



Production de tilapias du Nil (*Oreochromis niloticus*) en étangs au Sud du Togo :

Essai sur l'effet des paramètres physico-chimiques de l'eau et du régime alimentaire sur les performances de croissance de tilapias du Nil mâles en happas

Travail de bachelor réalisé par Kohli Jacques
Sous la responsabilité de Janssens Thomas
Zollikofen, 06.12.2021

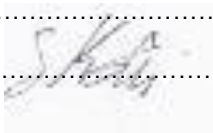
Déclaration sur la propriété intellectuelle et l'octroi des droits d'utilisation

Par ma signature, je déclare :

- connaître les Directives sur la gestion des plagiat à la Haute école spécialisée bernoise ainsi que les conséquences de leur non-respect ;
- m'y être conformé-e lors de la réalisation de ce travail ;
- avoir réalisé ce travail personnellement et de manière autonome ;
- accepter que mon travail soit testé à l'aide d'un logiciel de détection des plagiat et conservé dans la base de données de la BFH ;
- accorder à la HAFL, à titre non exclusif, un droit d'utilisation gratuit et non limité dans le temps de ce travail.

Lieu et date :Zollikofen, 06.12.2021.....

Signature :



Avis concernant l'utilisation des travaux étudiants de la Haute école des sciences agronomiques, forestières et alimentaires HAFL

Tous les droits relatifs aux travaux de semestre, de minor, de bachelor ou de master sont propriété de leur auteur-e. Cependant, la HAFL détient, à titre non exclusif, un droit d'usage gratuit et non limité dans le temps.

Les travaux de semestre, de minor, de bachelor et de master font partie du cursus de la HAFL et sont rédigés par les étudiant-e-s de manière autonome. L'école décline toute responsabilité pour les erreurs qu'ils pourraient contenir et ne répond pas des dommages qui en découleraient le cas échéant.

Zollikofen, décembre 2015
La Direction

Table des matières

Liste des abréviations (pas impérative)	1
Liste des tableaux	1
Liste des Figures	1
Résumé 2	
1 Introduction	3
2 Etat des connaissances	6
3 Problématique	28
4 Matériel	30
5 Méthodes	33
6 Résultats	36
7 Discussion	51
8 Conclusions	55
9 Bibliographie	56
Remerciements	60
Recueil des annexes	61

Liste des abréviations

FEMODO : Ferme modèle de Donomadée
ANOVA : Analysis of variance, analyse de variance

Liste des tableaux

Tableau 1: Composition de l'aliment à base d'intrants locaux	31
Tableau 2: Dépenses et recettes principales connues pour la conduite de l'essai	40
Tableau 3: Résultat économique par traitement	40
Tableau 4: Résumé des résultats de l'enquête socio-économique	41
Tableau 5: Résumé de l'ANOVA pour les paramètres d'eau relevés le matin	42
Tableau 6: Résumé de l'ANOVA pour les paramètres d'eau relevés la journée	43
Tableau 7: Résumé de l'ANOVA pour les performances des poissons selon les étangs	46
Tableau 8: Résumé de l'ANOVA pour les performances des poissons selon les traitements	50

Liste des Figures

Figure 1: Diagramme climatique produit à partir des données enregistrées par la station de Tabligbo (Source : climate-data.org)	4
Figure 2: Image satellite avec les étangs et les bâtiments de la FEMODO (Source : Google maps, modifié par Kohli)	4
Figure 3: Production d'aliment manuelle (Kohli, 2021)	31
Figure 4 : Les ingrédients sont pesés et mélangés (Kohli 2021)	31
Figure 5: Matériel utilisé pour le relevé des paramètres physico-chimiques de l'eau (Kohli 2021)	32
Figure 6: Dispositif et matériel utilisé lors des pêches de contrôle (Kohli 2021)	32
Figure 7: Représentation schématique du dispositif expérimental dans les 2 étangs (Kohli 2021)	34
Figure 8: Cages de la pisciculture d'Alogavi (Kohli 2021)	36
Figure 9: Etang piscicole à Anfoin (Kohli 2021)	37
Figure 10: Etang piscicole à Domeze (Kohli 2021)	38
Figure 11: Etang piscicole à la FEMODO (Kohli 2021)	39
Figure 12: Graphique des températures moyennes en degrés Celsius selon les heures de la journée	44
Figure 13: Graphique des concentrations d'oxygène en mg/l selon les heures de la journée	44
Figure 14: Graphique des valeurs moyennes du pH selon les heures de la journée	45
Figure 15: Graphique des valeurs moyennes de redox en mV selon les heures de la journée	45
Figure 16: Graphique des poids moyens par traitement	48
Figure 17: Graphique des taux de croissance par traitement	48
Figure 18: Graphique des taux de conversion par traitement	48
Figure 19: Graphique des taux de mortalité par traitement	48
Figure 20: Graphique des courbes superposées des poids moyens par traitement et par date	49

Résumé

JACQUES KOHLI, Production de tilapia du Nil (*Oreochromis niloticus*) en étangs au Sud du Togo : Essai sur l'effet des paramètres physico-chimiques de l'eau et du régime alimentaire sur les performances de croissances de tilapias du Nil mâles en happas

La ferme de Donomadé dispose de 7 étangs où sont élevés des tilapias du Nil et des poissons chats Africains. Malgré de nombreux efforts réalisés pour optimiser la production, la croissance des tilapias n'est pas satisfaisante, les poissons ne dépassant pas 140g et présentant une croissance lente. L'équipe locale soupçonne la qualité de l'eau de forage, surtout en ce qui concerne sa salinité. Ce travail a été réalisé avec trois angles d'approche, selon les aspects socio-économiques de la production, analysés à travers des entretiens effectués chez des pisciculteurs de la région ainsi que d'une analyse des résultats économiques de l'essai, les paramètres physico-chimiques de l'eau dans les deux étangs d'essai et deux étangs de contrôle adjacents, analysés au travers d'un relevé de données à deux fréquences (3xsemaine et 1x14 jours 8x/jour) et l'effet du régime alimentaire et d'eau sur les performances des Tilapias du Nil, analysé à travers les mesures de la biomasse toutes les deux semaines par pesées de groupe lors d'un essai durant en tout 14 semaines.

Il y avait au total 4 traitements de régimes alimentaires différents en triplicatas répétés dans deux étangs. Les traitements étaient les suivants : R pour le régime à base de l'aliment Raanan à un taux de nourrissage de 5% de la biomasse ; L pour celui à base d'intrants locaux à un taux de 5% ; LP pour le même aliment à 8% ; LA pour le même aliment à 5% complétement de lentilles d'eau. Les méthodes, les relevés de données et les analyses ont été traités de manière distincte en conséquence. Des statistiques descriptives et une ANOVA ont été utilisées pour les données quantitatives.

La comparaison des piscicultures visitées a montré que les piscicultures ayant un bénéfice pratiquent les systèmes semi-intensifs dans des étangs situés à proximité ou dans des cours d'eau naturels. La pisciculture avec l'aliment le plus simple, soit des résidus meuniers de maïs, a présenté les meilleures performances économiques, probablement grâce au seuil de rentabilité plus bas. Dans le cadre de l'essai, la production des traitements LA a été plus rentable que celle des autres traitements dans les 2 étangs (E2 11'478 et E6 3'040 CFA contre 10'314 et 1'449 pour L et -3'559 et 381 pour LP).

La concentration en oxygène dissout, le pH et le potentiel redox ont été significativement différents dans les deux étangs. L'analyse de la première fréquence de relevé de données a démontré des différences significatives pour les 2 premiers paramètres (O2 $P=0,000<0,05$ avec E2 3,76 et E6 2,22 ; pH $P=0,000<0,05$ avec E2 7,73 et E6 7,46). La deuxième fréquence a démontré une différence significative entre les étangs pour les 3 paramètres cités (O2 $P=0,025<0,05$ avec E2 9,64 et E6 8,86 ; pH $P=0,006<0,05$ avec E2 7,86 et E6 6,86 ; potentiel de redox $P=0,000>0,05$ avec E2 40,18 et E6 -21,73). Ces différences pourraient être expliquées par les différentes densités de poissons avec E2 8/m² et E6 30/m².

Les poissons dans l'étang 2 avait un poids moyen plus élevé (105,25 g) mais aussi un taux de mortalité nettement plus élevé (30%) que dans l'étang 6 (74,33 g et 3 %). Un événement de mortalité de masse survenu dans l'étang 2 après 8 semaines a augmenté la difficulté de la comparaison entre les traitements. Les meilleures performances dans l'ensemble ont été obtenues avec LA2, L2 et R6. Dans le cas des traitements de l'étang 2, les meilleures performances sont à attribuer à la mortalité réduite en comparaison aux autres traitements, surtout dans le cas de LA2 avec l'influence soupçonnée des lentilles d'eau sur la santé et la résistance. Dans le cas de l'étang 6, la meilleure performance du traitement R6 peut être attribuée à un profil d'acides aminés plus adapté aux besoins des tilapias.

Mots clés : tilapia, Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, aquaculture, étangs, alimentation, ponds, feeding, *Lemna*, water parameters, paramètres d'eau

1 Introduction

1.1 Background

Le Togo est un petit pays Ouest Africain situé entre le Ghana, à l'Ouest, et le Bénin, à l'est. La surface totale du pays couvre 56'785 km² avec une population de 8'082'835 d'habitants (Banque mondiale, 2019).

La part de population rurale est de 57 % et le taux de croissance de la population est d'environ 2,4% (ibid.). L'économie du Togo repose principalement sur l'export de phosphate, pour lequel le pays est le cinquième producteur au niveau mondial, et sur la gestion du port qui est une zone de libre-échange par laquelle passe une bonne partie des marchandises destinées aux pays du sahel. L'agriculture joue également un rôle dans l'économie du pays avec 18,7% du PIB pouvant être imputé à ce secteur en 2020 (ibid.). Le Togo était classé en position 165 au niveau de l'index de pauvreté qui était de 0.503 en 2017.

Les terrains à usage agricole représentent 70% de la surface totale du pays (ibid.). De manière générale, l'agriculture locale est caractérisée par l'utilisation d'outils traditionnels, la houe et la machette, avec une mécanisation quasi-inexistante. L'accès aux intrants est également restreint pour les paysans locaux pour des raisons financières.

