *mormyrus*, alestes, *chrysictis* et *synodontis*. Dans les petites retenues d'eau ce sont les silures qui dominent alors que dans les ouvrages les plus importantes les tilapias, les alestes et les capitaines sont les espèces dominantes (Département des Pêches, 2016).

Le tilapia expérimenté dans cette étude est le *Oreochromis niloticus* qui est l'une des espèces les plus recherchées pour l'aquaculture. Comparativement aux autres tilapias, celui-ci a une croissance rapide, il survit à des conditions pauvres de qualité d'eau, il consomme une large gamme d'aliment et se reproduit aisément sans technologies sophistiquées d'écloserie. Cependant il présente certaines caractéristiques gênantes en élevage. La reproduction non contrôlée dans les étangs conduit à des surpopulations et au risque de nanisme. Il a besoin d'eau relativement chaude et ne croit convenablement qu'à des températures plus hautes que 22 °c (Département des Pêches, 2016).

La figure 1 illustre le tilapia. Elle présente toutes les parties du corps de l'*Oreochromis niloticus*



1. Nageoire dorsale
2. Nageoire caudale
3. Nageoire anale
4. Nageoires ventrales
5. Nageoires pectorales
6. Première ligne latérale
7. Deuxième ligne latérale
8. Opercules
9. Bouche
10. Narine
11. Oeil

Figure 1 : Tilapia nilotica/ source : élevage du tilapia, département des pêches 2016

### 3.2. Les tilapias de l'étude

Les alevins de tilapia de 25 g ont été mis à l'eau le 04 décembre 2018. Les bassins 1, 2 et 3 ont respectivement reçu 26, 27 et 55 larves. Dix jours après la mise en eau, il a été observé la mort de 2, 3 et 6 poissons respectivement dans les bassins 1, 2 et 3. D'après la FAO la pisciculture en étang présente une perte de 10% quelques jours après la mise en eau (J. Bard et al. 1974).

La première reproduction a été observée le 10 janvier 2019 soit 01 mois et 6 jours après la mise en eau. A la date du 26 avril 2019, il y avait 22, 23 et 46 géniteurs dans les bassins 1, 2 et 3. En plus des géniteurs, il existait plusieurs alevins de taille différente.



*Photo 1: a : les alevins dans le bassin ; b : un alevin*

## IV. Matériels et méthodes

### 4.1. Présentation de la zone d'étude

La zone d'étude est située dans la région du centre du Burkina-Faso plus précisément dans la commune de Ouagadougou, à environ 20 km au Nord-Ouest de Ouagadougou. Le site expérimental de cette étude choisie est la plateforme d'irrigation de 2iE sur K4. Un périmètre de 50 m x 24 m a été aménagé et muni du système pour l'expérimentation.

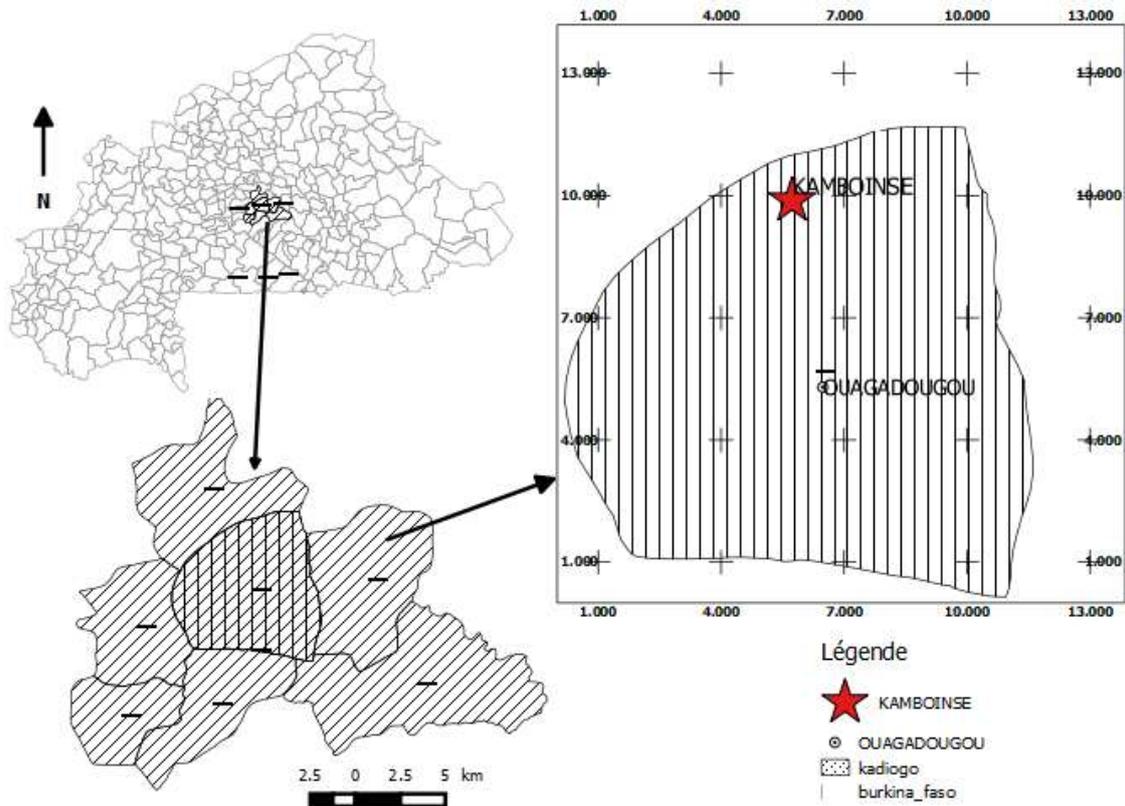


Figure 2: carte de localisation de la zone d'étude - source Dipama, 2018

### 4.2. Aménagement du site

Trois étangs identiques ont été aménagés pour l'étude. Les étangs ont une forme trapézoïdale avec des dimensions de 9 m de long, 3 m de large et 1.5 m de profondeur. Le talus de  $\frac{1}{4}$  épouse aisément le terrain naturel et stabilise les berges. Les étangs sont revêtus de perré maçonné. Le revêtement présente des rugosités qui permettront aux poissons de cacher les œufs et aux alevins de s'abriter pendant les fortes températures (Liestar C. 1984). Au fond des étangs se trouvent des conduits munis d'émetteurs d'air. L'eau est envoyée dans les étangs à l'aide de conduit de 20 mm muni de débitmètre.

L'air est envoyé dans l'étang grâce à un compresseur. Ce compresseur est contrôlé par un programmeur. Le compresseur envoie l'air pendant 15 minutes et arrête de fonctionner pendant 01 heure.

L'eau est envoyée grâce à l'ouverture des vannes quand le niveau d'un des bassins a baissé.

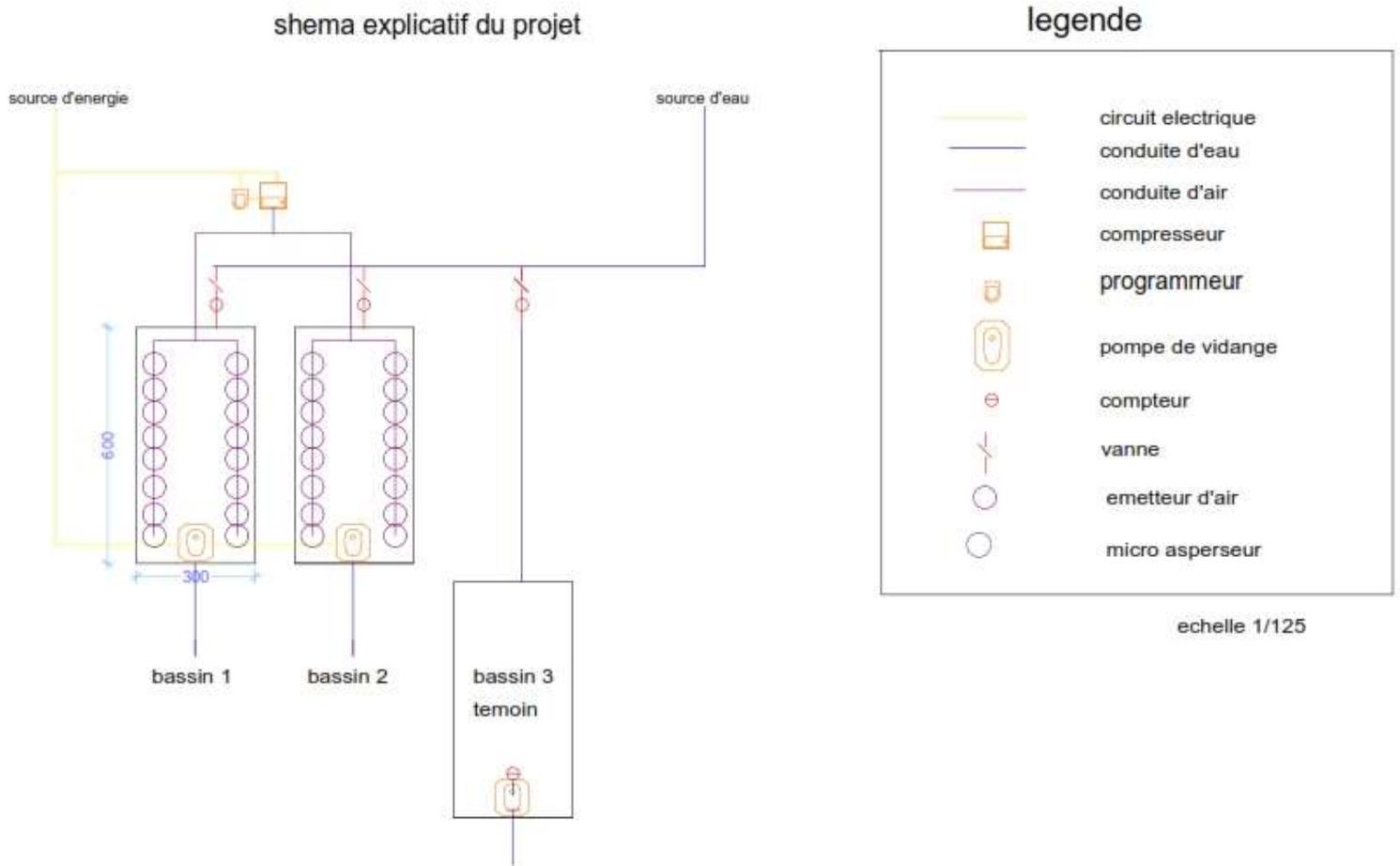


Figure 3: schéma explicatif du projet

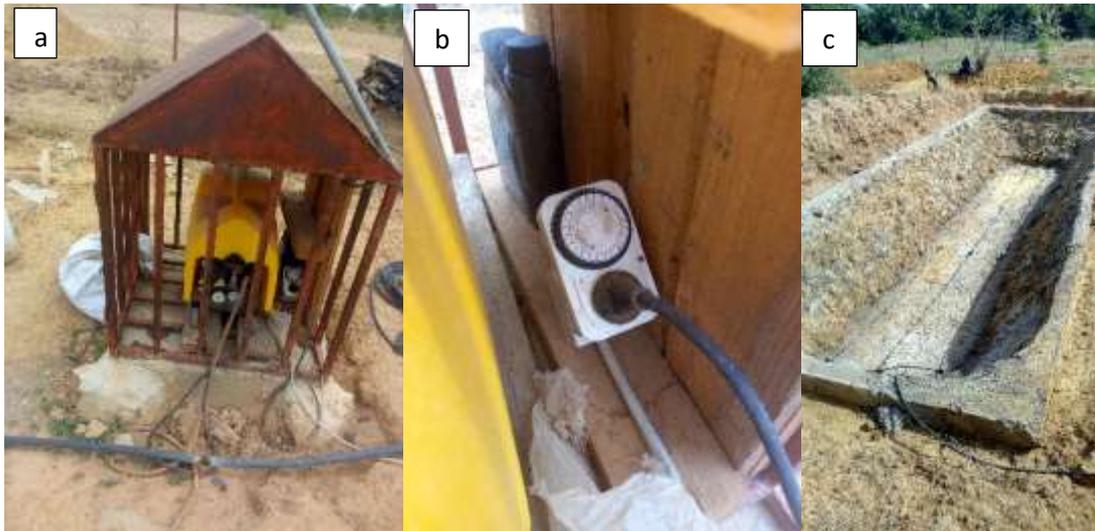


Photo 2: a : compresseur, b : programmeur, et c : bassin munie d'émetteurs d'air

#### 4.3. Détermination de l'infiltration au niveau des étangs

##### *a) mode opératoire*

À l'aide des débitmètres placés à l'entrée de chaque étang la quantité d'eau apportée a été déterminée et les pertes d'eau de l'étang ont été déduites. Le bac de classe A placé sur le site permet de déterminer l'évaporation.

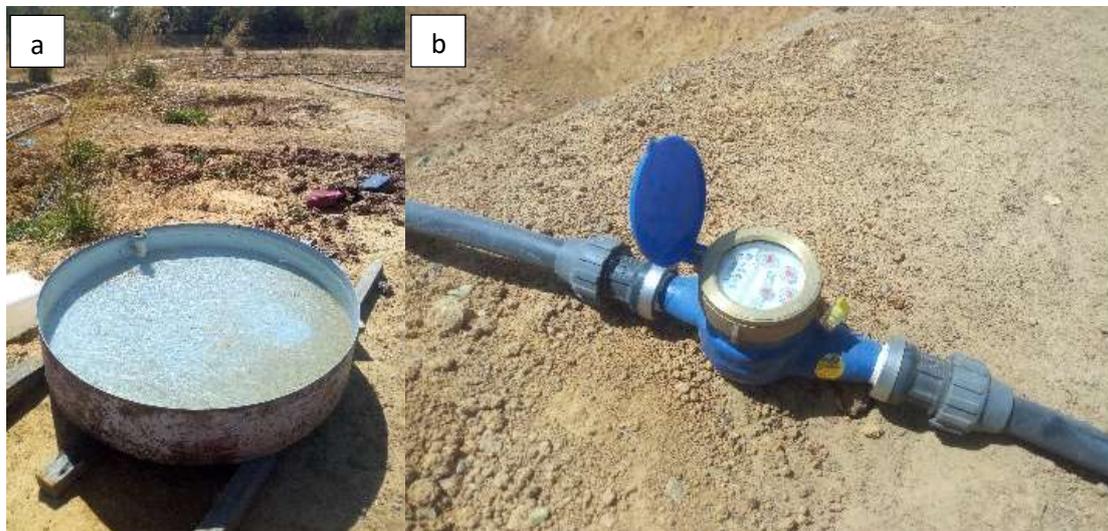


Photo 3: a : bac à évaporation, b : débitmètre

*b) méthode de calcul*

- Les pertes d'eau obtenues à l'aide des débitmètres sont composées de l'infiltration et de l'évaporation

Pertes d'eau en m<sup>3</sup>  $P_{(m3)} = q^2 - q^1$

Avec q<sup>1</sup> et q<sup>2</sup> les valeurs lues sur le débitmètre respectivement le jour 1 et le jour 7.