Les champs et les pratiques des villageois de Donomadée s'inscrivent également dans ce contexte de mécanisation inexistante et de l'utilisation des outils traditionnels. Les cultures principales sont le maïs, le manioc, l'igname, les haricots, le taro et le soja. Il existe une grande diversité des pratiques au niveau des rotations et des associations de cultures. On peut distinguer les champs gérés en polyculture, des associations de deux cultures impliquant généralement une légumineuse, des champs avec des rangées de différentes cultures et même certains champs gérés en monoculture de maïs.

Les pratiques agroforestières locales se limitent à favoriser et laisser pousser les palmiers à huile dont les fruits sont utilisés pour produire l'huile rouge et qui à maturité sont vendus aux producteurs de vin de palme qui viennent récolter le jus de palme sur place. La foresterie est caractérisée par la dominance des plantations de teck.

Les animaux détenus par les locaux sont surtout les poules, les chèvres et les moutons, avec quelques cochons. Les animaux sont laissés en liberté dans le village et aux alentours et généralement enfermés durant la nuit. Ces animaux trouvent une grande partie de leur régime alimentaire par eux-mêmes et sont généralement nourris de manière sporadique par leurs propriétaires. Une minorité de villageois pratiquent des systèmes de détention animale plus rigoureux avec un affouragement régulier et la gestion du fumier produit.

La ferme modèle de Donomadée, avec un terrain de 6 ha, est située dans le sud-est du Togo et développée par des experts de l'association togolaise «Étoile Verte» en partenariat avec l'association suisse « Happy Togo ». Les travaux sont réalisés par des employés qui sont également des agriculteurs locaux.

Ensemble, leur objectif est de développer des modèles durables pour l'agriculture tropicale à petite échelle dans une approche participative impliquant les villageois. Il s'agit notamment des méthodes d'agriculture régénérative résultant de l'utilisation des concepts provenant de la permaculture et de l'agroforesterie, comme la protection des sols par le paillage, le développement et l'utilisation de biopesticides, ou encore l'intégration de la production animale et végétale.

En conséquence, la FEMODO constitue un lieu de développement des connaissances sur l'agriculture durable et de diffusion de ces connaissances dans la région. Selon des méthodes durables pour une agriculture durable, des produits agricoles de qualité, un stockage sûr, une transformation ultérieure raisonnable et une commercialisation avec la plus grande valeur ajoutée possible pour les agriculteurs locaux sont les principes appliqués et développés.

Parmi ces systèmes de production, la pisciculture de la ferme vise à mettre à dispositions de la population locale des protéines saines, de qualité et à un prix abordable.

1.2 Conditions climatiques et écologiques de la région

La station météorologique la plus proche de Donomadée se trouve à environ 40 km en périphérie de la ville de Tabligbo. Le climat de la région est classé comme un climat de type Aw selon la classification de Köppen-Geiger. Il s'agit d'un climat chaud avec une saison sèche prononcée de décembre à février, ainsi que deux saisons pluvieuses. La grande saison des pluies a lieu en mai et en juin, alors que la petite saison a lieu en septembre et en octobre (climate-data.org, 2022).

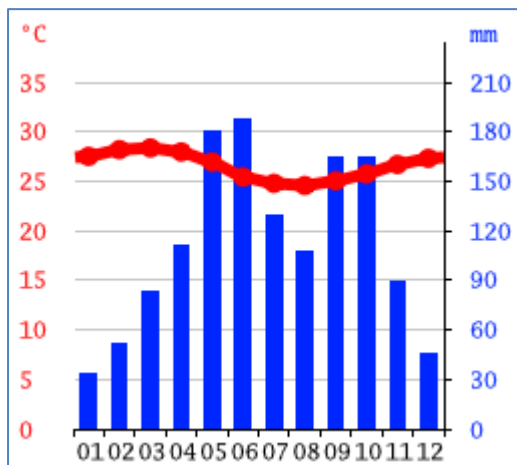


Figure 1 : Diagramme climatique produit à partir des données enregistrées par la station de Tabligbo (Source : climate-data.org)

Tabligbo affiche une température annuelle moyenne de 26.5 °C avec 1346 mm de précipitations au total. Au milieu de la saison sèche, le mois de janvier est le plus sec avec 33 mm de précipitations, 67,84% d'humidité relative et 9,3 jours de pluie en moyenne. Au contraire, le mois de juin présente le plus haut taux de précipitations avec 188 mm, 86,04% d'humidité relative et 25,07 jours de pluie en moyenne. Le mois de mars présente la température moyenne la plus élevée avec 28.4 °C, alors que le mois d'août présente la plus basse avec 24.6 °C.

Une étude des données climatiques entre 1961 et 2001 a mis en évidence une réduction d'environ 8% des précipitations durant cette période dans la région de Tabligbo (Djaman et al. 2017).

D'un point de vue écologique, Donomadée se trouve dans une région caractérisée par la transition entre des zones de savane humide Guinéenne et des forêts denses sèches composées d'essences au feuillage caduc et dominées par *Anogeissus leiocarpus* (Akpagana et Bouehet, 1994).

1.3 Pisciculture à la FEMODO

La ferme de Donomadé dispose de 7 étangs dans lesquels sont élevés des tilapias du Nil (*Oreochromis niloticus*) et des poissons-chats Africains (*Clarias gariepinus*). Les étangs 1, 2, 3, et 4 sont utilisés pour l'engraissement des poissons et mesurent tous environ 150 m². Ces étangs sont légèrement plus élevés et reçoivent nettement plus de soleil à cause de leur orientation et de la végétation qui les entoure. L'étang 5 a une superficie de 225 m² et il est utilisé pour le pré-grossissement des alevins. Les étangs 6 et 7 ont tous les deux une surface d'environ 40 m². Les tilapias du Nil géniteurs sont généralement maintenus dans ces étangs pour la production d'alevins.

La polyculture des tilapias du Nil avec les poissons-chats Africains est habituellement pratiquée dans les étangs 1, 2, 3, 4 et 5.



Figure 2 : Image satellite avec les étangs et les bâtiments de la FEMODO (Source : Google maps, modifié par J.Kohli)

Les poissons sont nourris deux fois par jour à 8 heures et à 16 heures. La ration quotidienne distribuée en général s'élève à 3% de la biomasse dans les étangs d'engraissement et les poissons reçoivent 2 tiers de l'aliment lors du nourrissage matinal. L'aliment produit sur la ferme est composé de farine de maïs, de farine de soja torréfié, de tourteau de palmiste, de farine de poisson, de concentré contenant des vitamines et des minéraux, ainsi que d'huile rouge. La teneur protéique de cet aliment est de 32% et sa composition est adaptée en fonction de la disponibilité des intrants. La farine de maïs est régulièrement remplacée par de la farine de manioc par exemple.

En accord avec les objectifs de la FEMODO, une attention particulière est accordée à produire de manière durable, économique et responsable. L'élevage des poissons est intégré au reste de la ferme par l'utilisation de l'eau et de la boue des étangs piscicoles dans la production végétale, ainsi que par l'utilisation de ressources locales pour la production sur place de l'aliment des poissons. La production d'alevins sur la ferme s'inscrit également dans cette approche de durabilité et d'utilisation des ressources locales.

Pour la pisciculture de la FEMODO, une eau de forage légèrement salée est disponible. Celle-ci est introduite uniquement pour pallier les pertes par évaporation et par écoulement, qui peuvent être considérables, en la pompant plusieurs fois par jour à l'aide d'une pompe à énergie solaire. L'utilisation d'une autre source d'eau issue d'un barrage situé à proximité est envisagée pour une comparaison de la qualité des deux sources.

Durant les dernières années, le docteur Adjanke, docteur en agronomie et spécialiste local en aquaculture, a concentré ses recherches sur l'alimentation du Tilapia avec des produits issus de l'agriculture régionale (maïs, soja, manioc, huile de palme), de la farine de poisson issue des petits poissons en excès dans les étangs et des asticots de mouche-soldat noire élevés sur la ferme et alimentés avec des restes alimentaires, des drèches de brasserie et du tourteau de graines de palmier. Malgré de nombreux efforts réalisés pour optimiser la production, la croissance des tilapias n'est pas encore satisfaisante, les poissons ne dépassant pas 140g et présentant une croissance lente. L'équipe locale soupçonne une qualité d'eau de forage non optimale, surtout en ce qui concerne sa salinité.

C'est dans ce contexte que ce travail a été réalisé avec trois angles d'approche selon les aspects socio-économiques de la production, les paramètres physico-chimiques de l'eau dans différents étangs et l'effet du régime alimentaire et d'eau sur les performances des tilapias du Nil. Les méthodes, les relevés de données et les analyses ont été traités de manière distincte en conséquence.

2 Etat des connaissances

2.1 Situation globale de l'aquaculture

Avec la surexploitation et l'appauvrissement subséquent des stocks de poissons par la pêche commerciale, l'aquaculture joue un rôle de plus en plus important dans la provision de protéines à un niveau global.

D'après des données publiées récemment (FAO, 2021), la production aquacole de protéines d'origine animale a enregistré un taux de croissance annuel moyen de 5% durant la période de 2011 à 2015. Ce taux s'est ensuite modéré entre 2016 et 2019 passant à 3,7%. Cette croissance de l'aquaculture est accompagnée d'une réduction des captures avec une baisse de 4,3% entre 2018 et 2019. Ainsi, la contribution de l'aquaculture à la production totale d'animaux aquatiques a augmenté de 39,9% en 2010 à 48,0% en 2019 (ibid.).

En termes de quantités, la production totale d'animaux aquatiques en 2019 a été estimée 177,8 millions de tonnes, dont 85,3 millions de tonnes issues de l'aquaculture. La valeur marchande de la production totale a été estimée à 406 milliards USD avec 260 milliards USD générés par l'aquaculture (ibid.).

La production animale issue de l'aquaculture était composée à 66% de poissons avec 56,7 millions de tonnes, 20,6% de mollusques avec 17,6 millions de tonnes, 12,3% de crustacés avec 10,5 millions de tonnes et 1,1 % d'animaux divers avec 977'000 tonnes. Le secteur le plus important est la pisciculture continentale avec une production annuelle de 48,4 millions de tonnes représentant 56,7% de la production en 2019 (ibid.).

Pour ce qui est de la répartition géographique de la production, la Chine affichait la production la plus élevée avec 48,2 millions de tonnes, suivit de l'Inde avec 7,8 millions de tonnes, l'Indonésie avec 6 millions de tonnes, le Vietnam avec 4,4 millions de tonnes, le Bangladesh avec 2,5 millions de tonnes, l'Égypte avec 1,6 millions de tonnes, la Norvège avec 1,5 millions de tonnes, le Chili avec 1,4 million de tonnes, le Myanmar avec 1,1 million de tonnes et la Thaïlande avec 1 million de tonnes. Ces 10 pays producteurs les plus importants ont produit ensemble 88,4% de la production animale aquacole globale avec une domination prononcée de la Chine (ibid.).

2.2 Situation globale de l'élevage de tilapias

En 2005, le genre *Tilapia* a dépassé les salmonidés pour devenir le deuxième groupe de poissons d'élevage le plus important en termes de quantité avec une production globale de 2 millions de tonnes. Depuis l'importance de ce genre n'a fait qu'augmenter avec une production mondiale de tilapia d'élevage atteignant 6,03 millions de tonnes en 2018 (Miao et Wang, 2020).

Les tilapias issus de l'élevage représentaient 2,38% de la production aquacole mondiale en 1998. L'importance de ce groupe de poissons a plus que doublé en 20 ans pour atteindre 5,27% en 2018. Cette importance croissante est encore plus marquée lorsque l'on considère uniquement la production aquacole de poissons d'élevage avec 11,11% du marché mondial en 2018 contre 4,85% en 1998. La valeur marchande totale estimée de cette production était de 11,2 milliards USD en 2018 (ibid.).

Le secteur de l'élevage des tilapias s'est développé de manière nettement plus rapide que la croissance de l'industrie aquacole dans son ensemble. La croissance moyenne de la production de tilapias d'élevage a atteint 10,1% entre 1999 et 2018. La période entre 1999 et 2013 a été marquée par une croissance très rapide avec un taux de croissance annuel moyen de 11,8%, suivie d'un ralentissement à une croissance annuelle moyenne de 5% de 2014 à 2018 (ibid.).

En 2018, 145 pays signalaient une production de tilapias. La plus grande part de cette production provenait d'Asie avec 4,2 millions de tonnes et 68,8%. Cependant, la dominance du continent s'est réduite au cours des deux dernières décennies, étant donné que la part de l'Asie dans la production totale était de 84,4% en 1998. La part de la production Africaine a presque triplé durant la même période passant de 7,5% en 1998 à 21,8% en 2018. Le continent Américain a vu, quant à lui, une évolution modeste avec une production passant de 8,1% à 9,3% de la production mondiale durant la même période (Miao et Wang, 2020).

En 2018, la Chine est restée le plus grand producteur de tilapias d'élevage avec une production de 1,62 million de tonnes. Toutefois, sa part dans la production mondiale a diminué de 52,3% en 1998 à 26,9% en 2018. Durant cette période, en 2013, l'Indonésie a dépassé l'Égypte pour devenir le deuxième producteur mondial de tilapias d'élevage. Ce pays a produit 1,22 million de tonnes de tilapia d'élevage en 2018, ce qui représentait 20,3% du total mondial. L'Égypte était toujours le seul pays africain parmi les dix premiers producteurs, représentant 17,4% de la production mondiale. La Thaïlande et les Philippines se trouvaient parmi les quatre premiers producteurs de tilapia d'élevage, mais leur part dans la production mondiale a diminué pour atteindre 3,5% et 4,6% respectivement en 2018. Ainsi la Thaïlande est devenue le huitième producteur mondial et les Philippines se trouvaient au sixième rang. Durant la même période le Bangladesh est devenu le quatrième pays producteur au niveau mondial avec une production de 344'000 tonnes pour une part de 5,72% (ibid.).

En Amérique du Sud, la production de tilapias présentait ces dernières années une croissance impressionnante. La production Brésilienne a atteint 317'000 tonnes en 2018 pour une part de 5,26% (ibid.). Selon certaines estimations la production a augmenté à 500'000 tonnes en 2021 (Fletcher, 2020). L'évolution a été similaire en Colombie et au Mexique qui produisaient respectivement 1,29% et 0,87% en 2018 (Miao et Wang, 2020). Dans ces pays, le secteur affichait une croissance de 6% et 26% respectivement (Fletcher 2020). Cette croissance a été attribuée tant à la demande interne de la population de ces pays, qu'au développement d'un fort potentiel d'export vers les États-Unis, à la suite des barrières tarifaires imposées par le pays pour les produits d'origine Chinoise.

En Afrique subsaharienne, le Ghana et l'Uganda sont devenus d'importants producteurs avec 1,17% et 1,16% de la production mondiale en 2018 (Miao et Wang, 2020).

Pour ce qui est des espèces de tilapias cultivées, 23 espèces de la famille des cichlides ont été incluses dans les statistiques sur l'aquaculture et la pêche de la FAO pour 2018. Parmi ces espèces, le tilapia du Nil a dominé la production mondiale de tilapias d'élevage avec une production mondiale atteignant 4,53 millions de tonnes en 2018, ce qui représentait 75% de la production totale. Cette part s'est toutefois réduite en comparaison aux 83,4% de la production totale en 1998 (Miao et Wang, 2020). La production de tilapias d'espèces non-définies représentait 17,1% du total, alors que les hybrides entre le tilapia bleu et le tilapia du Nil représentaient 6,7%. La grande majorité de ces hybrides étaient élevés en Chine, où cette technologie a été adoptée pour profiter de la progéniture avec un taux de mâles dépassant 95% résultant de l'hybridation des deux espèces. La part du Tilapia du Mozambique dans la production totale de tilapias d'élevage a fortement diminué à moins de 1% en 2018 (ibid.). La part élevée d'espèces non-définies peut être attribuée à la prévalence d'introductions de souches de tilapias dont les origines et la génétique n'étaient pas définitivement connues (El-Sayed 2006).

2.3 Développement de l'élevage de tilapias dans le monde au vingtième siècle

On pense que la culture du tilapia est apparue il y a environ 4000 ans, soit environ 1000 ans avant l'introduction de la culture de la carpe en Chine (El-Sayed, 2006). Cependant, à part les références bibliques et les illustrations des tombes égyptiennes anciennes, on dispose de très peu d'informations sur leur culture à cette époque. A partir de la fin de la deuxième guerre mondiale, la disponibilité d'informations sur le développement de l'élevage de tilapias a augmenté. D'après El-Sayed (2006), le développement mondial de la culture des tilapias est passé par trois phases distinctes dans la deuxième moitié du vingtième siècle : avant 1970, de 1970 à 1990 et de 1990 à 2000.

Avant 1970, la contribution de la production de tilapias à la production aquacole mondiale totale était mineure, représentant moins de 1 % de la production totale. Par exemple, la production de tilapia en 1969 n'était que de 24 633 Mt, soit 0,76 % de la production aquacole totale avec 3'238'079 tonnes (ibid.). Très peu de pays pratiquaient la culture du tilapia au cours de cette période. Seuls sept pays ont déclaré une production de tilapia en 1950, et ce nombre était passé à 12 en 1969. Taiwan, la Chine, l'Égypte, le Nigéria, Israël et la Thaïlande étaient les principaux producteurs de tilapia à l'époque. La contribution insignifiante de la production de tilapia pendant cette période s'explique principalement par le fait que l'aquaculture en général, et la culture du tilapia en particulier, n'était pas reconnue comme un système de production alimentaire dans la plupart des pays.

De 1970 à 1990, l'élevage des tilapias s'est progressivement développé dans le monde entier au cours de la période. Le nombre de pays pratiquant la culture du tilapia a augmenté de manière significative pour atteindre 78 pays en 1990, contre seulement 12 pays en 1969. Cependant, la production de tilapia dans bon nombre de ces pays était très limitée. Selon les statistiques de la FAO sur la production aquacole, sur ces 78 pays, 40 pays produisaient moins de 100 tonnes par an chacun. La production de tilapia d'élevage a progressivement augmenté pour atteindre 383'654 tonnes en 1990, soit 2,28 % de la production aquacole totale. Au cours de cette période, la croissance annuelle de la production de tilapia a fluctué entre moins de 6 % et plus de 28 %, avec une moyenne de 14,2 % (ibid.). La part la plus significative de cette augmentation a eu lieu en Asie durant cette période.

De 1990 à 2000, la culture du tilapia a connu une expansion considérable au cours de cette dernière décennie, notamment avec une augmentation de la production dans plusieurs pays d'Amérique du Sud. En conséquence, le nombre de pays pratiquant la culture du tilapia a atteint plus de 100. La production de tilapia d'élevage a également augmenté de plus de 390 %, passant de 383'654 tonnes en 1990, soit 2,28 % de la production aquacole totale, à 1'505'804 tonnes en 2002, soit 2,93 % de la production totale. La croissance annuelle moyenne de la production de tilapia pendant cette période a atteint 12,2% (El-Sayed, 2006).

2.4 Évolution de la production de Tilapias en Afrique

Bien que les tilapias soient des poissons originaires d'Afrique, la culture des tilapias sur ce continent est longtemps restée marginale, avec une faible contribution à la production mondiale de tilapia. Toutefois, la production de tilapia d'élevage en Afrique a fortement augmenté au cours des dernières décennies. En 2001, 32 pays africains ont signalé une production de tilapias d'élevage.

Contrairement à l'Asie, la majeure partie de la production de tilapia d'élevage en Afrique provient d'eaux saumâtres. En 2002, la production de tilapias en eaux saumâtres s'est élevée à 138'923 tonnes, soit 71,9% de la production totale de tilapias sur le continent. Cependant l'importance de cette pratique peut être expliquée par le fait que la production de tilapia d'élevage en Afrique est dominée depuis longtemps par l'Égypte où l'élevage en eau saumâtre est couramment pratiqué.

Effectivement, la culture du tilapia en Egypte est pratiquée principalement en eaux saumâtres dans les régions des lacs du nord se trouvant le long de la côte méditerranéenne (El-Sayed, 2006).

La culture du tilapia est également pratiquée dans d'autres pays en Afrique subsaharienne, notamment au Nigéria, au Ghana, en Zambie, en République démocratique du Congo, en Uganda et au Zimbabwe. Dans ces pays, la production en eau douce est largement dominante. En Afrique subsaharienne, le Ghana et l'Uganda sont devenus d'importants producteurs avec une production respective de 1,17% et 1,16% de la production mondiale en 2018. Sur la part de la production mondiale provenant de l'Afrique avec 21,8%, l'Égypte a produit 17,43%, soit presque 80% de la production du continent (Miao et Wang, 2020).