Pertes d'eau en mm/h  $P_{(mm/j)} = \frac{P_{(m3)}}{S_e} * 1000$

Avec S<sub>e</sub> la surface de l'étang en m<sup>2</sup>

- Les pertes par évaporation s'obtiennent à l'aide du bac à évaporation

Perte par évaporation  $P_{evap} = H_{2bac} - H_{1 bac}$

Avec H<sub>1 bac</sub> et H<sub>2bac</sub> les hauteurs d'eau en mm lu sur le bac à évaporation respectivement le jour 1 et le jour 7.

- L'infiltration de l'étang est déduite en soustrayant les pertes dues à l'évaporation dans les pertes d'eau

Perte d'eau due à l'Infiltration  $P_{infil} (mm/j) = P_{(mm/j)} - P_e$

Perte d'eau due à l'infiltration en mm/h  $P_{infil} (mm/h) = P_{infil}(mm/j) / (24 * 7)$

**4.4. Détermination de l'infiltration à la surface du sol**

*a) Mode opératoire*

La mise en place du matériel joue un rôle important dans la qualité des données en ce qui concerne la mesure de la perméabilité. Le petit anneau de Muntz doit être bien centré à l'intérieur du grand anneau appelé anneau de protection. Ces deux anneaux sont enfoncés à l'aide d'un marteau à environ 15 cm de profondeur. L'horizontalité des anneaux doit être vérifiée à l'aide du niveau. Une règle graduée est placée à l'intérieur du petit anneau pour mesurer la variation de l'eau en fonction du temps à l'aide du chronomètre

Dans le dessein de faire des mesures de qualité, le niveau d'eau dans ces anneaux doit être égal. L'eau contenue dans l'anneau intérieur s'infiltré verticalement et celle dans l'anneau extérieur permet d'éviter la divergence pendant l'infiltration. C'est donc la variation de l'eau de l'anneau intérieur qui sera mesurée car elle est unidirectionnelle pour la déduction de la conductivité hydraulique du sol. Les mesures sont arrêtées lorsque la variation de l'eau dans l'anneau intérieur est quasi nulle au bout de deux heures.



Photo 4: les doubles anneaux de Muntz

#### *b) Calcul*

Pour avoir la valeur du  $k_{sat}$  il a été appliqué un modèle de régression non linéaire qui est l'équation exponentielle.

Équation exponentielle ( $I_t$ ) =  $(Y_0 - Plateau) \exp(-Kt) + Plateau$

Avec  $t$  (h) le temps,  $I_t$  (mm/h) l'infiltration à l'instant  $t$  ;  $Y_0$  (mm/h) et  $Plateau$  (mm/h) les coefficients de l'équation exponentielle.

Ces statistiques sont incorporées dans le logiciel Minitab qui fait ressortir la courbe de régression et la valeur du  $K_{sat}$ .

### 4.5. L'alimentation des poissons

#### 4.5.1. Généralité sur l'alimentation

Les tilapias sont des omnivores. Ils se nourrissent dans l'élevage naturel de planctons. Les planctons sont composés de phytoplanctons et de zooplanctons. Les phytoplanctons sont des plantes aquatiques très minuscules qui donnent la couleur verdâtre à l'eau. Ces phytoplanctons sont consommés par de petits animaux appelés zooplanctons. Les phytoplanctons et les zooplanctons sont les aliments par excellence des tilapias dans la nature parce qu'ils sont très riches en protéine et ils ont une taille convenable pour la bouche des poissons. Il est recommandé d'apporter des aliments naturels riches en protéine pour booster le rendement piscicole (Liestar C. 1984).

Lorsque dans un élevage, la ressource alimentaire pour les poissons est exclusivement des planctons, celui-ci est caractérisé d'élevage extensif. Il est semi extensif ou semi intensif lorsque du fertilisant est apporté pour accroître le taux de planctons dans l'eau. Ces fertilisants fournissent des nitrates et des phosphates qui favorisent le développement des phytoplanctons. Le compost, les fientes de poulets, le fumier de vache ou de porc, les déchets ménager (fruit avarié, feuille, etc.) peuvent être utilisés comme fertilisants. Lorsqu'en plus d'apporter des fertilisants des aliments artificiels sont apportés, l'élevage évolue vers le type intensif (J. Lazard et al. 1991).

#### 4.5.2. Alimentation artificielle

##### 4.5.2.1. Généralité sur l'alimentation artificielle

Le tilapia préfère les aliments en poudre ou en granulé riche en protéine. Cependant il faut que les dimensions de ces aliments conviennent à leur bouche. Les aliments riches en protéine tels que le poisson séché coûtent chères pour les éleveurs. La solution est de mélanger les aliments riches en protéine avec des sous-produits de l'agriculture qui sont moins riches en protéine mais très accessibles. Les sous-produits de l'agriculture peuvent être le son de maïs, blé, mil ou des tourteaux de coton, d'arachide. Il est recommandé d'avoir un aliment d'au moins 30% en protéine (« FAO: Formulation et préparation /production des aliments » 2015).

Pour l'expérimentation il a été fabriqué un aliment composé de 63% de son de maïs et 37% de poissons sardines séchés. De plus il faut ajouter 10% de vitamine pré mixte du poids total afin d'accélérer la croissance et 10% de gelure de manioc (gari) afin de créer des granulés pour les gros poissons si nécessaire.



Photo 5: a : l'aliment brute b : transformation en granulat c : alimentation des poissons

#### 4.5.2.2. Détermination de la composition des aliments

Il a été formulé un aliment de 30% de protéine à partir de deux ingrédients à savoir le son de maïs et la farine de poisson. Le taux de protéine du son de maïs  $P_s = 9.6\%$  et celui de la farine de poisson sardine  $P_p = 65\%$  (« FAO: Formulation et préparation /production des aliments » 2015). L'équation de Pearson est utilisée pour déterminer la proportion des ingrédients en fonction de leurs taux de protéine afin d'obtenir un aliment à 30% de protéine (N. Brah, M. F. Houndonougou, et S. Issa 2015).

1. Calcul des différences des taux de protéine de chaque ingrédient par rapport à celui de l'aliment attendu

Différence pour le son de maïs  $DP_s = P_a - P_s = 30 - 9.6 = 20.4$

Différence pour la farine de poisson  $DP_p = P_p - P_a = 65 - 30 = 35$

2. Somme des différences  $S = DP_s + DP_p = 20.4 + 35 = 55.4$

3. Pour trouver le pourcentage à apporter pour l'un des 2 ingrédients, il faut prendre la différence DP de l'autre qu'on divise par la somme S et multiplier par 100.

- pour la farine de poisson il faudra  $\frac{DP_s * 100}{s} = \frac{20.4 * 100}{55.4} = 36.82\%$

- pour le son de maïs il faudra  $\frac{DP_p * 100}{s} = \frac{35 * 100}{55.4} = 63.18\%$

De façon pratique un aliment de 10 kg il faudra mélanger 3.7 kg de farine de poisson avec 6.3 de son de maïs.

### 4.6. Les paramètres hydrauliques

Les conditions hydrauliques dans lesquelles vivent les poissons ont aussi été mesurées. Ces paramètres permettent d'apprécier le confort de vie des poissons. Grâce à des outils adaptés, ils sont mesurés chaque semaine, plus précisément tous les mardis. Les données sont collectées au même endroit de chaque bassin mais de façon aléatoire. En effet le logiciel DOE RUN ORDER a été utilisé pour déterminer l'ordre de mesure des bassins.

#### 4.6.1. Le pH

Le pH d'un liquide est la mesure de l'acidité/alcalinité sur une échelle allant de 0 à 14. De 7 vers 0 l'acidité croît tandis que l'alcalinité croît de 7 vers 14. Le pH 7 est la mesure du neutre.

Les tilapias survivent à une large gamme de pH à savoir de 3.5 à 12. Cependant les valeurs optimales de pH vont de 6.5 à 9. Le pH bas défavorise le développement du phytoplancton et des zooplanctons tandis que le pH élevé augmente la toxicité de certains produits comme l'ammoniaque (É. LACROIX 2014).

Un pH-mètre HACH est utilisé pour mesurer cette valeur. Après avoir allumé l'appareil et connecté la sonde, cette dernière est plongée dans l'eau. La mesure est effectuée et la valeur du pH est donnée après stabilisation.



Photo 6: a : PH-Mètre, b : mesure du PH

#### 4.6.2. La température

Les valeurs optimales de température pour les tilapias sont de 28 à 32 °c. À moins de 20 °c l'activité et l'alimentation du tilapia se réduisent. L'alimentation s'arrête complètement à moins de 16 °c. Les hautes températures accélèrent les métabolismes avec plus de consommation d'oxygène. La manipulation des poissons pendant les hausses températures causent des mortalités (Y. Fermon 2010).

La mesure du pH avec l'outil HACH fournit en même temps la température.

#### 4.6.3. L'oxygène dissout

Dans l'eau l'oxygène est sous forme dissoute et elle peut provenir de deux sources. La solubilité de l'oxygène dans l'eau procède par contact diffusion, ce qui veut dire que en créant plus de surface d'eau en contact avec l'air (écoulements, jets, retournements, etc.), on augmentent le taux courant de l'oxygène dissout (S. Bouda et E. Chang 2009).

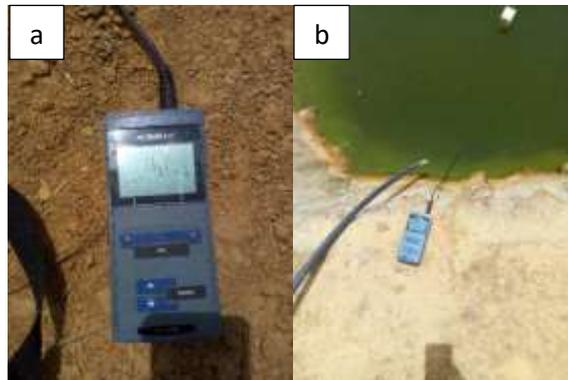
Dans le cas des étangs d'aquaculture, la source majeure d'oxygène est la photosynthèse effectuée par les végétaux chlorophylliens en général et le phytoplancton en particulier. En effet, en présence de lumière solaire, ces végétaux produisent des hydrates de carbone selon la formule chimique ainsi résumée :

$$6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$$

A l'inverse, durant la nuit, ces végétaux deviennent consommateurs d'oxygène par respiration tout comme tous les autres êtres aérobiques. Ceci conduit à la baisse systématique

du taux d'oxygène dissout dans l'étang au cours de la nuit. On peut alors se retrouver dans des niveaux critiques au matin juste avant l'apparition des rayons solaires. Plus l'étang est riche en plancton, plus le taux d'oxygène dissout est élevé au crépuscule, mais plus le risque de manque d'oxygène à l'aube est élevé. On parle de boom planctonique lorsque la quantité des planctons est tellement élevée que tout l'oxygène dissout est consommé avant l'aube(S. Bouda et E. Chang 2009).

Il existe d'autres facteurs pouvant conduire au déficit d'oxygène dans l'eau de l'étang. Le temps nuageux et/ou la turbidité qui peuvent bloquer la photosynthèse par déficit de lumière. Le sur-stockage en poissons aussi peut dépasser la disponibilité en oxygène(S. Bouda et E. Chang 2009).



*Photo 7: a : oxymètre, b : mesure de l'oxygène dissoute*

#### *4.6.4. La transparence*

Le disque de Secchi est conçu pour mesurer la transparence. Le disque de Secchi est obtenu à partir d'un couvercle de boîte de 20 cm de diamètre, peint alternativement en quadrants blancs et noirs et fixés à un bâton gradué en centimètre. Le disque est trempé dans l'eau jusqu'à sa disparition de la vue et alors la profondeur de plongée est lue sur le bâton gradué. Cette lecture permettra d'apprécier la quantité de plancton. En effet pour moins de 20 cm, l'eau est hyper eutrophe (densité de plancton), alors de l'eau doit être ajoutée à l'étang en compensation d'une quantité à extraire pour diluer. Pour 30 à 45 cm c'est l'indication d'eau en bonne condition (S. Bouda et E. Chang 2009).

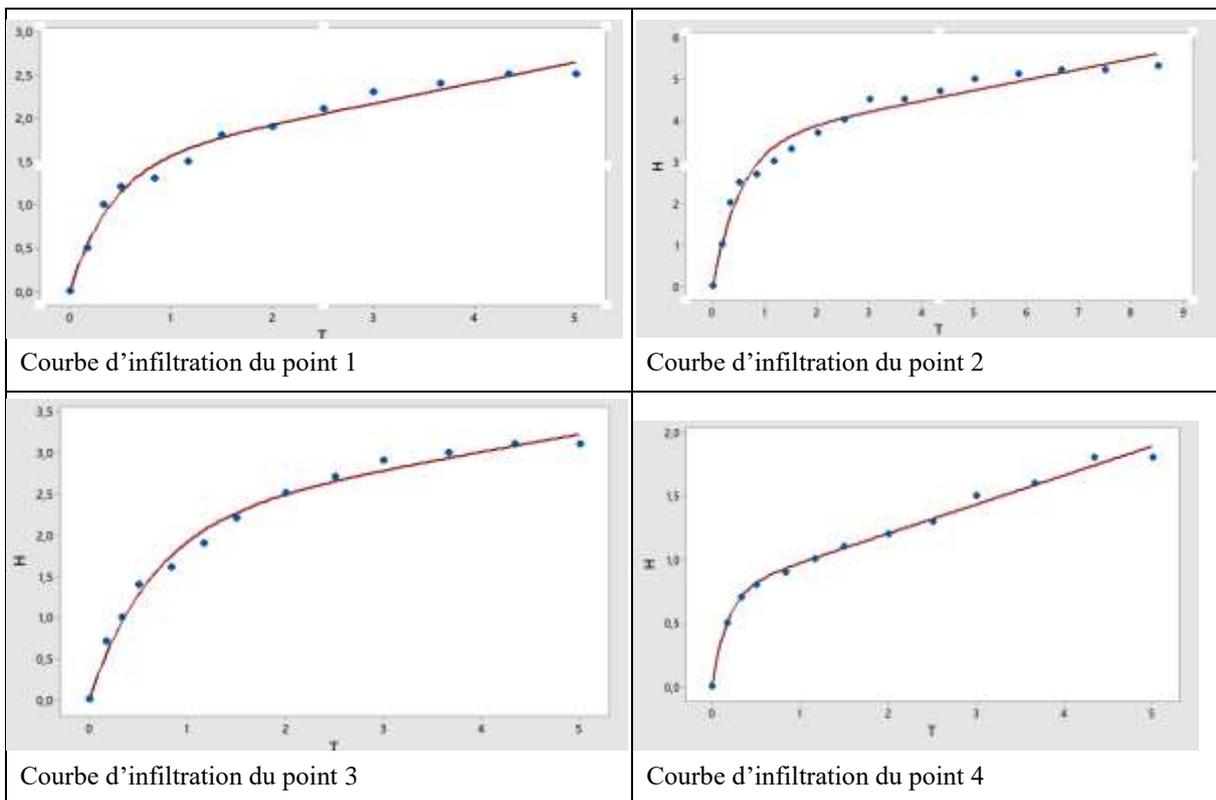


Photo 8: a : disque de Secchi, b : mesure de la transparence

## V. Résultats et Discussions

### 5.1. Infiltration d'eau à la surface du sol

Huit (08) points ont été mesurés sur le site et les résultats obtenu sont les suivants :