Sept espèces ou groupes d'espèces de tilapias sont utilisés pour l'aquaculture en Afrique. Le tilapia du Nil est de loin l'espèce la plus cultivée. Il était présent dans 23 des 32 pays africains qui pratiquaient la culture de tilapias en 2001. Il représentait également 92,5% de la production totale de tilapias en Afrique en 2002 (El-Sayed, 2006).

La culture d'autres espèces de tilapia, à savoir le tilapia à trois points en Zambie, le tilapia rouge au Malawi, le tilapia du Mozambique au Malawi, le tilapia du ventre rouge au Libéria et le tilapia de la mangue également au Libéria, a été recensée avec une production très limitée cependant.

Une proportion considérable de la production de tilapia est rapportée sous la forme d'hybrides de tilapia «non-identifiés» et de tilapia hybrides. Cette catégorie vient en deuxième position après le tilapia du Nil en termes de production avec 5,4% de la production totale en 2002 (ibid.).

En ce qui concerne la pisciculture au Togo, Adjanke et al (2016) ont réalisé une enquête socio-économique des producteurs du pays. Ils ont trouvé que cette activité était principalement exercée dans la région des plateaux, avec 78% des producteurs, à cause de la disponibilité plus élevée de l'eau en comparaison à la région maritime au Sud ou à la région des savanes au Nord. Les systèmes de production extensifs dominaient largement avec 87.91%. Le mode de détention principal était les étangs avec 80% des répondants. Dans une moindre mesure, l'élevage en cages dans l'eau des grands barrages situés dans le Nord du pays et dans des bassins en béton étaient également pratiqués avec des systèmes de production plus intensifs. Cette étude a également révélé l'importance des coopératives dans la pisciculture du pays avec 61.54% des répondants produisant du poisson en groupes organisés plutôt qu'individuellement. De plus, dans une majorité des cas, l'aliment représentait le facteur de coût le plus important dans la production avec plus de 50%.

2.5 Aspects socio-économiques de l'élevage de tilapias en Afrique

Les pratiques aquacoles en Afrique sont longtemps restées limitées et la contribution de l'aquaculture à la sécurité alimentaire, à la réduction de la pauvreté et au développement économique général du continent est faible. Pourtant, l'Afrique dispose d'un potentiel élevé en ressources génétiques aquatiques et d'eau adéquate dans de nombreuses régions, avec environ 56 à 70% des terres africaines présentant un fort potentiel de production de poissons d'eau chaude comme le tilapia, la carpe et le poisson-chat.

D'après El-Sayed (2006), plusieurs contraintes entravent le développement de l'aquaculture en Afrique et l'exploitation de son potentiel. En premier lieu, l'instabilité politique dans de nombreux pays Africains limite le développement des secteurs agricoles, y compris celui de l'aquaculture. Ces problèmes politiques menacent également la viabilité économique des entreprises aquacoles et la sécurité des investissements. Deuxièmement, la pauvreté des consommateurs se traduit par l'étroitesse des marchés locaux avec des marges minimales et la dépendance des producteurs à l'égard des marchés extérieurs. Troisièmement, la médiocrité des infrastructures, y compris le manque d'options de stockage, la médiocrité des circuits de commercialisation et le mauvais entretien des routes amènent des difficultés logistiques accrues. De plus, la mauvaise qualité des services publics, dont la vulgarisation, rendent le transfert de savoirs difficile. Dans de nombreux cas, des contraintes socioculturelles s'ajoutent à la problématique notamment avec des tabous concernant la consommation locale de certaines espèces. Un manque de ressources généralisé est également en cause, surtout en ce qui concerne l'accès à des semences de bonne qualité, de la main-d'œuvre expérimentée, des budgets publics alloués à l'aquaculture, ainsi que de compétences et d'expérience technique locale.

Un autre obstacle majeur au développement de l'aquaculture rurale en Afrique est sa dépendance, dans une large mesure, à l'égard de dons et de technologies extérieurs. Dans la plupart des cas, les agriculteurs n'ont pas l'expérience et la formation nécessaires à l'utilisation de ces nouvelles technologies, et les gouvernements n'accordent pas le soutien nécessaire. La situation s'aggrave parce que les fonds extérieurs sont devenus très limités. En conséquence, le nombre d'exploitations piscicoles et d'éleveurs a considérablement augmenté, mais la production n'a pas augmenté aussi progressivement que prévu. En fait, le rendement a diminué dans de nombreux cas, ce qui a entraîné une grande perte pour les entreprises.

En outre, bien que plusieurs stations de recherche et de vulgarisation en aquaculture aient été construites dans de nombreux pays africains, une grande partie d'entre elles ont été abandonnées faute d'expérience et de moyens financiers. Ces faits démontrent qu'il n'est pas judicieux de promouvoir une nouvelle technologie aquacole dans les zones rurales d'Afrique avant de préparer le terrain avec des programmes de formation et de vulgarisation appropriés. Pour atténuer la pauvreté de ces pisciculteurs ruraux, il faudrait leur fournir des services de vulgarisation et un appui technologique appropriés. C'est principalement l'adoption d'une technologie appropriée et le niveau des services de vulgarisation, plutôt que la situation financière ou le niveau d'éducation formelle, qui sont le moteur de la réussite de la culture à petite échelle du tilapia en Afrique rurale et pauvre.

Malgré les contraintes et les difficultés auxquelles se heurte le développement de l'aquaculture rurale, les petites exploitations piscicoles se développent dans de nombreux pays africains et sont intégrées aux systèmes agricoles existants des paysans. Ces petites exploitations sont essentiellement tributaires des intrants disponibles localement, avec peu d'investissements, et uniquement sous forme de terre, d'eau et de main-d'œuvre. Ces piscicultures jouent un rôle important dans l'accroissement de l'efficacité de la production, la création de revenus supplémentaires, la réduction de la pauvreté et la sécurité alimentaire, ainsi que dans l'amélioration générale des moyens de subsistance des ménages. On estime que plus de 95% de la production aquacole en Afrique subsaharienne provient de ces petites exploitations, le tilapia et/ou le poisson-chat africain étant les espèces dominantes.

Le passage de la production de tilapia par les petits exploitants à des fins de subsistance vers une pratique plus commerciale exige des intrants supplémentaires et de nouvelles technologies pour l'entreposage et la transformation des ingrédients des aliments pour animaux. Cela augmente les coûts d'exploitation, mais peut encore être très rentable.

Pour que la culture du tilapia à petite échelle soit durable et rentable, elle doit s'intégrer dans des initiatives plus vastes de développement rural, en particulier dans les activités agricoles. Ce type

d'intégration peut également conduire à une amélioration significative du revenu monétaire des ménages agricoles en Afrique. Bien intégrée, la culture du tilapia peut entraîner une augmentation de la production halieutique, une meilleure diversification et une amélioration des systèmes d'élevage et le maintien de la durabilité environnementale et sociale.

Parmi les systèmes prometteurs de ce type, on peut citer l'intégration de la culture de riz avec la pisciculture ou encore la production maraîchère avec la pisciculture. Par exemple, au Malawi, les étangs piscicoles intégrés aux jardins potagers ont considérablement accru la productivité des poissons et des légumes. Les sous-produits végétaux sont généralement utilisés comme intrants des bassins, alors que l'eau des bassins est utilisée pour l'irrigation des légumes potagers. En pratiquant et en appréciant constamment le système, les agriculteurs sont en mesure d'améliorer encore leur productivité et leur rentabilité. Le succès d'un système intégré à petite échelle encourage généralement d'autres agriculteurs à l'adopter. Il en résulte généralement une propagation rapide de ce système d'agriculteur à agriculteur.

L'utilisation de déchets provenant de la transformation locale de produits agricoles dans l'alimentation a également un impact majeur sur la performance économique de ces systèmes. Une étude a évalué le rendement de croissance et l'efficacité économique de tilapias du Nil et de poisson-chats d'Afrique élevés en polyculture dans des étangs fertilisés au Kenya pendant 80 jours. Les aliments consommés comprenaient des granulés de finition de porc à 12,5% de protéines, du son de riz à 6,5% ou un régime d'essai à 12,5%. Le son de riz a affiché la croissance la plus faible et la production la plus faible. Mais les analyses coûts/bénéfices ont montré que le son de riz avait le seuil de rentabilité le plus bas et le moindre coût d'investissement, et qu'il était donc économiquement meilleur que les autres régimes.

Finalement, il convient de souligner que la prise de décisions concernant le développement de l'aquaculture rurale doit tenir compte des facteurs sociaux et pas seulement des facteurs économiques. Ignorer ces facteurs non financiers, tels que le contexte familial, le statut social et les habitudes alimentaires, peut mener à l'échec des initiatives de développement de l'aquaculture rurale. Par exemple, l'évaluation du potentiel de gains de productivité des espèces mixtes dans les étangs temporaires des zones humides du nord du Nigéria a révélé un conflit entre le gain économique et l'acceptation des produits par la communauté. Un autre exemple frappant est l'élevage de carpes communes en Égypte, où l'acceptation locale de ce poisson est extrêmement faible, bien qu'il soit largement cultivé avec du tilapia dans des systèmes semi-intensifs. En conséquence, avec l'augmentation de la production, le prix de la carpe a fortement baissé, causant de lourdes pertes économiques à de nombreux agriculteurs, qui ont complètement abandonné la culture de la carpe. Pour donner un dernier exemple, dans la région de Donomadée, la consommation de poissons présentant des barbilles, comme le poisson-chat ou le Parachanna, a été interdite par les prêtres voudous locaux et cette coutume doit être considérée dans le développement de solutions aux défis rencontrés par la pisciculture sur la FEMODO.

2.6 Taxonomie des tilapias

Le nom «tilapia» est dérivé de l'expression signifiant «poisson» dans certaines langues Africaines (El-Sayed, 2006). Les tilapias représentent un grand nombre d'espèces de poissons d'eau douce de la famille des Cichlides. Cette famille est l'une des quatre familles incluses dans le sous-ordre des Labroïdes. Bien que plus de 70 espèces de tilapia aient été décrites, de nombreux débats subsistent sur la question de savoir s'il s'agit dans tous les cas d'espèces véritablement distinctes.