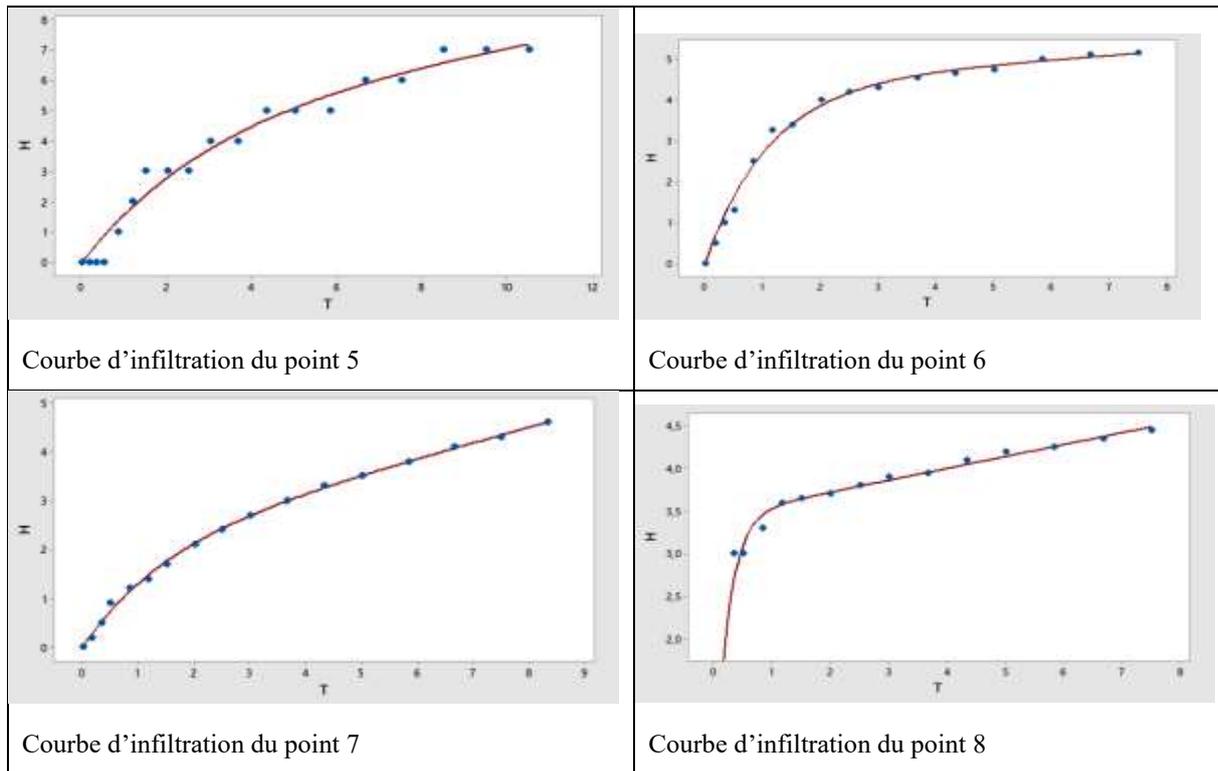


Figure 4: les courbes d'infiltration des anneaux de Muntz

Tableau I: les valeurs de  $K_{sat}$  à la surface du sol

Anneau de Muntz	1	2	3	4	5	6	7	8
$k_{sat}$ (mm/h)	0,25	0,24	0,21	0,23	0,23	0,1	0,31	0,14

Tableau II:  $k_{sat}$  du sol

08 Mesures	
Valeur moyenne (mm/hr)	0,21
Ecart-type	0,05
Coefficient de variation (%)	22

Le sol est homogène avec un coefficient de variation inférieur à 25%. La conductivité hydraulique du site est de 0.21 mm/h avec plus ou moins 0.05 mm/h soit 5.02 mm par jour avec plus ou moins 1.2 mm par jour. Le sol est argileux sableux.

### 5.2. Les pertes d'eau au niveau des bassins

L'un des défis de la pisciculture est la disponibilité de l'eau en qualité et en quantité. L'étude des pertes en eau est importante pour optimiser le système. Pendant les trois mois de mesures les valeurs suivantes ont été obtenues :

*Tableau III: les pertes en eau des bassins*

<b>Dates</b>	<b>Pertes en eau (mm/h) du bassin 1</b>	<b>Pertes en eau (mm/h) du bassin 2</b>	<b>Pertes en eau (mm/h) du bassin 3</b>
15 janv. 2019	1,87	3,04	1,48
22 janv. 2019	1,80	2,88	1,18
25 janv. 2019	1,54	2,73	1,03
28 janv. 2019	1,58	2,70	1,12
1 févr. 2019	1,43	2,28	1,04
5 févr. 2019	1,35	2,47	1,08
14 févr. 2019	1,20	2,25	1,05
19 févr. 2019	1,04	2,27	0,97
26 févr. 2019	1,04	2,09	0,97
5 mars 2019	1,01	1,72	0,97
12 mars 2019	1,06	1,72	0,95
19 mars 2019	1,01	1,26	0,95
26 mars 2019	0,97	1,12	0,93
2 avr. 2019	1,01	1,17	0,97

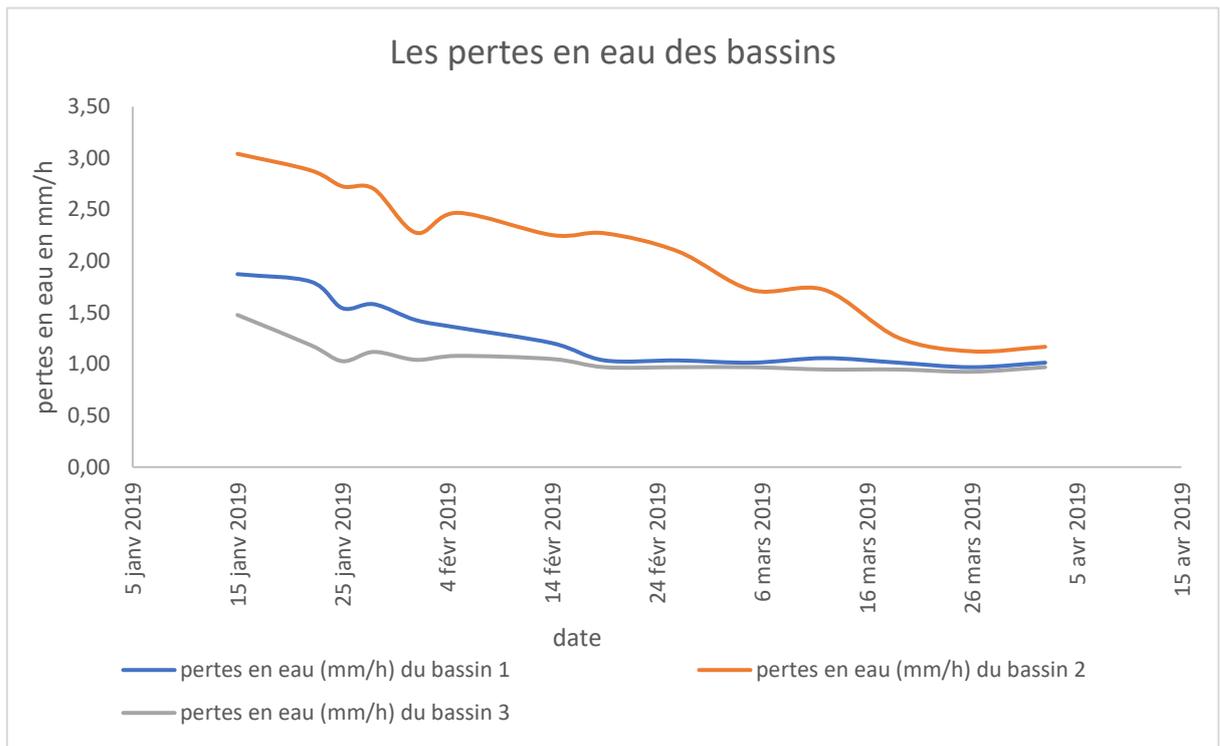


Figure 5: les courbes des pertes en eau des trois bassins

Tableau IV: les valeurs des pertes en eau des bassins

Analyse statistique			
Paramètre	Bassin 1	Bassin 2	Bassin 3
Écartype	0,27	0,52	0,10
Moyenne (mm/h)	1,28	2,12	1,05
Homogénéité	0,21	0,25	0,09
Max	1,87	3,04	1,48
Min	0,97	1,12	0,93

Les pertes en eau des bassins sont très élevées et varient en fonction des bassins. Au début de la mise en eau le bassin 1 subissait une perte de 1.87 mm/h soit 44 mm par jour, le bassin 2 perdait 3.04 mm/h soit 72.96 mm par jour et le bassin 3 enregistrtrait une perte en eau de 1.48 mm/h soit 35.52 mm par jour. Pendant les trois mois de mesures les moyennes des pertes en eau des bassins 1, bassin 2 et bassin 3 sont respectivement de 1.28 mm/h soit 30 mm/jour, 2.12 mm/h soit 50.88 mm/jour et 1.05 mm/h soit 25.2 mm/jour. Au bout de trois mois d'études les pertes en eau des trois bassins ont tendance à se stabiliser vers 1 mm/h soit 24 mm/jour. L'eau

des bassins est perdue par infiltration et par évaporation. L'étude de ces paramètres permettra de mieux analyser les pertes en eau des bassins.

### 5.2.1. Evaporation

Le Burkina Faso étant un pays sahélien, l'évaporation est élevée. Une certaine quantité de l'eau stockée dans les bassins va se transformer en vapeur sous l'effet des rayons solaires et s'évaporer. Grâce au bac à évaporation, des données sur le site ont été collectées.

*Tableau V: les valeurs de l'évaporation*

<b>Dates</b>	<b>Évaporation (mm/h)</b>
15 janv. 2019	0,03
22 janv. 2019	0,15
25 janv. 2019	0,16
28 janv. 2019	0,02
5 févr. 2019	0,10
8 févr. 2019	0,07
14 févr. 2019	0,13
19 févr. 2019	0,11
26 févr. 2019	0,04
12 mars 2019	0,07
19 mars 2019	0,04
26 mars 2019	0,04
2 avr. 2019	0,02
9 avr. 2019	0,07

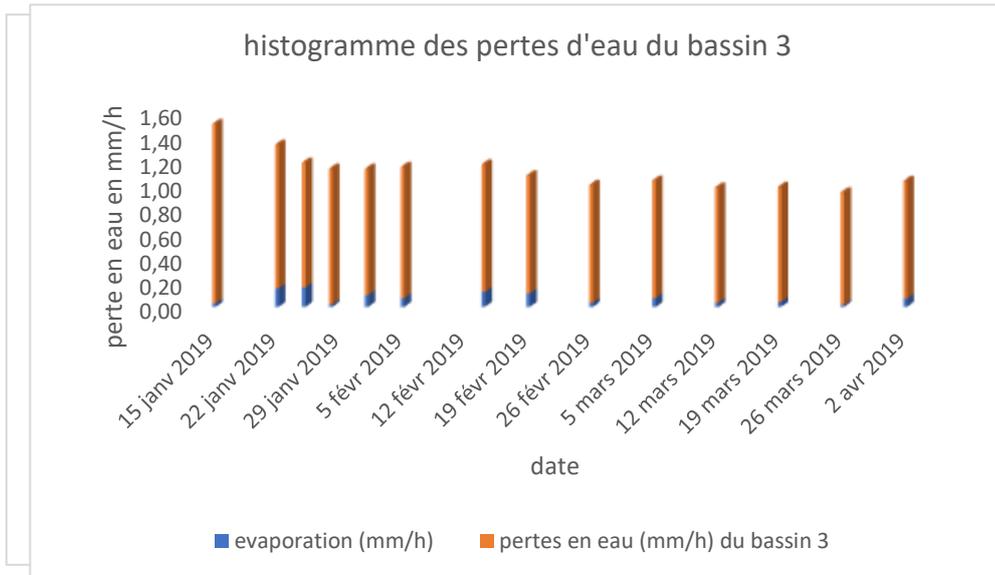


Figure 6: histogramme des pertes en eau du bassin 2

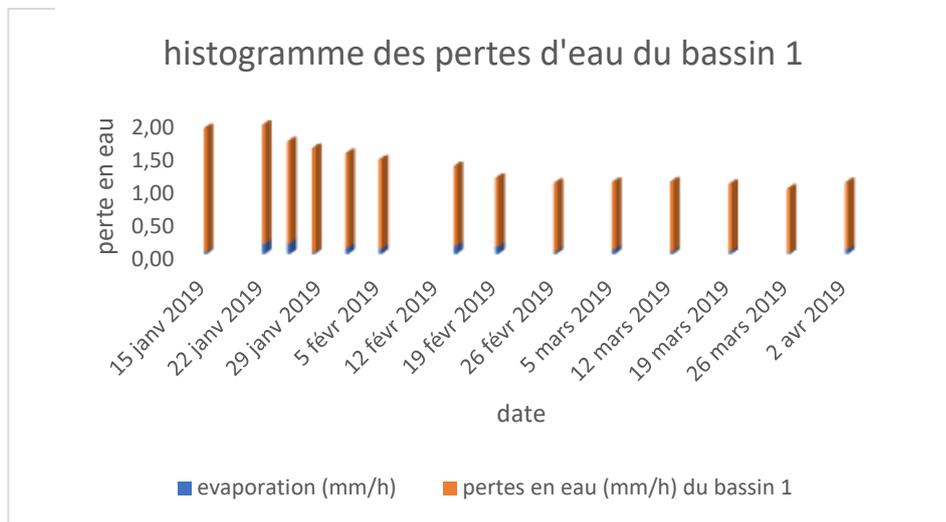


Figure 7: histogramme des pertes en eau du bassin 1

Figure 8: histogramme des pertes en eau du bassin 3

L'évaporation est très faible comparativement aux pertes en eau. L'infiltration qui est l'autre paramètre des pertes en eau est probablement le facteur dominant. L'analyse de ce paramètre s'avère très pertinente pour l'optimisation des pertes en eau des bassins.

### 5.2.2. Infiltration d'eau au niveau des bassins

Les pertes en eau par infiltration au niveau des bassins sont obtenues par déduction des pertes en eau et de l'évaporation du site.

Tableau VI: l'infiltration au niveau des bassins

Dates	Infiltration en mm/h du bassin 1	Infiltration en mm/h du bassin 2	Infiltration en mm/h du bassin 3
22 janv. 2019	1,72	2,89	1,32
25 janv. 2019	1,64	2,72	1,02
28 janv. 2019	1,52	2,71	1,01
1 févr. 2019	1,48	2,60	1,02
5 févr. 2019	1,35	2,20	0,97
14 févr. 2019	1,23	2,34	0,96
19 févr. 2019	1,09	2,14	0,94
26 févr. 2019	1,00	2,24	0,93
5 mars 2019	1,00	2,06	0,93
12 mars 2019	0,94	1,65	0,90
19 mars 2019	1,02	1,68	0,91
26 mars 2019	0,97	1,21	0,91
2 avr. 2019	0,95	1,11	0,91
9 avr. 2019	0,95	1,10	0,90

Les valeurs de l'infiltrations sont très élevées. En effet les bassins 1, 2 et 3 accusent au début de la mise en eau, des pertes en eau respectives de 41.28 mm/jour, 69.36 mm/jour et 31.68mm/jour. C'est donc ce paramètre qui accroît les pertes en eau au niveau des bassins.

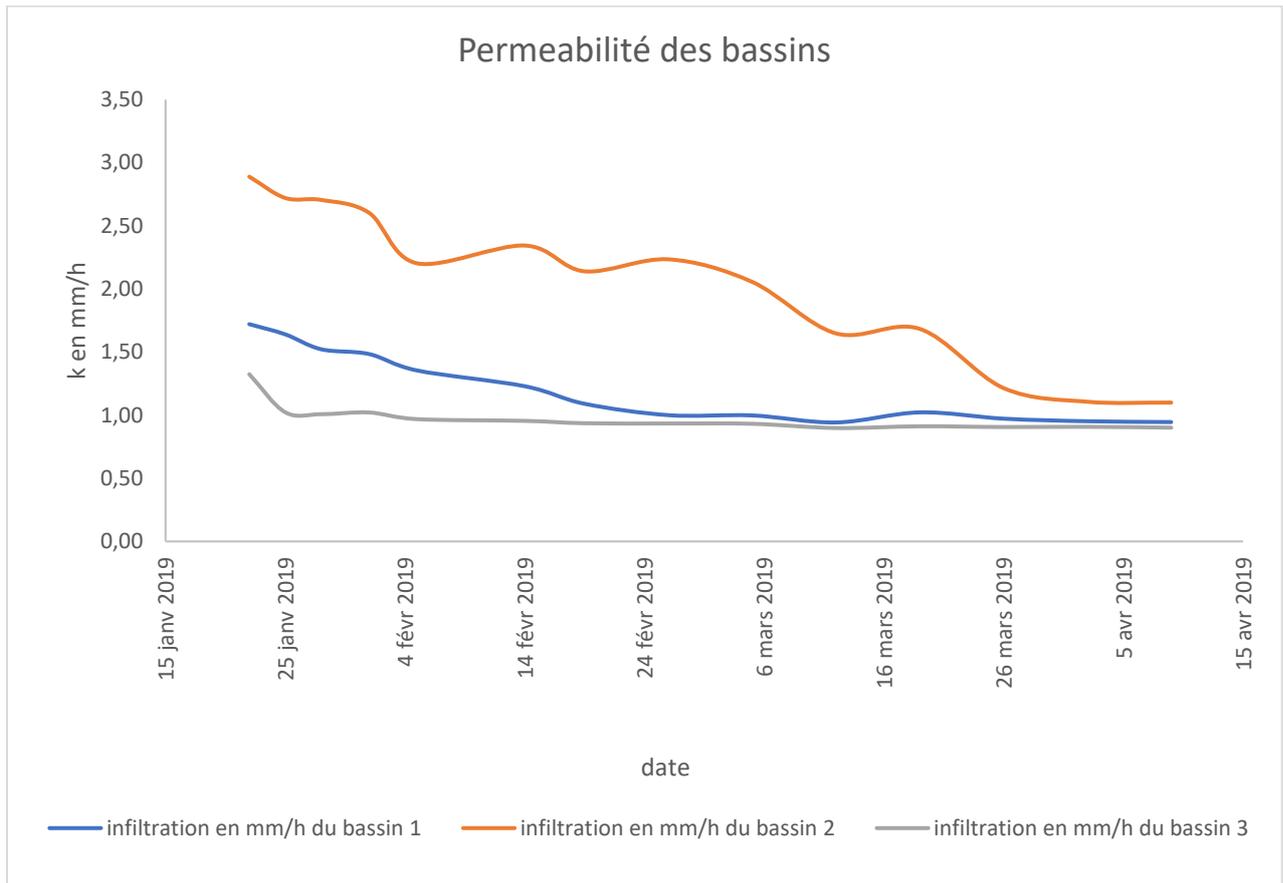


Figure 9: les courbes d'infiltration des bassins

La courbe de la perméabilité met en évidence la décroissance de la perméabilité des bassins du 22 janvier jusqu'au 26 mars soit 63 jours. Ensuite la variation devient très légère du 26 mars au 05 avril soit 10 jours. Enfin après cette date la variation devient presque constante et elles tendent toute vers la même valeur de 1 mm/h. Lorsque le sol est en contact avec l'eau, pendant que les pores se gorgent d'eau, l'infiltration est très élevée. Quand les pores sont remplis d'eau, la phase de saturation est atteinte et le coefficient de perméabilité appelée  $k_{sat}$  devient presque constant.

 Tableau VII: les valeurs de  $K_{sat}$  des bassins

Bassin	B1	B2	B3
$k_{sat}(mm/h)$	0,94	1,09	0,9
écartype	0,26	0,50	0,10

Le  $k_{sat}$  au niveau des bassins est de  $0.98 \pm 0.08$  mm/h soit  $23.52 \pm 1.92$  mm par jour et celle à la surface du sol est de  $0.21 \pm 0.05$  mm/h soit  $5.04 \pm 1.2$  mm/jour. Ainsi, en passant de la surface

du sol à une profondeur de 1.5 m la perméabilité s'accroît de 18.5 mm/jour soit environ 4 fois plus.

Cette percolation élevée au niveau des bassins est due au déblayage de surface qui enlève l'argile pour laisser place à des gravillons d'hématites. Le revêtement du bassin est donc très important pour diminuer les pertes en eaux.

L'analyse des perméabilités va orienter le choix de meilleur revêtement.

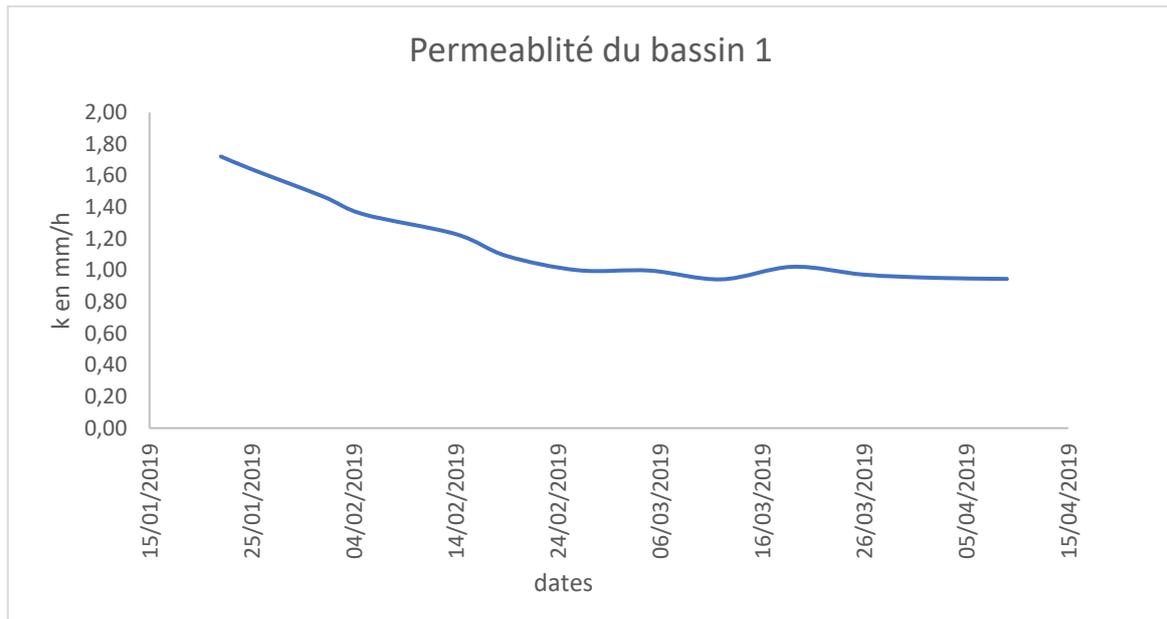


Figure 10: perméabilité du bassin 1

Pour la construction du bassin 1 des cailloux sauvages ont été posées sur les parois. Celles ci et le fond du bassin ont été recouvertes est en béton dosé à 250 kg de ciment pour 1 m<sup>3</sup> de béton. Ce bassin à subit la mise en eau 5 mois après sa construction. L'infiltration était à 1.8 mm/h au début de la mise en eau. Elle va décroître rapidement du 15 janvier au 22 mars soit 66 jours avant de commencer la stabilisation à 0.94 ±0.26 mm/h.

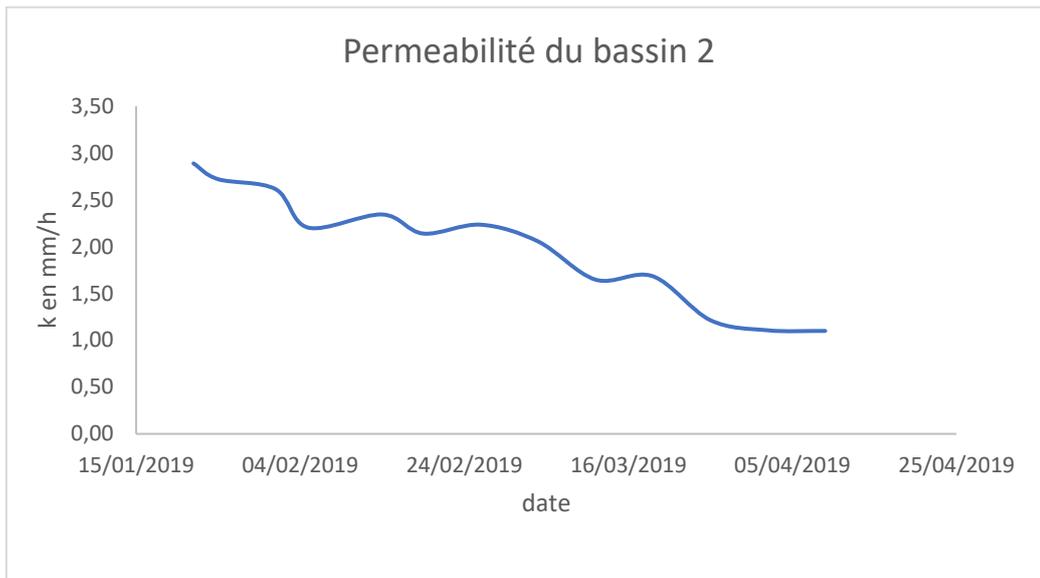


Figure 11: Perméabilité du bassin 2

Le bassin 2 a été construit de la même manière que le bassin 1. Mais celui-ci a été mis en eau 07 jours après la construction. L'infiltration du bassin 2 est de 2.89 mm/h. elle est plus élevée que celui du bassin 1. Elle a pris 62 jours pour se stabiliser à  $1.09 \pm 0.5$  mm/h, ce qui est largement supérieur au temps mis par le bassin 1.

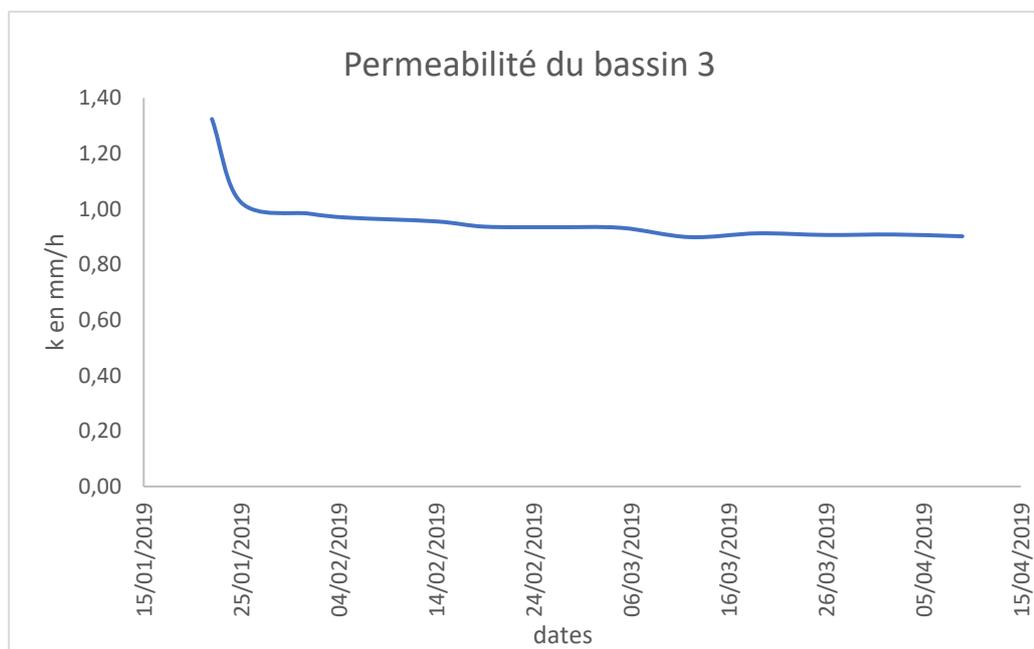


Figure 12: Perméabilité du bassin 3

Les techniques de construction du bassin 3 ont connu des améliorations comparativement aux deux autres. En effet, une couche de béton dosé à 250 kg de ciment pour 1 m<sup>3</sup> de béton a été appliquée sur les parois, avant de poser les moellons et recouvrir celle-ci à nouveau par du béton dosé à 250 kg de ciment pour 1 m<sup>3</sup> de béton. Le fond du bassin est également recouvert de béton. L'infiltration est de 1.32 mm/h au début de la mise en œuvre. Elle est faible par rapport à celles des deux autres bassins. De plus elle s'est stabilisée à 0.9± 0.1 mm/h rapidement en 10 jours. Cette perméabilité est aussi influencée par le dépôt des déchets de poisson et des restes de nourriture. Il existe des méthodes améliorées qui peuvent imperméabiliser les bassins. L'institut 2iE a proposé une méthode pour construire des bassins de rétention des eaux de ruissellement avec une faible perméabilité (Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE), 2017). De plus le bitume peut être utilisé comme imperméable. En effet le bitume a été utilisé historiquement pour imperméabiliser les bateaux. L'arche de Noé mentionné dans la bible en est un exemple. De nos jours il trouve son application dans l'imperméabilisation des bassins de rétention(S. Trudeau 2012).