La classification taxonomique des tilapias demeure encore confuse et fait l'objet de changements constants. Ceci est principalement dû à la similitude et au chevauchement de leurs caractéristiques morphologiques, ainsi qu'au fait que de nombreuses espèces de tilapia s'hybrident librement dans la nature. Le genre *Tilapia* a été décrit pour la première fois par Smith en 1840. Le genre a ensuite été divisé en deux sous-genres, selon les comportements de reproduction et les habitudes alimentaires des poissons. Le sous-genre *Tilapia* était défini par la ponte sur substrat et le sous-genre *Sarotherodon* par la présence de « dents en brosses », ainsi que l'incubation buccale des œufs. Les incubateurs buccaux incubent les œufs fécondés et gardent les alevins éclos dans la bouche des parents mâles ou femelles, voir des deux parents.

Par la suite, le sous-genre *Sarotherodon* a été élevé en un genre et subdivisé en deux sous-genres, *Oreochromis* et *Sarotherodon*, selon le sexe du parent responsable des œufs. Dans le cas des espèces d'*Oreochromis*, il s'agit d'une couvée buccale maternelle. Dans le cas des espèces de *Sarotherodon*, il s'agit d'une couvée buccale paternelle ou par les deux sexes. Cette classification est toujours couramment acceptée et utilisée aujourd'hui, même après plusieurs tentatives de la revoir et de la préciser.

Au début des années 1980, Trewavas a proposé deux autres classifications possibles des tilapias.

La première classification comprenait cinq genres : *Tilapia*, *Sarotherodon*, *Oreochromis*, *Tristromella* et *Danakilia*. La deuxième classification ne comprenait qu'un seul genre, *Tilapia*, avec sept sous-genres : *Heterotilapia*, *Pelmatilapia*, *Sarotherodon*, *Oreochromis*, *Nyasalapia*, *Alcolapia* et *Neotilapia*.

Toutes ces révisions et modifications de la classification taxonomique des tilapias n'ont pas éliminé ou résolu la confusion. Par conséquent, de nombreux taxonomistes et chercheurs préfèrent toujours utiliser l'ancien genre *Tilapia* pour toutes les espèces de tilapias.

2.7 Morphologie des tilapias

Les tilapias ont un corps profond assez conventionnel, comprimé latéralement. Le corps est couvert d'écaillés cycloïdes relativement grandes, qui ne se délogent pas facilement. Les nageoires dorsales et anales ont des épines dures et des rayons mous. Les nageoires pectorales et pelviennes sont grandes et plus antérieures dans une configuration avancée. Ce caractère donne au poisson un grand contrôle sur la nage et les manœuvres. Les nageoires servent aussi à la locomotion, et c'est pourquoi les cichlidés ont des muscles rouges conçus pour se déplacer à une vitesse relativement faible mais continue. Le nombre d'écaillés, de vertèbres, de branchies, de rayons des nageoires et d'épines est largement utilisé pour distinguer et identifier les espèces. Il convient toutefois de mentionner que le nombre d'épines et de raies de la même espèce peut varier d'une souche à l'autre et d'un milieu aquatique à l'autre. Le corps du tilapia est généralement caractérisé par des barres verticales, aux couleurs plus sombres mais relativement modérées et avec peu de contraste par rapport aux couleurs du corps. Ces poissons ont également la capacité de changer modestement de couleur, en réaction au stress, en contrôlant les chromatophores cutanés dont ils disposent. Les tilapias ont des organes sensoriels bien développés, repérables par les narines proéminentes et une ligne latérale bien visible. Les yeux sont également relativement grands, ce qui donne aux poissons de ce genre une excellente capacité visuelle (El-Sayed, 2006).

2.8 Alimentation du Tilapia du Nil

2.8.1 Alimentation en général

Les tilapias ont deux types de dents : les dents de la mâchoire et les dents pharyngées. La configuration des deux types de dents varie d'une espèce de tilapia à l'autre, en fonction des préférences alimentaires. Les dents de la mâchoire sont de petites structures unicuspidées, bicuspidées ou tricuspides, disposées en un à cinq rangées et tendues distalement pour former des lames qui peuvent être utilisées comme racleurs. Les dents pharyngées des tilapias phyto-planctophages, comme *Sarotherodon esculantus*, sont fines, minces et accrochées aux os pharyngés, alors que celles des mangeurs de macrophytes, comme *Tilapia rendalli*, sont grossières et robustes (El-Sayed, 2006). De manière générale, les différentes espèces de tilapias peuvent être classées dans trois catégories selon leurs habitudes alimentaires.

Premièrement, les tilapias du genre *Oreochromis* sont principalement microphages et se nourrissent principalement de phytoplancton, de périphyton et de détritus. *Oreochromis niloticus*, *Oreochromis aureus* et *Oreochromis mossambicus* en sont des exemples. Ces espèces peuvent ingérer efficacement les sources de nourriture mentionnées grâce à une alimentation filtrée. Par exemple, il a été signalé que toutes les classes de taille de l'*Oreochromis niloticus* du lac Turkana sont surtout des phyto-planctophages qui broutent le plancton dense des algues des eaux côtières abritées avec une faible sélectivité des aliments. De même, les spécimens d'*Oreochromis aureus* du lac Kinneret se nourrissent principalement de zooplancton, tandis que les détritus végétaux, mélangés à des formes de planche et de benthos, servent d'aliments supplémentaires et de remplacement.

Deuxièmement, les tilapias du genre *Sarotherodon* sont aussi principalement des mangeurs de phytoplancton, mais ils sont plus sélectifs. Par exemple, certains chercheurs ont constaté que le dinoflagellé *Peridinium cinctum* était l'aliment le plus abondant dans l'estomac de *Sarotherodon galilaeus* du lac Kinneret, représentant parfois plus de 95% de la biomasse phytoplanctonique, surtout pendant la période de floraison de ces dinoflagellés entre mars et avril.

Troisièmement, les tilapias du genre *Tilapia* se nourrissent généralement de macrophytes. Pour cette raison, ils sont fréquemment utilisés pour la lutte biologique contre les mauvaises herbes aquatiques. Cependant, ils ne peuvent éviter d'ingérer les algues, le phytoplancton, le zooplancton, les bactéries, les vertébrés benthiques, les larves d'insectes, les œufs et les détritus de poissons et de vertébrés qui sont attachés aux macrophytes dont ils se nourrissent. Ces matériaux attachés constituent donc une composante alimentaire importante pour les espèces du genre *Tilapia*.

Il faut savoir que les catégories d'habitudes alimentaires mentionnées ci-dessus ne sont pas rigides, mais qu'un chevauchement important peut également se produire dans les régimes des tilapias. Des variations intraspécifiques peuvent également se produire entre les milieux et au fil du temps. Ainsi, les habitudes alimentaires et l'efficacité du tilapia peuvent être soumises à des changements diurnes et saisonniers. Il a été constaté que toutes les classes de taille du tilapia du Nil du lac Turkana suivaient un cycle diurne et que les alevins consommaient rarement des invertébrés pendant les heures d'obscurité. L'activité alimentaire des adultes élevés dans des conditions d'alimentation ad libitum a également été observée exclusivement durant les phases lumineuses. Dans un autre exemple, les tilapias du Nil du lac Rudolf se nourrissaient régulièrement pendant la journée, commençant entre 5 h et 8 h et cessant entre 14 h et 18 h, et les poissons les plus gros semblaient se nourrir plus longtemps.

La taille peut également influencer sur le rythme d'alimentation du tilapia du Nil. Par exemple, des chercheurs ont analysé les habitudes alimentaires journalières et la ration journalière dans des cages à Laguna de Bay, aux Philippines. Ils ont constaté qu'en mai, les plus gros poissons qui se nourrissaient uniquement de nourriture naturelle se nourrissaient continuellement de l'aube au crépuscule, alors que les petits poissons, pesant moins de 10 g, avaient deux périodes d'alimentation par jour, du lever du soleil au milieu de la matinée et de nouveau du milieu de l'après-midi au coucher du soleil.

D'autres auteurs ont comparé les rations dans des étangs et des rizières au Bangladesh. Les petits et les grands tilapias ont montré un pic d'alimentation unique autour du crépuscule de l'après-midi dans l'étang, mais des pics d'alimentation irréguliers dans la rizière. Cependant, les petits poissons se nourrissaient plus activement que les gros poissons, et l'intensité de l'alimentation et la consommation de nourriture diminuaient avec l'augmentation de la taille des poissons. Le périphyton était la principale nourriture dans la rizière, tandis que les algues filamenteuses et coloniales attachées aux sédiments et à la boue constituaient la principale nourriture de l'étang. Cependant, le zooplancton n'était qu'une composante alimentaire insignifiante dans les deux habitats.

Bamba et al (2007) ont étudié le rythme alimentaire, la ration alimentaire journalière et la quantité d'aliments naturels et artificiels chez des populations d'alevins pesant 6 g, de juvéniles pesant 30 g et d'adultes pesant 250 g d'*Oreochromis niloticus*. Les courbes de consommation alimentaire présentaient deux pics montrant une activité alimentaire périodique et diurne. En dehors des périodes de nourrissage à 9h et 15h, le contenu des estomacs était composé majoritairement d'aliments naturels chez les alevins et juvéniles. En revanche, chez les adultes, l'aliment apporté en plus était plus abondant entre 9 h et 24 h. En dehors de cette période, le bol alimentaire était constitué presque uniquement de nourritures naturelles chez toutes les populations des poissons étudiés. Les quantités d'aliments ingérés quotidiennement étaient de 10 % ; 6,7 % et 3,7 % du poids corporel respectivement chez les alevins, les juvéniles et les adultes. Dans ce même ordre des populations indiquées, les taux d'aliments naturels consommés ont été approximativement de 4 %, 2,31 % et 1 % du poids contre 6, 4,45 et 2,7 % pour l'aliment distribué. Même avec un approvisionnement régulier en aliments les tilapias trouvent une part importante de leur nourriture dans leur environnement.

2.8.2 Fréquence de nourrissage du tilapia du Nil

Le tilapia du Nil se nourrissant principalement de phytoplancton et d'algues, son système digestif est particulièrement adapté à consommer de la nourriture en continu durant toute la période d'activité quotidienne. Cependant dans l'élevage intensif et semi-intensif, les tilapias du Nil sont nourris à différentes fréquences selon les possibilités logistiques et pratiques des piscicultures. Cette fréquence peut varier entre 1 et 4 nourrissages par jour. Plusieurs études ont cherché à déterminer quelles fréquences de nourrissage étaient meilleures, ainsi que la répartition de la ration quotidienne sur les différents moments de la journée.