### 5.3. Les caractéristiques de l'eau des bassins

#### 5.3.1 Le pH

Dans l'étang colonisé par les planctons, le pH s'élèvera avec l'oxygène de la photosynthèse durant le jour et s'abaisse durant la nuit avec dégagement de CO<sub>2</sub> par respiration. Les tilapias survivent à une large gamme de PH (3.5 à 10). Cependant les valeurs optimales vont de 6.5 à 9. Le PH de l'eau des bassins est resté dans la plage de 6.5 à 9 durant l'expérimentation.

*Tableau VIII: les valeurs de pH*

<b>PH des bassins mesuré grâce à l'outil HACH</b>			
<b>Dates</b>	<b>Bassin 1</b>	<b>Bassin 2</b>	<b>Bassin 3</b>
13 déc. 2018	7,39	8,85	8,54
17 déc. 2018	7,91	8,1	8,1
21 déc. 2018	8,37	8,31	8,21
15 janv. 2019	8,84	8,85	8,98
21 janv. 2019	8,9	8,95	9
5 févr. 2019	8,79	9,03	9,08
19 févr. 2019	7,42	8,01	8,35
26 févr. 2019	8,45	8,33	7,6
5 mars 2019	8,37	9,05	8,69
12 mars 2019	8,37	8,31	8,17
19 mars 2019	7,33	7,87	7,97
26 mars 2019	8,25	8,11	7,86
2 avr. 2019	8,52	8,72	8,68
9 avr. 2019	8,02	8,91	8,8
16 avr. 2019	8,32	8,41	8,56
23 avr. 2019	8,25	8,64	8,38

*Tableau IX: les valeurs moyennes du PH des bassins*

<b>Statistique</b>			
	<b>Bassin 1</b>	<b>Bassin 2</b>	<b>Bassin 3</b>
pH	8,21	8,53	8,43
écartype	0,43	0,38	0,39
Homogénéité	0,05	0,04	0,05
Max	8,9	9,05	9,08
Min	7,33	7,87	7,6

Les pH bas défavorisent le développement du phytoplanctons et zooplanctons. Tandis que le pH élevé augmente la toxicité de certains produits comme l'ammoniaque. Avec le nouveau système, le pH max des trois bassins est de 09,08 et le min est de 7.3. Ces pH sont compris dans la plage recommandée.

### 5.3.2 La température

Les valeurs optimales pour les tilapias sont de 28 à 32 °C. A moins de 22 °C la reproduction est compromise et à moins de 20 °c l'activité et l'alimentation du tilapia se réduise. L'alimentation s'arrête complètement à moins de 16 °c.

Tableau X: les valeurs de température des bassins

<b>Température en °c des bassins mesurés avec l'outil HACH</b>			
<b>DATES</b>	<b>Bassin 1</b>	<b>Bassin 2</b>	<b>Bassin 3</b>
13 déc. 2018	23,8	23,2	22,1
17 déc. 2018	23,3	23,2	29,9
21 déc. 2018	23,7	23,9	25,9
15 janv. 2019	26,7	25,6	26,9
21 janv. 2019	26	23,8	25,6
2 févr. 2019	28,1	28,4	28,3
19 févr. 2019	29,4	29,2	28,5
26 févr. 2019	27	26,5	25,4
5 mars 2019	30,3	30,9	29,3
12 mars 2019	26	27,4	27
19 mars 2019	31,2	30,5	29,7
26 mars 2019	31,3	31,8	32
2 avr. 2019	32,5	32,6	32,9
9 avr. 2019	31,4	31	30,8
16 avr. 2019	32,7	33,3	31,8
23 avr. 2019	32,6	32,6	31,6

Tableau XI: les valeurs moyennes de la température des bassins

	Bassin 1	Bassin 2	Bassin 3
Moyenne	27,91	27,71	28,16
écartype	2,69	2,91	2,30
Homogénéité	0,10	0,11	0,08
Max	32,5	32,6	32,9
Min	23,3	23,2	22,1

La température minimale des trois bassins au cours de l'étude est de 22.1 c. Les conditions de température sont donc favorables à l'élevage de tilapia.

### 5.3.3 La transparence

La transparence est due à l'abondance du plancton. Elle est appréciable grâce aux mesures obtenues avec le disque de Secchi. En effet, moins de 20 cm l'eau est trop turbide. Dans ce cas, de l'eau claire doit être ajoutée à l'étang en compensation d'une quantité à extraire pour diluer. L'indication d'eau en bonne condition est de 30 à 45 cm.

Tableau XII: les valeurs pour estimer la transparence des bassins

#### **La transparence mesurée en cm via le disque de sechhi**

Dates	Bassin 1	Bassin 2	Bassin 3
12 mars 2019	35	45	35
19 mars 2019	40	45	35
26 mars 2019	40	30	30
2 avr. 2019	35	45	35
9 avr. 2019	35	40	35
16 avr. 2019	30	30	25
23 avr. 2019	30	45	30

Tableau XIII: les valeurs moyennes du disque de Secchi des bassins

Statistique			
	Bassin 1	Bassin 2	Bassin 3
Moyenne	35,00	41,43	32,14
ecartype	2,86	6,53	3,27
Homogénéité	0,08	0,16	0,10
Max	40	50	35
Min	30	30	25



Photo 9 : a : bassin envahit par les plancton, b : les planctons

Les conditions de transparence et de turbidité sont vérifiées pendant l'expérience.

#### 5.3.4 L'oxygène dissoute

L'oxygène est un élément vital pour les poissons. Son étude va permettre d'apprécier l'influence du système d'envoi d'air sur l'eau.

Tableau XIV: mesures de l'oxygène dissoute du bassin 1 pendant 12 mn

Temps en hh:mm	Oxygène dissoute en mg/l	Variation d'oxygène
11:14	5,81	0
11:20	4,8	-1,01
11:23	4,92	0,12
11:26	5,14	0,22
11:30	5,35	0,21

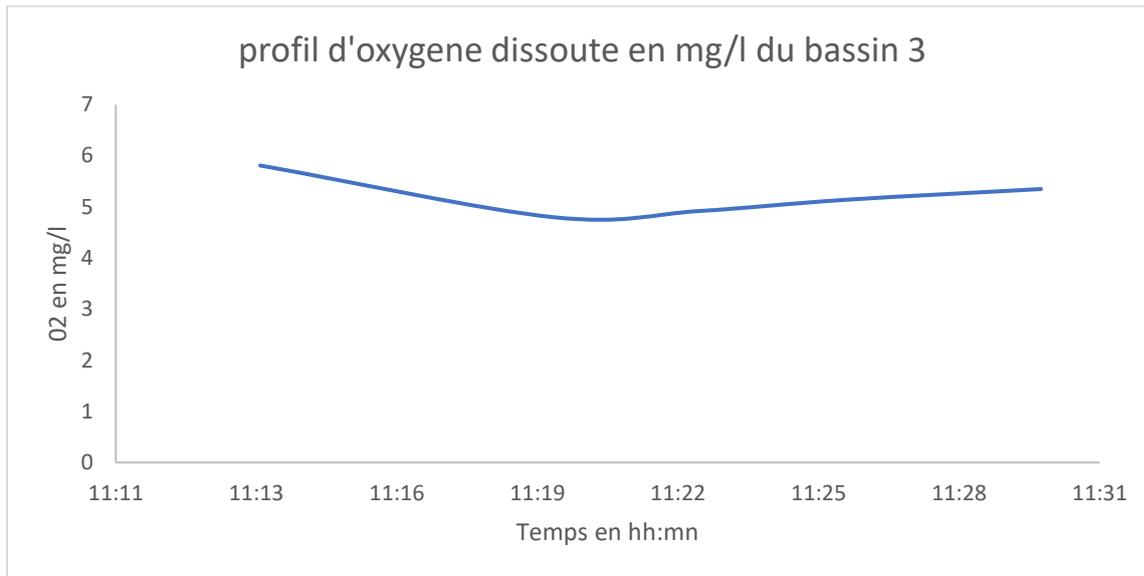


Figure 13: profil de l'oxygène dissout du bassin 3

La quantité d'oxygène décroît faiblement et à 11 h 23 elle croît légèrement. La croissance est de 0.2 mg/l pour des pas de 3 mn. Les quantités d'oxygènes dissouts sont comprises entre 6 et 4 mg/l.

Tableau XIV: mesures de l'oxygène dissoute du bassin 1 pendant 12 mn

Temps en hh:mm	Oxygène dissoute en mg/l	Variation d'oxygène dissoute
10:47	7,13	0
10:50	6,54	-0,59
10:51	Démarrage du compresseur	
10:53	6,58	0,04
10:56	9,04	2,46
10:59	11,02	1,98

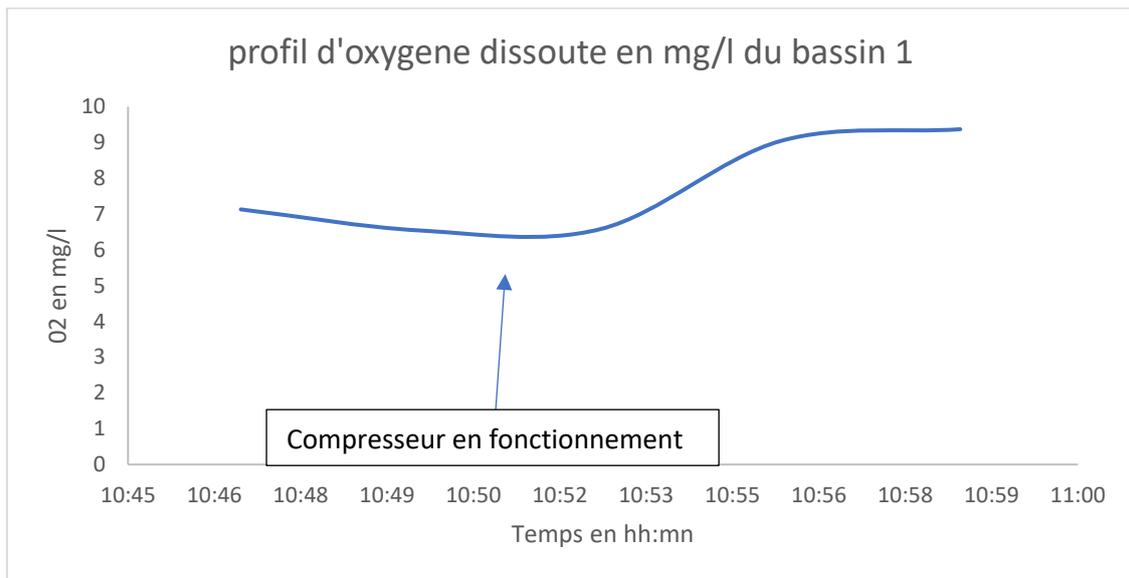


Figure 14: profil de l'oxygène dissout du bassin 1

On constate que la quantité d'oxygène dissout décroît jusqu'à 10 h 51. Lorsque le compresseur démarre cette quantité va augmenter. Sur des pas de 03 mn, la croissance de la quantité d'oxygène est autour de 2 mg/l. les valeurs d'oxygène dissout dans ce bassin varient de 6 à 11 mg/l.

Tableau XV: mesures de l'oxygène dissoute du bassin 2 pendant 17 mn

temps en hh:mm	Oxygène dissoute en mg/l	Variation d'oxygène dissoute
11:55	8,23	0
12:00	7,02	-1,21
12:03	Démarrage du compresseur	
12:06	7,42	0,4
12:09	10,11	2,69
12:12	12,45	2,34

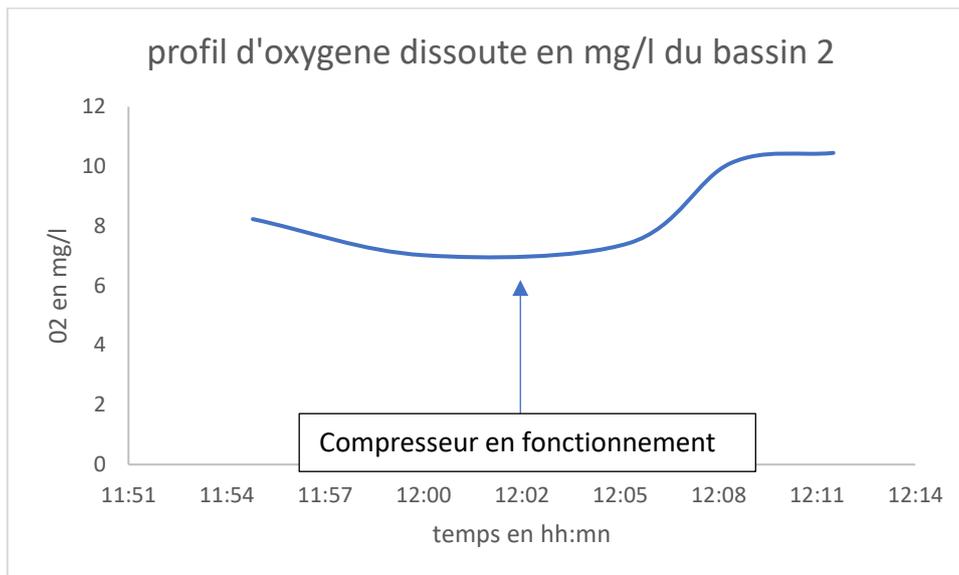


Figure 15: Profil d'oxygène dissoute du bassin 2

La quantité d'oxygène dissout baisse jusqu'à 12 h 03. Au démarrage du compresseur la quantité d'oxygène subit une montée. Pour un pas de 03 mn elle varie autour de 2 mg/l. les valeurs d'oxygène dissoute sont comprises de 7 à 12 mg/l.