Caldini et al (2011) ont examiné les effets de différents régimes alimentaires sur la qualité de l'eau et la performance de croissance de tilapias juvéniles. Quinze aquariums de 25 L ont été utilisés pour maintenir 5 alevins, d'un poids moyen d'environ 1,8 g, respectivement durant 6 semaines. Le régime alimentaire et les taux d'alimentation adoptés étaient les mêmes pour tous les poissons. La ration journalière était répartie en quatre repas à 8, 11, 13 et 16 heures. Dans le groupe témoin positif (25/25/25/25/25), la ration journalière a été répartie de façon égale entre les quatre repas. Dans le groupe témoin négatif (40/30/20/10), la ration journalière a été répartie de façon inégale et décroissante (40, 30, 20 et 10%) tout au long de la journée. Dans le groupe expérimental (10/20/30/40), la ration journalière a été répartie de façon inégale et croissante (10, 20, 30 et 40%) tout au long de façon progressive. Les résultats du rapport de conversion alimentaire ont été meilleurs pour 10/20/30/40 que pour les autres groupes. Les auteurs ont conclu que le programme d'alimentation 10/20/30/40 combinait probablement le mieux l'apport alimentaire du poisson avec l'augmentation de la température de l'eau pendant la journée.

Durant une étude de 4 mois réalisée dans des étangs, Zafar et Abu (2017) ont étudié l'effet de la fréquence d'alimentation sur la croissance et la production de tilapias du Nil mono-sexe. Les étangs étaient de taille égale et ont été classés en trois traitements, soit T1, T2 et T3, avec deux répétitions. Une densité d'ensemencement de 200 poissons avec trois fréquences d'alimentation quatre fois par jour « T1 », trois fois par jour « T2 » et deux fois par jour « T3 » ont été utilisées pour l'expérience. Le gain de poids moyen de 323,68, 294,55 et 244,72 g, le gain de poids en pourcentage de 5678,65, 5167,54 et 4293,27, taux de croissance spécifique 3,38, 3,30 et 3,15%, respectivement, ont été enregistrés dans T1, T2 et T3. Le traitement T1 affichait également le meilleur taux de conversion alimentaire et la production de poissons la plus élevée avec 62,42 kg.

Dans une autre étude plus récente sur les fréquences d'alimentation, Adjanke et al (2021) ont réalisé un essai de 6 mois avec des tilapias du Nil d'un poids moyen initial de 4,1 g dans des happas placés en étang. La charge de poissons par happas était de 50 et ces derniers ont été nourris avec un aliment standard Raanan avec une teneur de 32% de protéines brutes à différentes fréquences (F): 1; 2; 3 ou 4 nourrissages par jour. Le traitement avec 4 nourrissages par jour affichait le taux de survie le plus élevé avec 92%, ainsi que le poids moyen final le plus élevé avec 181,6 g. Cependant, le meilleur taux de conversion alimentaire avec 2,1 et la marge la plus élevée avec 3718 CFA ont été enregistré avec 3 nourrissages par jour. La fréquence avec 2 nourrissages par jour s'est soldée par une marge de 490 CFA seulement, alors que les deux autres fréquences ont amené des résultats négatifs. Les auteurs ont conclu que 3 nourrissages par jour (F3) semblaient être la meilleure option, mais que la fréquence de 2 alimentations permettait à l'agriculteur de se livrer à d'autres activités.

Une étude particulièrement intéressante sur la restriction alimentaire et la croissance compensatoire subséquente a été publiée en 2020 (Gallardo-Colli et al.). Les auteurs ont évalué le rendement productif, la composition proximale et les indices somatiques de tilapias du Nil cultivés en biofloc au cours d'une période de 144 jours sous cinq régimes cycliques de restriction alimentaire et d'alimentation. Cinq groupes de traitement, dans lesquels la fréquence de restriction alimentaire (R) et d'alimentation (F) variait selon la durée en jours des phases comme suit : R1/F3, R3/F9, R6/F18, R8/F24 et R12/F36. Chaque traitement a été évalué en trois répétitions. Les cycles ont été répétés tout au long de la période de culture avec un groupe témoin recevant de la nourriture tous les jours. Une compensation complète de la croissance a été obtenue avec les traitements R6/F18 et R12/F36. À la fin de la période de restriction alimentaire, la teneur en protéines brutes et en lipides totaux des tissus musculaires prélevés chez les poissons des groupes traités était semblable à celle des échantillons de tissus musculaires provenant du groupe témoin. Une réduction de plus de 40% des indices somatiques par rapport au groupe témoin a été observée, mais ceux-ci ont récupéré à la fin de la phase d'alimentation. Pour conclure, ces résultats ont indiqué qu'une alimentation cyclique basée sur 12 jours de restriction alimentaire et 36 jours d'alimentation induisait une compensation complète du poids et une restauration des réserves énergétiques.

Il peut être conclu de ces différents résultats que trois nourrissages par jour semblent amener le meilleur compromis au niveau des performances des tilapias du Nil et de la rentabilité économique de la production, malgré les difficultés pratiques de cette fréquence pour des paysans aux activités diverses. De plus, il est important de noter que la performance des tilapias peut rester inchangée avec 12 jours sans aliments, suivis de 36 jours avec provision d'aliments externes. Ce dernier aspect à le potentiel de significativement améliorer les performances économiques de nombreuses piscicultures.

2.8.3 Production de périphyton pour l'alimentation du tilapia du Nil

L'introduction de surfaces dures dans la colonne d'eau afin d'induire la croissance de biofilms et de périphyton sur ces surfaces est une méthode utilisée pour accroître la productivité naturelle du plan d'eau et de produire de la nourriture pour les organismes aquatiques d'élevage. Dans les systèmes basés sur le périphyton en Afrique et en Asie, l'introduction de substrats et le développement subséquent du périphyton influencent positivement la qualité de l'eau et la production des espèces cibles.

Dans une étude Israélienne (Harpaz et al. 2005), cette technique a été évaluée dans la culture de tilapia biologique. Pour les auteurs, les coûts nettement plus élevés pour des aliments biologiques réduisent fortement le potentiel économique de ce mode de production. Pour cette raison, une expérience a été réalisée à la station aquacole de Dor afin d'étudier des méthodes d'amélioration de la production alimentaire naturelle pour le tilapia, couplée à une réduction des aliments ajoutés. Des surfaces en plastique immergées représentant 40% de la surface du bassin ont été immergées dans des bassins de polyculture contenant 85% de tilapia hybrides, issus d'un croisement entre *Oreochromis niloticus* et *Oreochromis aureus*. Une réduction de 40% de la quantité d'aliments granulés a également été testée. Le traitement a amélioré la nitrification et permis d'économiser 40% des coûts d'alimentation, avec seulement une réduction de 10% du taux de croissance et du rendement du tilapia. Ces résultats indiquent que l'aquaculture à base de périphyton est une technologie appropriée pour réduire les coûts de production et permettre une production biologique de tilapia économiquement viable.

Gonzalez et al (2012) ont réalisé un essai pour évaluer les effets du périphyton sur la concentration de phytoplancton dans l'eau et l'indice de diversité des algues de Shannon Weaver. Pour cet essai, 18 étangs en terre et mesurant 90 m² ont été utilisés dans des conditions de polyculture extensive et à faible densité de peuplement. La densité des poissons était de 2,6 tilapias du Nil/m² et de 0,7 bocachico/m². Les traitements consistaient en l'inclusion ou l'absence de substrat. Le substrat utilisé était des tuyaux en polyéthylène pour la fixation du périphyton. Les traitements avec substrat, B1, et sans substrat, B2, ont été comparés. La présence du substrat pour la fixation du périphyton a entraîné une concentration plus élevée d'organismes dans les traitements, ainsi qu'une diversité plus élevée de ces derniers. La concentration a encore plus augmentée par rapport au contrôle dans le temps.

Sakr et al (2015) ont également évalué les effets de la réduction des niveaux de protéines alimentaires, en présence de substrats de périphyton, sur la performance des juvéniles de tilapia du Nil élevés dans des cages en filets fixées dans un étang de terre. Quatre rondins de bois d'une surface to-

tale d'environ 1 m² ont été fixés à l'intérieur des cages expérimentales comme substrats de périphyton. Les tilapias du Nil, d'un poids moyen initial de 2,37 g, ont été placés dans les cages d'1 m³ et nourris avec l'un des trois régimes suivants : contenant 25 % de protéines et sans périphyton, contenant 20 % de protéines et avec périphyton ou contenant 15 % de protéines et avec périphyton. Après 70 jours, les tilapias nourris avec les régimes à faible teneur en protéines avec du périphyton ont obtenu de meilleurs résultats que ceux nourris avec le régime témoin à 25 % de protéines. La composition finale de la chair des poissons n'a pas été significativement affectée par les traitements alimentaires et le régime avec la plus faible teneur en protéines et avec du périphyton était le plus rentable.

2.8.4 Plantes aquatiques dans l'alimentation du tilapia du Nil

Le potentiel de différentes plantes aquatiques dans l'alimentation du tilapia du Nil a fait l'objet de plusieurs recherches, notamment grâce à leur potentiel pour remplacer la farine de poisson dans l'alimentation d'espèces omnivores et herbivores élevées en pisciculture.

Rifai (1979) a comparé l'efficacité de trois espèces de plantes aquatiques, à savoir *Hydrilla verticillata*, *Lemna minor* et *Chara sp* pour l'alimentation de tilapias du Nil élevés en happas dans des étangs. Les résultats de l'étude ont montré que *Lemna minor*, la petite lentille d'eau, avait le meilleur effet sur le taux de croissance des poissons à tous les niveaux de densité d'ensemencement. Le taux de conversion des aliments variait de 19 à 33 avec le taux le plus bas pour *Lemna minor* et le plus élevé pour *Chara sp*.