Pour une même durée de 3 mn, le bassin 3 connaît une croissance de 0.22 mg/l tandis que les bassins 1 et 2 présentent des variations de 2.4 et 2.6 mg/l. L'apport en oxygène dissout des bassins munis du système est 11 à 12 fois plus élevé que le bassin témoin. De plus les quantités d'oxygène dissout des bassins 1 et 2 sont comprises entre 6 et 12 mg/l tandis que le bassin témoin présente des valeurs d'oxygène dissout variant de 4 à 5 mg/l. La quantité d'oxygène est plus abondante dans l'eau des bassins munis du système que dans le bassin témoin.

La quantité d'oxygène dissout dans le bassin 3 démunie du système d'envoi d'air présente une légère croissance en quantité d'oxygène. Cet oxygène dissout est produit par la photosynthèse des planctons. Les bassins 1 et 2 munis du système d'envoi d'air bénéficient en plus de l'oxygène produit par les planctons, l'oxygène dissout artificiel ajouté par le compresseur.

Le risque avec la méthode naturelle sans envoi d'air est qu'en cas de temps nuageux il n'y a pas de photosynthèse donc pas de production d'oxygène. De plus la nuit, ces planctons consomment l'oxygène au lieu d'en produire. Donc si la quantité d'oxygène dans l'eau n'est pas suffisante pour nourrir les poissons et les planctons jusqu'au lever du soleil alors les poissons vont mourir : c'est le boom plancton.

Le système d'envoi d'oxygène, en plus de garantir l'abondance d'oxygène, met les poissons dans les meilleures conditions permettant à la pisciculture d'être indépendant vis-à-vis de

l'ensoleillement et aussi il permet de réduire les vidanges d'eau afin de jauger la quantité de plancton.

## VI. Conclusion et perspective

En conclusion, il ressort tout d'abord que le revêtement des bassins a une grande influence sur l'infiltration de l'eau. Les trois bassins proposés ont été construits différemment. Le bassin 3 présente de meilleurs résultats. Cette propriété est obtenue grâce aux techniques de construction utilisées ; une couche de béton dosé à 250 kg de ciment pour 1 m<sup>3</sup> de béton a été appliquée sur les parois, avant de poser les moellons et recouvrir celle-ci à nouveau par du béton dosé à 250 kg de ciment pour 1 m<sup>3</sup> de béton. Le fond du bassin est également recouvert de béton. L'infiltration est aussi influencée par le dépôt des déchets de poissons et les restes de nourriture au fond des bassins. Il existe d'autres techniques de construction qui fournissent de très bons résultats. Les bassins peuvent aussi être imperméabilisés par du bitume (S. Trudeau 2012).

Ensuite la quantité d'oxygène dissout est plus abondante dans les bassins munis du système d'envoi d'air que dans le bassin témoin. Ainsi ce système permet aux poissons d'être dans de meilleures conditions d'oxygénation et à la pisciculture d'être indépendante de l'ensoleillement. De plus il permet d'éviter le boom plancton tout en économisant l'eau piscicole.

Enfin la détermination des paramètres hydrauliques permet de s'assurer que le milieu est propice à la vie des poissons. Le pH, la température, la transparence et l'oxygène dissout ont été continuellement mesurés, pendant les 06 mois d'expérimentation. Ces paramètres sont tous dans la plage recommandée pour une bonne pisciculture. En effet pour le PH la valeur est comprise de 6.5 à 9, la température présente des valeurs couvrant la plage de 28 à 32 °c et la transparence varie toujours entre 30 à 45 cm (S. Bouda et E. Chang 2009).

## VII. Recommandation

Les pertes d'eau par infiltration sont des contraintes majeures de la pisciculture au Burkina Faso. Une technique de construction de bassin réduisant considérablement l'infiltration a été proposée. Il existe une autre méthode qui a été proposée par le département hydraulique de 2iE et qui est en cour d'expérimentation sur le site. Cette méthode a pour but d'imperméabiliser le bassin à l'aide du bitume couramment appelé goudron.

Il est recommandé d'élever les poissons de même sexe afin d'éviter la reproduction pendant l'étude dans le but de mieux suivre l'évolution de leur poids et ainsi déduire l'impact du nouveau système sur l'accroissement de ces derniers. Cette recommandation s'applique aussi aux éleveurs qui se lancent dans la pisciculture afin de leur permettre de maîtriser l'accroissement avant d'intégrer la phase de reproduction qui est très complexe.

Il serait intéressant d'approfondir les recherches sur l'impact de l'eau piscicole sur la fertilisation des sols agricole.

## VIII. BIBLIOGRAPHIE

- A. Keita, H. Yacouba, L. G. Hayde, et B. Schultz. 2014. « Comparative non-linear regression - case of infiltration rate increase from upstream in valley », avril 2014.
- . s. d. « Revue du secteur des pêches de l'aquaculture : Burkina Faso ».
- Département des pêches. 2016. « Manuel pour le développement de la pisciculture à Madagascar ». In Archives de documents de la FAO.
- Direction promotion et facilitation des investissements, et api mali. s. d. « sous secteur élevage et pêche ».
- É. Lacroix. 2014. *Pisciculture en zone tropicale*. Vol. 231. GFA Terra Sysrem.
- « FAO: Formulation et préparation /production des aliments ». s. d. Consulté le 17 mai 2019. <http://www.fao.org/fishery/affris/profil-des-especes/nile-tilapia/formulation-et-preparation-production-des-aliments/fr/>.
- F. Tech, et Doc.Vulg. 2008. « Comment formuler et fabriquer des aliments artificiels pour la pisciculture ». 2008. <http://www.fao.org/3/t8655f/t8655f04.htm>.
- Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE). s. d. « projet "irrigation de complément et information climatique: de la recherche au renforcement des capacités d'adaptation institutionnelles et communautaires au sahel" ».
- J. Bard, P. de Kimpe, J. Lemasson, et P.Lessent. 1974. *Pisciculture tropicale*. Centre technique forestiertropical.
- Jérôme LAZARD, Yves LECOMTE, Bozenas STOMAL, et Jean Yves WEIGEL. 1991. *Pisciculture en Afrique subsaharienne*. ministère de la coopération et du développement.
- J. P. Marquet. 2014. « Manuel de pisciculture semi-intensive ». PRODEFA.
- L. Dabbadie. 1996. « Etude de la viabilité d'une pisciculture rurale à faible niveau d'intrant dans le centre ouest de la côte d'ivoire : approche du réseau tropique ». Paris: PARIS 6.
- Liestar, carlos. 1984. « l'élevage du tilapia nolutica ».
- Ministère de l'élevage et de la pêche du Mali. 2001. projet d'appui au développement de la pêche continentale. BAD. MALI.
- N. Brah, M. F. Houndonougou, et S. Issa. 2015. « Étapes et méthodes de formulation d'aliments de volaille : une synthèse bibliographique ».

- S. Bouda, et E. Chang. 2009. *Manuel des opérations d'écloserie du Tilapia du nil*. 1<sup>re</sup>éd. Emergence Consulting Afrik SARL.
- S. Trudeau. 2012. *Introduction aux bitumes*. Bitume de Ouébec.
- SOGANSA Noudéhou Yves. 2014. « Caractérisation des trous traditionnels à poissons du haut delta de l'Ouémé au Bénin : Typologie, fonctionnement, biodiversité et productivité ». Bobo Dioulasso : polytechnique de Bobo Dioulasso.
- Y. Fermon. 2010. *La pisciculture de subsistance en étangs en Afrique : manuel technique*.

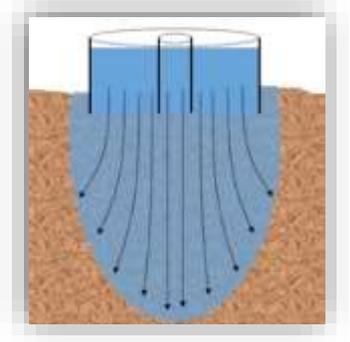
## IX. ANNEXES

ANNEXE 1: détermination du ksat du sol .....	39
ANNEXE 2: détermination de la perméabilité des bassins.....	43
ANNEXE 3: les paramètres hydrauliques.....	49
ANNEXE 4: budget du projet .....	54
ANNEXE 5: tableau des aliments recommandés pour l'alimentation des poissons .....	56

## ANNEXE 1: détermination du $k_{sat}$ du sol

### 1-Principe de la méthode

Deux anneaux concentriques doivent être enfoncés à environ 15 cm, et le niveau d'eau dans ces anneaux doit être égal. L'eau contenu dans l'anneau intérieur s'infiltrate verticalement et celle dans l'anneau extérieur permet d'éviter la divergence pendant l'infiltration. C'est donc la variation de l'eau de l'anneau intérieur qui sera mesurée car elle est unidirectionnelle pour la déduction de la conductivité hydraulique du sol.



### 2-Matériels utilisés

La mesure de la perméabilité du sol avec les anneaux de Muntz nécessite :

- Les deux anneaux de Muntz
- Un seau d'eau
- Un marteau
- Un niveau
- Une règle graduée
- Un chronomètre



### 3-Détermination des points de mesure

A l'aide d'un quadrillage équidistant, six points équidistants de 8 m ont été choisis. Les mesures seront menées sur ces six points et la statistique sera mis en application pour déterminer l'uniformité du sol et le  $K_{sat}$  du sol.



## 4-Application de la méthode sur le site

La mise en place du matériel joue un rôle important dans la qualité des données en ce qui concerne la mesure de la perméabilité. Le petit anneau de Muntz doit être bien centré à l'intérieur du grand anneau appelé anneau de protection. Ces deux anneaux sont enfoncés à l'aide du marteau à environ 15 cm de profondeur. L'horizontalité des anneaux doit être vérifiées à l'aide du niveau. Une règle graduée est placée à l'intérieur du petit anneau pour mesurer la variation de l'eau en fonction du temps à l'aide du chronomètre



## 5-resultat des mesures

Temps en mn	Hauteur d'eau en cm							
	Point 1	Point 2	Point 3	Point 4	Point 5	Point 6	Point 7	Point 8
0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	1	0,5	0,7	0,5	0	0,5	0,2	1,5
20	2	1	1	0,7	0	1	0,5	3
30	2,5	1,2	1,4	0,8	0	1,3	0,9	3
50	2,7	1,3	1,6	0,9	1	2,5	1,2	3,3
70	3	1,5	1,9	1	2	3,25	1,4	3,6
90	3,3	1,8	2,2	1,1	3	3,4	1,7	3,65
120	3,7	1,9	2,5	1,2	3	4	2,1	3,7
150	4	2,1	2,7	1,3	3	4,2	2,4	3,8
180	4,5	2,3	2,9	1,5	4	4,3	2,7	3,9
220	4,5	2,4	3	1,6	4	4,55	3	3,95
260	4,7	2,5	3,1	1,8	5	4,65	3,3	4,1
300	5	2,5	3,1	1,8	5	4,75	3,5	4,2
350	5,1				5	5	3,8	4,25
400	5,2				6	5,1	4,1	4,35
450	5,2				6	5,15	4,3	4,45

510	5,3				7		4,6	
570					7			
630					7			

## 5-Traitement des données et présentation des résultats

Les mesures ont été réalisées sur une durée d'environ 5 h. les données ont été traitées avec les logiciels suivants :



À l'aide de Minitab les ksats des points ont été déduits, résumés dans le tableau :

Anneau de muntz	1	2	3	4	5	6	7	8
Ksat	0,25	0,24	0,21	0,23	0,23	0,1	0,31	0,14
Ecart	0,038	0,035	0,05	0,01	0,25	0,05	0,02	0,01

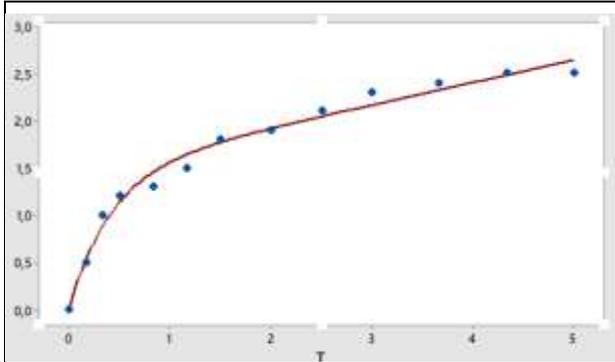
Les résultats des Ksat sont acceptables car les écarts d'erreur sont faibles.

À l'aide Excel l'uniformité du sol a été vérifiée en appliquant la statistique.

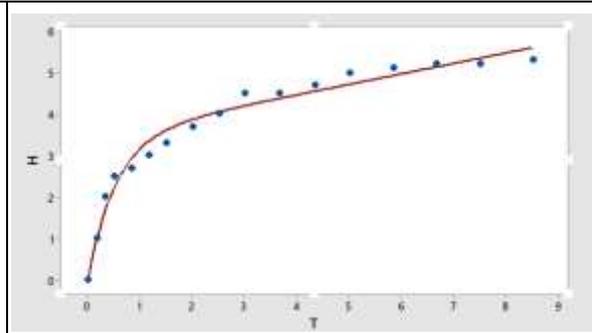
Ecartype	0,0478125
Moyen	0,21
Homogénéité	22%

L'uniformité est très faible donc le site est homogène avec un ksats de 0.21 mm/h

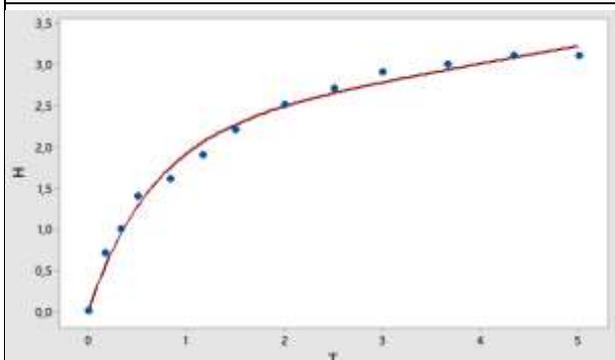
Les courbes obtenus via Minitab :