Dans une étude similaire, Agbede et al (2001) ont nourri 60 alevins de tilapia du Nil avec trois espèces de plantes aquatiques, soit *Azolla filiculoides*, *Elodea sp* et *Pistia stratiotes*. L'objectif était de déterminer quelle plante a été consommée de manière sélective et préférée en comparaison aux autres. Un groupe témoin de 20 tilapia du Nil a reçu des aliments composés. L'*Azolla filiculoides* s'est avérée très utilisée, l'*Elodea sp* et les racines de *Pistia stratiotes*. La réaction de croissance des poissons aux diètes est la plus élevée chez les poissons nourris d'aliments composés dans le contrôle, suivis d'*Azolla filiculoides* et d'*Elodea sp*, tandis que *Pistia stratiotes* a produit une tendance de croissance négative.

Plus tard, Bag (2012) a réalisé une étude pour évaluer le potentiel nutritionnel de 3 plantes aquatiques communément disponibles, à savoir la lentille d'eau (*Lemna minor*), la jacinthe d'eau (*Eichhornia crassipes*) et l'*Azolla* (*Azolla pinnata*), afin de déterminer si elles convenaient pour l'alimentation d'*Oreochromis mossambicus* dans le but de réduire les dépenses en aliments traditionnels. 3 régimes iso-protéiques, avec 30 % de protéines brutes environ, et iso-caloriques, avec 4 kcal/g environ, ont été formulés, comprenant soit des lentilles d'eau, de la jacinthe d'eau ou de l'*Azolla* comme principal ingrédient. Trois groupes de 30 tilapias chacun, avec un poids moyen initial de 5,1 g ont été nourris avec un des 3 aliments durant 90 jours. Le gain de poids corporel, le ratio de conversion alimentaire, le ratio d'efficacité protéique et l'indice gonado-somatique étaient significativement plus élevés chez les poissons nourris avec l'aliment à base de farine de lentilles d'eau. Les auteurs ont conclu que les lentilles d'eau contenaient probablement des protéines de qualité supérieure qui, à leur tour, peuvent influencer la croissance, les paramètres de croissance et la fécondité des poissons d'élevage.

Plusieurs études ont également confirmé l'utilité des lentilles d'eau comme aliment supplémentaire aux aliments habituels. Ainsi, dans des étangs fertilisés, l'étude réalisée par Talukdar et al (2012), ainsi que celle d'Uddin et al (2014), ont mis en évidence une productivité supérieure des étangs recevant un apport régulier de lentilles d'eau.

En dehors de la comparaison de différentes plantes aquatiques comme aliments pour le tilapia du Nil, d'autres auteurs se sont penchés sur les performances des poissons lorsque de la farine de lentille d'eau était utilisée dans la formulation de l'aliment des tilapias. Par exemple, Ofojekwu et al (2010) ont trouvé que le taux de remplacement optimal de la farine de poisson dans un aliment composé par de la farine de lentilles d'eau était de 15%. Les taux de remplacement plus élevés ont amené une baisse considérable des performances de croissance des tilapias. Dans une autre étude, Ibrahim et al (2017) ont trouvé que le meilleur taux de remplacement de la farine de soja avec de la farine de lentilles d'eau était de 25%. Les performances des poissons étaient également acceptables dans les autres traitements même avec 100% de remplacement. Ce dernier traitement présentait l'avantage supplémentaire de réduire nettement les coûts de l'aliment.

La fermentation des lentilles d'eau avant leur transformation en farine a également été étudiée. Pibandoyo et al (2019) ont trouvé qu'une durée de fermentation de 7 jours amenait les meilleures performances de croissance chez les tilapias du Nil en comparaison aux traitements sans fermentation, 14 jours de fermentation et 21 jours de fermentation. Dans une étude de suivi, Vivi et al (2020) ont trouvé que l'inclusion de 2,5% de farine de lentilles d'eau fermentées amenait les meilleures performances des poissons, ainsi qu'une meilleure composition de la chair des poissons qui contenait plus de lysine et d'acide gras linoléiques.

La quantité élevée de ces acides gras linoléiques dans la chair peut être expliquée par la teneur des lentilles d'eau. Chakrabarti et al (2018) ont étudié la composition chimique des lentilles d'eau en détail. Ces chercheurs ont trouvé que cette plante est une riche source d'acides aminés essentiels (39,20%), non essentiels (53,64%) et non protéinogènes (7,13%). Parmi les acides aminés essentiels, la leucine, l'isoleucine et la valine constituent 48,67%. L'acide glutamique représente 25,87% du total des acides aminés non essentiels. Ils ont également trouvé de la citrulline, de l'hydroxyproline, de la taurine dans les lentilles. La composition en acides gras est dominée par les acides gras poly non-saturés, avec 60-63% des acides gras totaux, principalement l'acide α -linoléique à environ 41-47% et l'acide linoléique à 17-18%.

La génétique des tilapias étudiés pourrait avoir un impact significatif sur les résultats obtenus avec des lentilles d'eau comme aliment. Nouanthavong et Preston (2016) ont élevé des alevins de tilapias provenant de deux groupes de parents. Le premier groupe parental a été alimenté avec des lentilles d'eau et le deuxième groupe a été alimenté avec de l'aliment commercial. La progéniture issue de chaque groupe a ensuite été divisée en deux groupes nourris à leur tour avec soit des lentilles d'eau soit de l'aliment commercial. Finalement, la progéniture issue du groupe parental élevé avec des lentilles d'eau comme aliment présentait des meilleures performances de croissances indépendamment de l'aliment que ces poissons recevaient.

Dans une étude parue en 2020, Abdel-Gawad et al ont mis en évidence l'effet protecteur que peut avoir la lentille d'eau lorsque les tilapias du Nil sont exposés à la pollution de l'eau par des métaux lourds. Les auteurs ont exposé des alevins de tilapia du Nil à du cuivre, à une concentration de 0,004 et 0,02 mg/l, et à du zinc, à une concentration de 0,5 et 1,5 mg/l. L'expérience a duré 4 semaines. et au poisson nourri pendant quatre semaines. Les résultats ont montré que le zinc avait des effets toxiques plus prononcés que le cuivre. Une faible dose de cuivre n'a pas influé sur la croissance, alors que des doses plus élevées de cuivre et de zinc ont réduit significativement le taux de croissance du tilapia comparativement au témoin, mais l'ajout de lentilles a empêché la perte de poids. De plus, en présence d'une forte dose de Cu et de Zn, les dommages à l'ADN ont diminué, les expressions géniques antioxydantes et les activités enzymatiques ont augmenté avec l'apport de lentilles d'eau.

En 2020, Kristiana et al ont également démontré l'efficacité d'un extrait de noni, *Morinda citrifolia*, comme composante dans l'aliment de tilapias du Nil. En ajoutant 500 ml d'extrait par kg d'aliment les poids finaux, le taux de croissance et le taux de conversion alimentaire étaient nettement plus élevés, suggérant un effet bénéfique de cet extrait sur la santé des poissons.

Dans l'ensemble, les lentilles d'eau semblent être une catégorie de plante aquatique particulièrement intéressante comme aliment de supplément ou comme composante dans les mélanges d'aliments composés, avec des effets positifs sur les performances des tilapias du Nil, leur santé et la composition finale de leur chair.

2.9 Reproduction du tilapia du Nil

2.9.1 Reproduction du tilapia du Nil en général

La reproduction du tilapia du Nil commence par la construction et la défense de l'aire de frai par les mâles, suivie d'une cour entre le mâle résident et une femelle visiteuse, qui ne dure que quelques heures, après quoi les œufs sont relâchés et fécondés. La femelle du tilapia du Nil libère de façon répétée une chaîne d'environ 20 à 50 œufs, puis le mâle passe directement sur les œufs, la papille génitale pressant contre le fond du nid ou du réservoir, et libère un nuage de laitue. La femelle revient immédiatement et prend les œufs fécondés dans sa bouche.

Des études ont montré que la fécondation des œufs de tilapia du Nil se produit également à l'intérieur de la bouche de la femelle. Certains auteurs ont observé que la femelle libère ses œufs au fond de l'aquarium et les ramasse immédiatement dans sa bouche avant la fécondation. Ensuite, le mâle s'approche avec sa papille génitale près de la bouche de la femelle et commence à libérer sa laitue, après quoi la femelle commence à l'aspirer dans la bouche. Ce processus dure habituellement de 4 à 6 min, après quoi la femelle quitte la zone de frai. Ce phénomène a également été observé chez un autre tilapia, *Oreochromis macrochir* (El-Sayed, 2006). On peut donc remarquer que la fécondation des œufs de certaines espèces de tilapia peut se produire à l'intérieur ou à l'extérieur de la bouche de la femelle. On ne sait pas quand ni pourquoi ces poissons préfèrent l'une ou l'autre méthode.

Un autre phénomène étrange et intéressant de la reproduction du tilapia du Nil est le comportement des mâles subordonnés. Certaines études ont constaté que le mâle dominant établit un territoire, construit des nids et attire la femelle. Cependant, dans un certain nombre de cas, les auteurs ont observé que le mâle subordonné se faufile entre un couple reproducteur après l'accouchement et commence à libérer de la laitue près de la bouche de la femelle et près des œufs libérés. La femelle suce alors la laitue et ramasse les œufs dans sa bouche. Il a été suggéré que ces deux tactiques d'accouplement, territoriale et furtive, pourraient faire partie d'une stratégie évolutive stable.

Le tilapia du Nil est caractérisé par une faible fécondité et des œufs relativement gros. Cette espèce produit entre 100 et plus de 3000 œufs par ponte, la taille des œufs variant entre 2 à 7,9 mm. La fécondité varie considérablement entre les femelles d'une même espèce, et même entre les femelles de tailles similaires, surtout dans les classes de poissons de grande taille. En outre, la fécondité et la taille des œufs sont directement liées à la taille, la longueur et l'âge des poissons, mais toujours avec une grande variabilité. Il a également été constaté que les petits géniteurs de tilapia du Nil produisaient beaucoup plus d'œufs, avec des intervalles de ponte plus courts, que les gros poissons, sur une période de 105-116 jours. Cependant, les grosses femelles produisent habituellement plus d'œufs par couvée. On a également constaté que les gros œufs contenaient plus de vitellus, ce qui donnait naissance à des alevins plus gros qui croissaient mieux et résistaient mieux à la famine et aux conditions environnementales sévères (El-Sayed, 2006).