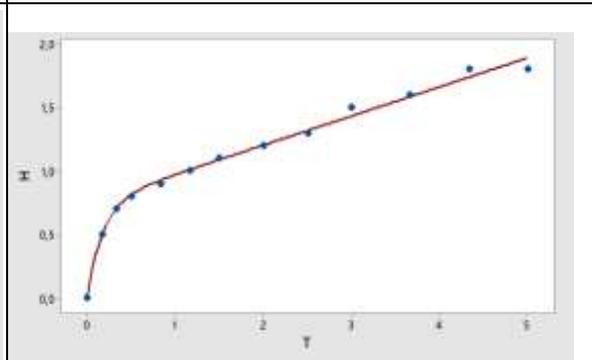
Courbe d'infiltration du point 1



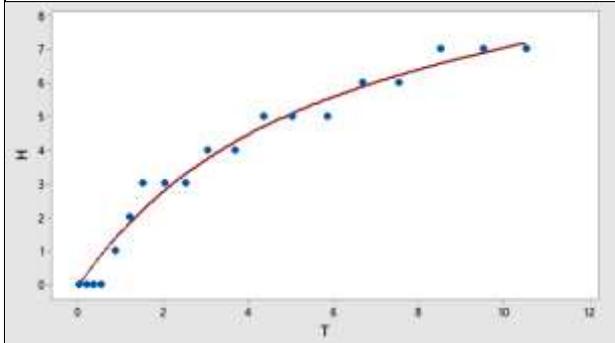
Courbe d'infiltration du point 2



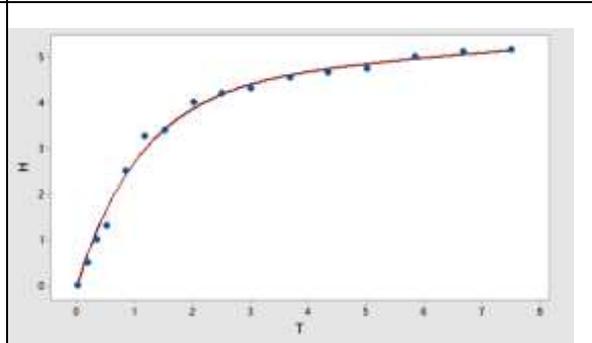
Courbe d'infiltration du point 3



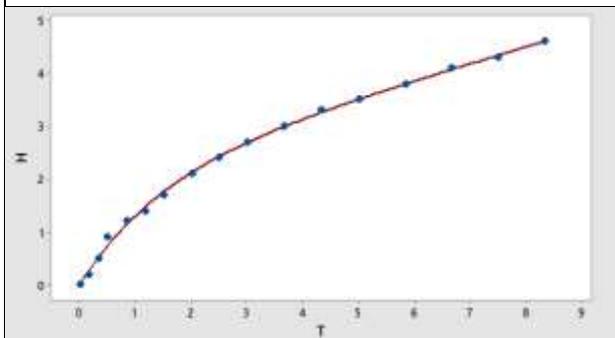
Courbe d'infiltration du point 4



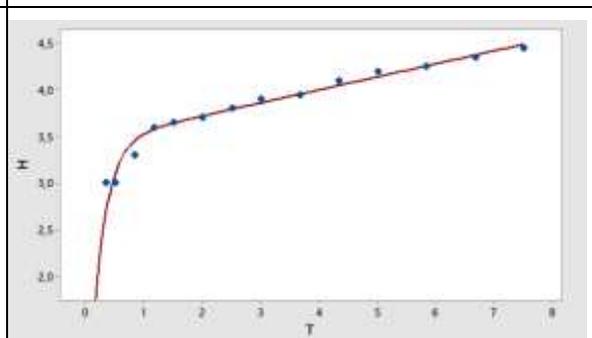
Courbe d'infiltration du point 5



Courbe d'infiltration du point 6



Courbe d'infiltration du point 7



Courbe d'infiltration du point 8

*ANNEXE 2: détermination de la perméabilité des bassins***1. Mesures des quantités d'eau cumulée des bassins**

La quantité d'eau apportée à chaque bassin a été mesurée hebdomadairement à l'aide des débitmètres. Le tableau présente les résultats obtenus :

Dates	Quantité d'eau cumulée du bassin 1 en m <sup>3</sup>	Quantité d'eau cumulée du bassin 1 en m <sup>3</sup>	Quantité d'eau cumulée du bassin 1 en m <sup>3</sup>
15 janv. 2019	145	152	145
22 janv. 2019	230	290	212
25 janv. 2019	265	346	235
28 janv. 2019	295	399	255
1 févr. 2019	336	469	284
5 févr. 2019	373	528	311
14 févr. 2019	452	672	374
19 févr. 2019	491	745	408
26 févr. 2019	538	848	452
5 mars 2019	585	943	496
12 mars 2019	631	1021	540
19 mars 2019	679	1099	583
26 mars 2019	725	1156	626
2 avr. 2019	769	1207	668
9 avr. 2019	815	1260	712

**2. Mesure de l'évaporation**

Un bac à évaporation de type classe A est placé sur le site. L'évaporation est toutes les semaines et les données sont consignées dans le tableau :

**L'évaporation en mm via le bac à évaporation**

Dates	Évaporation(mm/semaine)	Évaporation (mm/h)
15 janv. 2019	5	0,030
22 janv. 2019	11	0,153
25 janv. 2019	11,5	0,160
28 janv. 2019	4	0,021
5 févr. 2019	7	0,097
8 févr. 2019	10,5	0,073
14 févr. 2019	15	0,125
19 févr. 2019	19	0,113
26 févr. 2019	6	0,018
12 mars 2019	12	0,071
19 mars 2019	6	0,036
26 mars 2019	7	0,042
2 avr. 2019	3	0,018
9 avr. 2019	11,5	0,068



### 3. Détermination de l'infiltration au niveau des bassins

A l'aide de Excel la quantité d'eau cumulée et l'évaporation ont été utilisés pour déduire l'infiltration au niveau des bassins. La méthode de calcul utilisée est la suivante :

$$\text{Pertes d'eau en m}^3 P_{(m3)} = q^2 - q^1$$

Avec  $q^1$  et  $q^2$  les valeurs lues sur le débitmètre respectivement le jour 1 et le jour 7.

$$\text{Pertes d'eau en mm/h } P_{(mm/j)} = \frac{P_{(m3)}}{S_e} * 1000$$

Avec  $S_e$  la surface de l'étang en  $m^2$

- Les pertes par évaporation s'obtiennent à l'aide du bac à évaporation

$$\text{Perte par évaporation } P_{\text{evap}} = H_{2\text{bac}} - H_{1\text{ bac}}$$

Avec  $H_{1\text{ bac}}$  et  $H_{2\text{bac}}$  les hauteurs d'eau en mm lu sur le bac à évaporation respectivement le jour 1 et le jour 2

- L'infiltration de l'étang est déduite en soustrayant les pertes dû à l'évaporation dans les pertes d'eau

$$\text{Perte d'eau du à l'Infiltration } P_{\text{infil}} \text{ (mm/j)} = P_{(mm/j)} - P_e$$

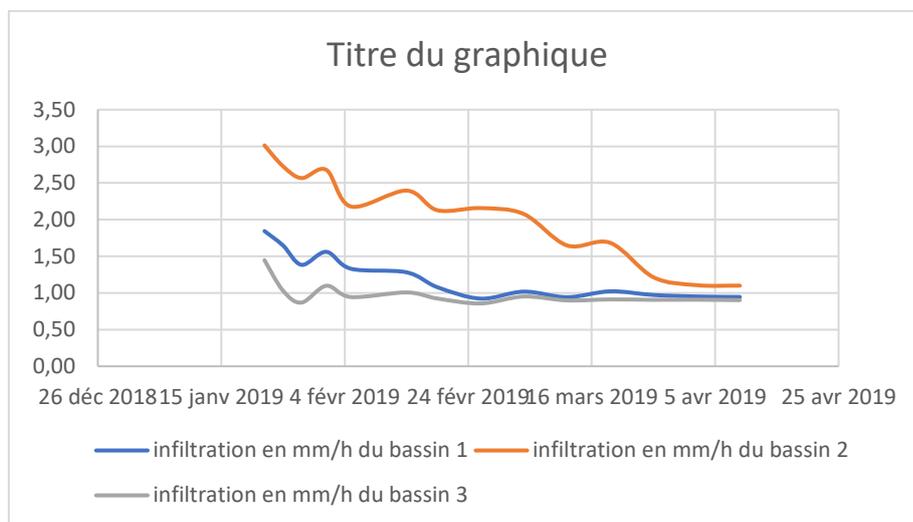
$$\text{Perte d'eau du à l'infiltration en mm/h } P_{\text{infil}} \text{ (mm/h)} = P_{\text{infil}} \text{ (mm/j)} / 24$$

Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau suivant :

**Infiltration des bassins en mm/h**

Dates	Quantité d'eau cumulée du bassin 1 en m3	Quantité d'eau cumulée du bassin 2 en m3	Quantité d'eau cumulée du bassin 3 en m3	Volume d'eau disparue dans bassin 1 (m3)	Volume d'eau disparue dans bassin 2 (m3)	Volume d'eau disparue dans bassin 3 (m3)	Pertes du bassin 1 en mm/h	Pertes du bassin 2 en mm/h	Pertes du bassin 3 en mm/h	Évaporation en mm/h du site	Infiltration en mm/h du bassin 1	Infiltration en mm/h du bassin 2	Infiltration en mm/h du bassin 3
15 janv. 2019	145	152	145	145	161	145	ve disp/(s*t*24)*100						
22 janv. 2019	230	290	212	85	138	67	1,87	3,04	1,48	0,03	1,84	3,01	1,45
25 janv. 2019	265	346	235	35	56	23	1,80	2,88	1,18	0,15	1,65	2,73	1,03
28 janv. 2019	295	399	255	30	53	20	1,54	2,73	1,03	0,16	1,38	2,57	0,87
1 févr. 2019	336	469	284	41	70	29	1,58	2,70	1,12	0,02	1,56	2,68	1,10
5 févr. 2019	373	528	311	37	59	27	1,43	2,28	1,04	0,10	1,33	2,18	0,94
14 févr. 2019	452	672	374	79	144	63	1,35	2,47	1,08	0,07	1,28	2,40	1,01
19 févr. 2019	491	745	408	39	73	34	1,20	2,25	1,05	0,13	1,08	2,13	0,92
26 févr. 2019	538	848	452	47	103	44	1,04	2,27	0,97	0,11	0,92	2,16	0,86
5 mars 2019	585	943	496	47	95	44	1,04	2,09	0,97	0,02	1,02	2,08	0,95
12 mars 2019	631	1021	540	46	78	44	1,01	1,72	0,97	0,07	0,94	1,65	0,90
19 mars 2019	679	1099	583	48	78	43	1,06	1,72	0,95	0,04	1,02	1,68	0,91
26 mars 2019	725	1156	626	46	57	43	1,01	1,26	0,95	0,04	0,97	1,21	0,91
2 avr. 2019	769	1207	668	44	51	42	0,97	1,12	0,93	0,02	0,95	1,11	0,91
9 avr. 2019	815	1260	712	46	53	44	1,01	1,17	0,97	0,07	0,95	1,10	0,90

Des courbes d'infiltration des bassins ont été tracées afin de mettre en évidence la perméabilité de chacun d'eux.



Bassin	B1	B2	B3
ksat(mm/h)	0,94	1,09	0,9
écartype	0,26	0,50	0,10

### *ANNEXE 3: les paramètres hydrauliques*

A l'aide des outils adaptés, les paramètres hydrauliques ont été mesurés. Ces mesures se font de façon aléatoire pour minimiser les erreurs dues à l'appareil de mesure. Pour assurer cette mesure aléatoire le logiciel DOE Run Order a été utilisé.

#### 1. Le PH

A l'aide du PH-mètre HACH, le PH de chaque bassin a été mesuré toutes les semaines.

##### **Ph des bassins mesuré grâce à l'outil HACH**

Dates	Bassin 1	Bassin 2	Bassin 3
13 déc. 2018	7,39	8,85	8,54
17 déc. 2018	7,91	8,1	8,1
21 déc. 2018	8,37	8,31	8,21
15 janv. 2019	8,84	8,85	9,55
21 janv. 2019	8,9	8,95	9,34
5 févr. 2019	8,79	9,03	9,62
19 févr. 2019	7,42	8,01	8,35
26 févr. 2019	8,45	8,33	7,6
5 mars 2019	8,37	9,05	8,69
12 mars 2019	8,37	8,31	8,17
19 mars 2019	7,33	7,87	7,97
26 mars 2019	8,25	8,11	7,86
2 avr. 2019	8,52	8,72	8,68
9 avr. 2019	8,02	8,91	8,8
16 avr. 2019	8,32	8,41	8,56
23 avr. 2019	8,25	8,64	8,38

	Bassin 1	Bassin 2	Bassin 3
Ecartype	0,43	0,38	0,50
Moyenne	8,21	8,53	8,53
Homogénéité	0,05	0,04	0,06
Max	8,9	9,05	9,62
Min	7,33	7,87	7,6

## 2. La température

Le PH-mètre HACH utilisé pour mesurer le pH, mesure aussi la température. Ces données ont été collectées et consignées dans le tableau.

<b>Température en °c des bassins mesurés avec l'outil HACH</b>
--

DATES	Bassin 1	Bassin 2	Bassin 3
13 déc. 2018	23,8	23,2	22,1
17 déc. 2018	23,3	23,2	29,9
21 déc. 2018	23,7	23,9	25,9
15 janv. 2019	26,7	25,6	26,9
21 janv. 2019	26	23,8	25,6
2 févr. 2019	28,1	28,4	28,3
19 févr. 2019	29,4	29,2	28,5
26 févr. 2019	27	26,5	25,4
5 mars 2019	30,3	30,9	29,3
12 mars 2019	26	27,4	27
19 mars 2019	31,2	30,5	29,7
26 mars 2019	31,3	31,8	32
2 avr. 2019	32,5	32,6	32,9
9 avr. 2019	31,4	31	30,8
16 avr. 2019	32,7	33,3	31,8
23 avr. 2019	32,6	32,6	31,6

Statistique

	Bassin 1	Bassin 2	Bassin 3
Ecartype	2,69	2,91	2,30
Moyenne	27,91	27,71	28,16
Homogénéité	0,10	0,11	0,08
Max	32,5	32,6	32,9
Min	23,3	23,2	22,1

### 3. La transparence

A l'aide du disque de secchi, la transparence a été mesurée, tous les mardis. Les données recueillies sont consignées dans le tableau.

**La transparence mesurée en cm via le disque de secchi**

Dates	Bassin 1	Bassin 2	Bassin 3
Mardi, le 12 mars 2019	35	45	35
Mardi, le 19 mars 2019	40	50	35
Mardi, le 26 mars 2019	40	30	30
Mardi, le 2 avril 2019	35	50	35
Mardi, le 9 avril 2019	35	50	35
Mardi, le 16 avril 2019	30	50	25
Mardi, le 23 avril 2019	30	60	30

Statistique

	Bassin 1	Bassin 2	Bassin 3
--	----------	----------	----------

Ecartype	2,86	5,92	3,27
Moyenne	35,00	47,86	32,14
Homogénéité	0,08	0,12	0,10
Max	40	60	35

## 6. l'oxygène dissoute

Grâce à l'oxymètre HACH la quantité d'oxygène dissout de chaque bassin a été mesurée pendant 15 mn. Ces données permettent de tracer des profils d'oxygène dissout et d'apprécier son impact.

### Bassin 1

Temps en hh:mm	Oxygène dissoute en mg/l	Variation d'oxygène dissoute
10:47	7,13	0
10:50	6,54	-0,59
10:51	Démarrage du compresseur	
10:53	6,58	0,04
10:56	9,04	2,46
10:59	11,02	1,98

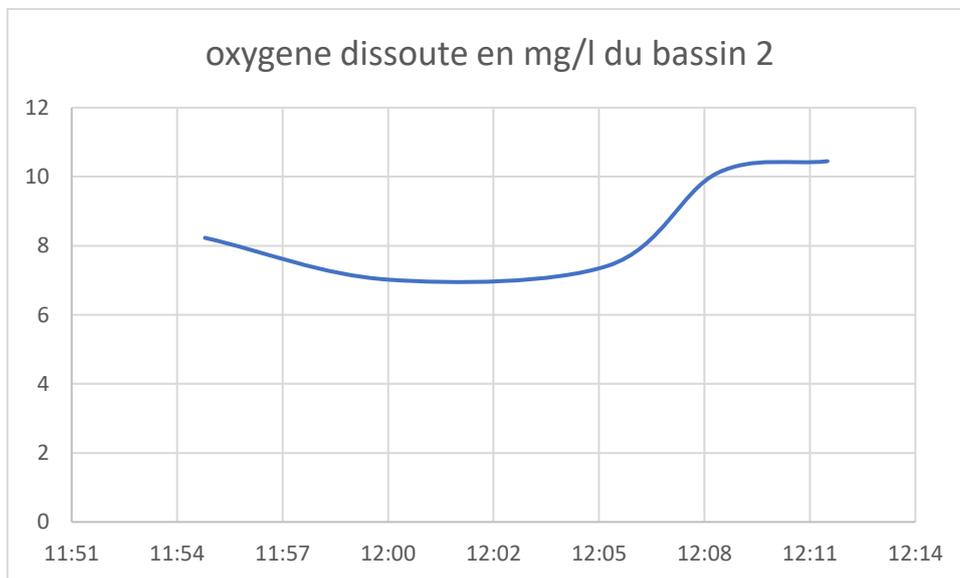
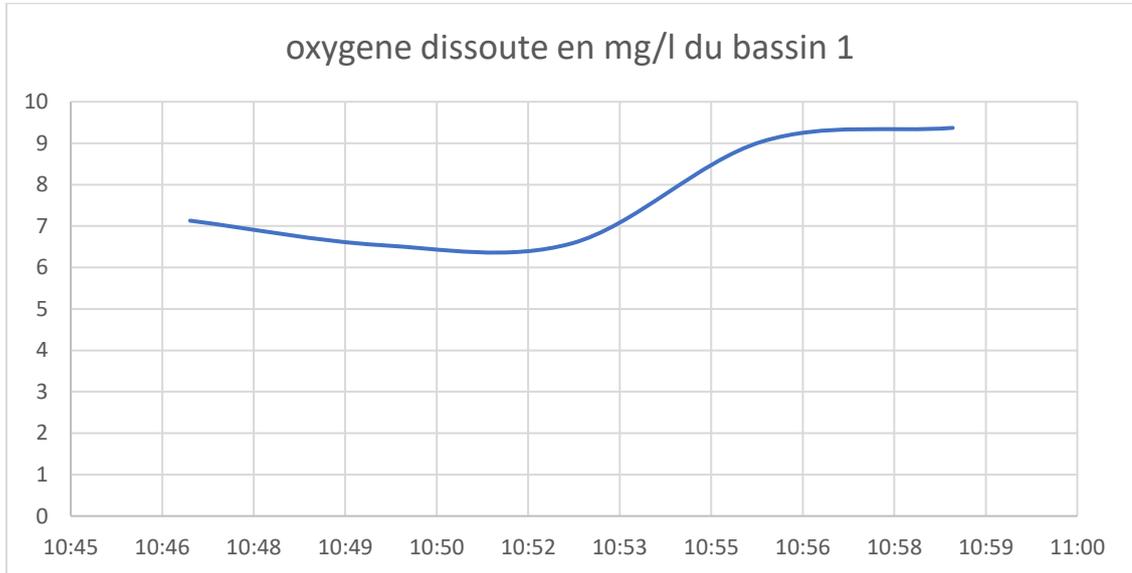
### Bassin 2

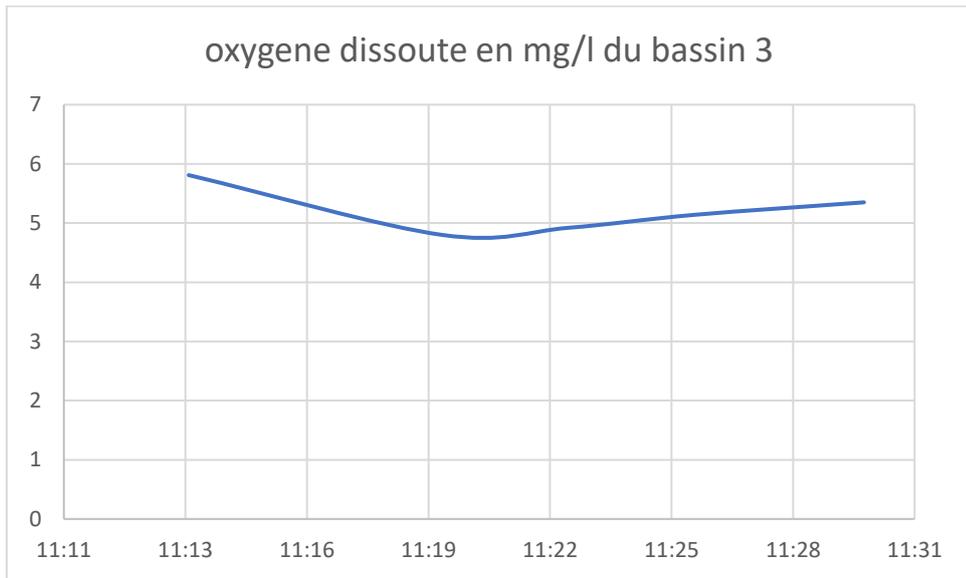
Temps en hh:mm	Oxygène dissoute en mg/l	Variation d'oxygène dissoute
11:55	8,23	0
12:00	7,02	-1,21
12:03	démarrage du compresseur	
12:06	7,42	0,4
12:09	10,11	2,69
12:12	12,45	2,34

### Bassin 3

Temps en hh:mm	Oxygène dissoute en mg/l	Variation d'oxygène
11:14	5,81	0

11:20	4,8	-1,01
11:23	4,92	0,12
11:26	5,14	0,22
11:30	5,35	0,21





*ANNEXE 4: budget du projet*

Matériaux/services	QUANTI TE	UNIT E	PRIX UNITAIRE	PRIX	Fournisseur	Contact
<b>Aménagement du site</b>						
<b>Conduite d'air</b>	5	6 m	1750	8 750 CFA	Entreprise QFC	784341 50
<b>Conduite d'eau</b>	10	6 m	1750	17 500 CFA	Entreprise QFC	784341 50
<b>Circuit d'électricité</b>	100	m	Ff	25 000 CFA	Entreprise QFC	784341 50
<b>Compresseur</b>	1	Unit	100000	100 000 CFA	E. Ouédraogo & frères	781082 45
<b>Pompe de vidange</b>	3	Unit	35000	105 000 CFA	hage matériaux	
<b>Compteurs</b>	3	unit	12000	36 000 CFA	Entreprise QFC	784341 50
<b>Vanne</b>	9	unit	1750	15 750 CFA	Entreprise QFC	784341 50
<b>Joints</b>	10		1000	10 000 CFA	Entreprise QFC	784341 50
<b>Coude</b>	50	unit	200	10 000 CFA	Entreprise QFC	784341 50
<b>Micro asperseur</b>	25	unit	650	16 250 CFA	irrifaso	788787 00
<b>Achats joints pour débitmètre</b>	6	unit	2500	15 000 CFA	Boutique à Iarlé	609608 82
<b>Accessoire des émetteurs d'air</b>	30	unit	200	6 000 CFA		
<b>Construction bassins</b>	3	unit	150000	375 000 CFA		
<b>Achat de poissons</b>	190	unit	150	28 500 CFA		
<b>transport poissons</b>	1		Ff	15 000 CFA		
<b>sous total 1</b>				<b>783 750 CFA</b>		
<b>achat et mise en place des outils</b>						
<b>Disque de secchi</b>	1	unit	3500	3 500 CFA		
<b>Filet de pêche</b>	1	unit	10000	10 000 CFA	Boutique moussadi	708005 09
<b>Bac à évaporation</b>				2 500 CFA		
<b>Machine à sandwich</b>	1	unit	30000	30 000 CFA		
<b>Sous total 2</b>				<b>46 000 CFA</b>		
<b>réparation et maintenance</b>						

<b>Nourriture</b>				37 000 CFA		
<b>Réparation compresseur</b>		ff		30 000 CFA		
<b>Retouche bassin</b>		ff		50 000 CFA		
<b>Sous total 3</b>				<b>117 000</b> <b>CFA</b>		
<b>Total</b>				<b>946 750</b> <b>CFA</b>		

*ANNEXE 5: tableau des aliments recommandés pour l'alimentation des poissons*

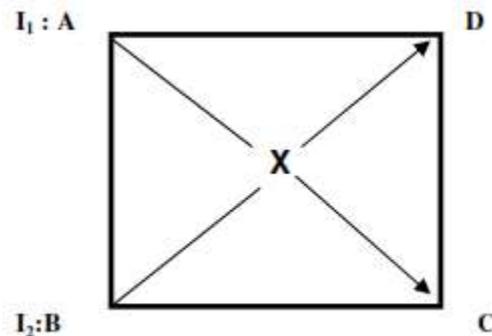
Ingrédients alimentaires		Matière sèche (%)	Protéines brutes (%)	Energie digestible (kJ/g)
Maïs	Graines moulues	87,8	9,6	16,3
	Farine de gluten	93	63	
Millet	Graines	89,3	11,2	16,4
Riz	Son	90	12,2	16,6
	Son (extrait par solvant)	89,5	12,3	14,5
Sorgho	Grain	88,8	10,6	16,3
	Grains à distillerie séchés	95	33,2	19,8
Blé	Grain	87,9	12	16
	Son	87,9	14,7	16
	Farine	89	16	
	Finots	89	17	
Noix de coco	Tourteaux extraits	91,5	20,8	17,3
	Farine extraite par solvant	89	21	
Graines de coton	Tourteaux avec les enveloppes (non	89,3	21,9	16,9
	Tourteaux sans les enveloppes (décortiqués),	92,2	41,2	18,7
	Tourteaux déc. extr. par solvant, 41 % de	90,2	41,7	17,3
	Tourteaux déc. extr. par solvant, 50 % de	92,5	50	18,3
Arachides/cachuètes	Tourteaux non déc. extr. mécaniquement	90,0	30,2	18,5
	Tourteaux non déc. extr.	92,2	31,7	17,6
	Tourteaux déc. extr.	90,4	46,2	19,1
	Tourteaux déc. extr. par	91,3	48,7	18
Colza	Tourteaux extraits	91,9	34,1	18,6
	Tourteaux extr. par	91	37,3	17,2
Sésame	Tourteaux extraits	92	40,4	19
Soja	Farine de soja non	94	38	
	Tourteaux non déc. extr. mécaniquement	89	41,6	18,1
	Tourteaux non déc. extr.	88,4	44,4	17,3
	Tourteaux déc. extr. par	89,6	49	17,7
Graines de tournesol	Tourteaux non déc. extr. mécaniquement	92,7	31,6	18,9
	Tourteaux non déc. extr.	90,3	30,8	16,8
	Tourteaux déc. extr.	92,2	37,1	19,2
	Tourteaux déc. extr. par	92,3	43,4	18
Haricot velu de la basse Nubie/haricot mungo	Graines (fèves) mûres et sèches	89,2	22,1	16,3
Grand igname	Tubercules frais	34,5	1,5	5,8
Patate douce	Tubercules frais	29,1	1,5	5

	Farine de tubercules	87,4	4,2	14,9
Manioc/tapioca	Tubercules frais	34,1	0,9	5,8
	Tubercules déshydratés	86,5	2,1	14,7
Dolique tubéreux/pois patate	Tubercules frais	17,6	1,5	3,1
Pomme de terre	Tubercules frais	23,3	2,3	4
Igname africain	Tubercules frais	35,3	3,7	6,2
<b>Sous-produits de cultures fourragères</b>				
Farine de manioc		96	12	
Farine de feuilles de manioc		96	28	
Farine de leucaena glauca		88	31	
Feuilles de leucaena glauca/ipil-ipil		31,6	8,8	6
Feuilles de manioc		25,6	7,7	4,9
Feuilles de fagotier		23,0	6,6	4,1
<b>Macrophyte aquatique</b>				
Jacinthes d'eau	Plante entière fraîche	8,5	1,2	1,4
Cirre des Sirènes/gesses sans feuilles/pois de serpent	Feuilles et tiges fraîches	7,5	2,1	1,2
Lentilles d'eau	Plante entière fraîche	8,1	1,7	1,5
Naïas	Plante entière fraîche	9,6	2,3	1,6
<b>Protéines d'organisme cellulaire</b>				
Invertébrés terrestres	Escargot géant d'Afrique - farine de chair d'escargots séchés	88,9	45,6	17,5
	Farine d'escargots frais	19,7	12,9	4
<b>Sous-produits animaux</b>				

Volailles	Oeufs frais entiers (sans la coquille)	25,6	12,4	7,5
Abattoirs	farine de sous-produits de	93,5	57,5	20,4
	Farine de viande avec du sang (déchet d'abattage)	92,7	60	18,1
	Farine de viande	93,1	53	16,8
	Farine de viande et d'os (extraite par solvant)	91,9	50	14
	Farine de sang	89,6	81,5	20
Farine de poisson	Anchois	91,8	65,3	19
	Harengs	92,1	72,7	20,7
	Sardines	91,5	65,0	18,8

## ANNEXE 6: FORMULATION D'ALIMENT PAR MÉTHODE CARRÉE DE PEARSON

C'est une méthode qui détermine la proportion de deux ingrédients à mélanger pour satisfaire le besoin d'un nutriment.



En X la solution désirée : le besoin nutritionnel à satisfaire

En A et B les teneurs en nutriment des deux sources d'ingrédients I1 et I2 pour satisfaire le besoin nutritionnel X ;

- C représente la différence entre A et X sans tenir compte de signe ; c'est la part de l'ingrédient I2 dans le mélange ;
- D représente la différence entre B et X sans tenir compte de signe ; c'est la part de l'ingrédient I1 dans le mélange.

La proportion (%) d'ingrédient I1 contenant le nutriment A s'obtient par  $\frac{C}{C+D} * 100$

La proportion (%) d'ingrédient I2 contenant le nutriment B s'obtient par  $\frac{D}{C+D} * 100$