L'âge et la taille à la première maturité du tilapia varient considérablement d'une espèce à l'autre et même à l'intérieur d'une même souche. Dans des conditions naturelles favorables, le tilapia du Nil atteint sa maturité sexuelle à une taille de 20 à 30 cm, soit un poids de 150 à 250 g. Cependant, le tilapia peut arriver à maturité à petite taille dans de nombreuses régions du monde, ce qui indique généralement que les poissons sont soumis à des conditions environnementales stressantes ou à une surexploitation. Dans un milieu naturel, l'âge et la taille à la première maturité du tilapia sont influencés par les conditions environnementales, les obstacles géographiques, l'approvisionnement alimentaire et la superficie des plans d'eau.

Dans des conditions d'aquaculture, les tilapias atteignent généralement une taille plus petite que dans les milieux naturels. Graaf (2004) a constaté que le tilapia du Nil d'élevage atteint sa première maturation à environ 30 g. En général, la taille à la première maturation des tilapia femelles dans des conditions d'aquaculture varie de 30 à 50 g, comme l'ont signalé plusieurs autres auteurs. La quantité et la qualité de la nourriture ainsi que les régimes alimentaires influent également sur la taille à la première maturité et la productivité des géniteurs tilapia. De nombreux auteurs ont constaté que le poids moyen du tilapia du Nil à la première fraye avait tendance à augmenter avec l'augmentation de la teneur en protéines alimentaires.

2.9.2 Gestions de la reproduction en étang

Pour la production d'alevins en étangs, Kestemont et al (1989) ont clairement différenciées les méthodes d'élevage mixte, avec différentes catégories d'âge dans le même étang, des méthodes d'élevage avec des classes d'âge séparées.

La méthode mixte consiste dans l'élevage simultané dans un seul étang d'un mélange de poissons de toutes tailles. Cette pratique est généralement réalisée dans de grands étangs, d'un minimum de 10 ares, mais couvrant le plus souvent de 50 ares à quelques hectares. Ces étangs sont équipés des systèmes classiques d'adduction, de contrôle et d'évacuation des eaux. Il s'agit d'une méthode pour produire des poissons de consommation, trouvant son intérêt en tant que méthode simple bien adaptée à la pisciculture rurale. Cette méthode réalise en permanence l'alevinage et la production dans le même étang et la mise en charge est effectuée à partir de poissons de tous les âges, depuis l'alevin jusqu'au reproducteur, et à une densité relativement élevée, de l'ordre de 100 à 500 kg/ha, ou même jusqu'à 1000 kg/ha. Après trois à quatre mois, la charge de l'étang devient voisine de sa capacité biotique. La charge est maintenue à ce niveau par des pêches intermédiaires. Après huit à douze mois, l'étang est généralement vidé et tout le poisson récolté.

On prélève alors sur la récolte la quantité de poissons de toutes les tailles nécessaires à une nouvelle mise en charge. Le grand avantage de cette méthode est de loin sa simplicité. Si les poissons sont bien alimentés artificiellement, elle permet des productions élevées, mais la reproduction précoce des tilapias amène rapidement une surpopulation en jeunes sujets. Si l'on recharge l'étang avec des poissons de toutes tailles, y compris ceux de mauvaise croissance, la méthode ne permet pas d'amélioration génétique. Pour remédier à cette faiblesse, il est important de renouveler périodiquement la source des poissons de stockage.

Deuxièmement, le Mélange temporaire des âges est une variante de cette méthode qui consiste à mélanger temporairement les classes d'âges. La mise en charge est effectuée des densités allant de 1000 à 30000 individus/ha, avec des poids moyens de 15 g, selon la quantité et la qualité de l'aliment fourni. De sept à dix mois plus tard, les poissons de poids supérieur et inférieur à 40 g sont séparés. Cette méthode permet une production de 1.7 à 4.4t/ha/an, mais elle a le même inconvénient que la méthode précédente, l'absence de contrôle de la population qui peut quintupler en l'espace de 7 à 9 moi. D'autre part, la quantité d'alevins produits représente presque toujours 50% du poids total des poissons récoltés à la vidange.

Cette technique ne peut toutefois pas être préconisée comme méthode de production d'alevins, le nombre d'alevins produits oscillant entre 0.46 et 1.23 individus/m²/mois, valeurs nettement inférieures à celles obtenues avec des méthodes plus élaborées utilisant des classes d'âge séparées. De plus, l'âge des poissons est un facteur important à considérer et il est primordial d'utiliser des alevins récemment éclos plutôt que des poissons de petite taille, atteints de nanisme et se reproduisant de façon précoce. Une autre faiblesse de ces deux méthodes est que dans de nombreux cas, un problème d'approvisionnement en alevins est observé, provenant du fait qu'une part trop importante des poissons de petite taille sont vendus et les quantités maintenues sont alors trop faibles pour garantir une nouvelle mise en charge adaptée de l'étang.

Avec la méthode de production d'alevins par classes d'âge séparées, l'alevinage et le grossissement sont réalisés dans des étangs différents. Deux techniques sont généralement utilisées pour cette méthode. La première option est l'emploi d'un étang de reproduction servant à la fois d'étang-frayère et d'alevinage, jusqu'à la pêche de poissons d'environ 30 g. La deuxième option est l'utilisation d'un premier étang de reproduction et de premier alevinage pour obtenir des alevins de 0.5 à 5 g, suivi de l'utilisation d'un étang de pré-grossissement visant la production de jeunes tilapias pesant entre 20 et 30 g). Afin de maintenir une population standard de géniteurs et éviter les conséquences néfastes des croisements consanguins, le nombre minimum de géniteurs à disposition devrait se situer entre 390 et 500 individus, soit 195 à 250 couples. Néanmoins, ce chiffre peut être réduit à 100-150 individus pour une opération de taille modeste. Après une période de reproduction d'environ deux an, il est nécessaire de renouveler le stock de géniteurs pour des raisons de fertilité.

Pour les piscicultures disposant uniquement d'étangs de petite surface, l'emploi de petits étangs de 9 à 12 m² dans lesquels on ne déverse qu'un seul couple de géniteurs est suggéré. La faible superficie de ces étangs permet la pêche régulière des alevins avec un carrelet ou une épuisette. Ce type

d'étangs ne nécessite ni moine, ni pêcherie car il est généralement vidé une fois par an par siphonnage. Cette méthode permet une production de 200 à 300 alevins par couple de géniteurs et par mois. La fréquence des pontes et la production d'alevins est mieux assurée en installant dans ces petits étangs 4 à 6 femelles avec 2 à 3 mâles, car cela évite l'absence de production par stérilité de l'un des géniteurs. Un ratio mâle-femelle de 1 : 3 avec un groupe de reproduction par m³ peut encore augmenter la productivité en alevins de ces petits étangs.

La production d'alevins pesant entre 20 et 30 g varie fortement selon le schéma de production, la densité d'élevage, ainsi que la qualité et le taux d'alimentation. 30 jours d'élevage sont nécessaires pour obtenir des alevins pré-grossis pesant 4 à 5 g, en commençant avec des jeunes alevins de 0.5 g. Le développement d'alevins de 20 à 30 g à partir d'alevins pré-grossis nécessite deux à trois mois. Cependant, la durée d'élevage peut être nettement réduite lorsque celui est effectué à des densité de 3 alevins/m².

2.9.3 Contrôle de la reproduction en étang d'engraisement

Dans les systèmes où l'alevinage et l'engraisement sont effectués dans différents étangs, le contrôle de la reproduction des tilapias engraisés est crucial pour éviter une surpopulation rapide due au recrutement et la croissance lente de tous les individus qui en résulte. Un certain contrôle peut également être souhaitable dans des systèmes d'élevage avec des classes d'âge mixtes.

Lors d'une étude réalisée en 1980, Rifai avait pour objectif de limiter le taux de reproduction dans les étangs naturels en élevant les tilapias du Nil dans des cages qui ne touchaient pas le fond de l'étang. Le taux de reproduction observé était faible avec 5 des 27 cages contenant des alevins. Il a principalement trouvé des œufs transportés dans la bouche par les femelles dans les cages. L'auteur avait conclu que les cages placées de manière réfléchie et avec des mailles suffisamment larges pouvaient empêcher la fécondation des œufs en les laissant passer et de tomber hors de la portée des parents. De cette manière, une grande partie des œufs ne pouvait pas se développer car ils n'étaient pas couvés.

Dans une autre étude, Kohinoor et al (1999) ont mis en évidence que le tilapia rouge, un hybride d'*Oreochromis niloticus* et *Oreochromis mossambicus*, se reproduisait nettement moins en étang le tilapia du Nil. Trois étangs respectivement ont étéensemencés avec des alevins de tilapia du Nil avec un poids moyen initial de 11,4g et des alevins de tilapia rouge avec un poids moyen initial de 10,72g, à une densité de 20 000 alevins/ha. Une alimentation supplémentaire composée de son de riz a été donnée quotidiennement à 4-6% de la biomasse sur pied. Les étangs ont été fertilisés tous les 15 jours avec du fumier de bovins à raison de 750 kg/ha. Après six mois d'élevage, des productions brutes de poissons de 3218 et 3017 kg/ha ont été obtenues dans les étangs contenant des tilapias du Nil et des tilapias rouges respectivement. Cependant, la production de poissons de table pesant plus de 80 g s'est élevée à 2366 et 2823 kg/ha respectivement. L'analyse des coûts et des avantages a montré que la culture du tilapia rouge était plus profitable. Pour terminer, les auteurs ont attribué ce fait à la reproduction presque 5 fois inférieure du tilapia rouge en comparaison au tilapia du Nil en termes de la biomasse d'alevins produite.

La polyculture du tilapia du Nil avec le poisson-chat africain est souvent utilisée en Afrique pour contrôler la reproduction de la première espèce. Cependant, ce système nécessite une bonne connaissance des stocks de poissons dans l'étang et des ratios de stockage appropriés pour chaque espèce présente. De plus, le poisson-chat n'est pas un prédateur très agressif ce qui a amené certains auteurs à remettre en question son effectivité pour le contrôle de la reproduction du tilapia.

Par exemple, Lazard et Oswald (1995) ont indiqué que si l'utilisation de poissons policiers dans l'élevage de tilapia pour lutter contre la surpopulation était de plus en plus courante chez les pisciculteurs africains, les données provenant de cultures mixtes de *Clarias gariepinus* et d'*Oreochromis niloticus* montraient aussi qu'une grande quantité de *Clarias gariepinus* était nécessaire pour contrôler totalement la reproduction des alevins de tilapias initialementensemencés pour l'engraisement. Pour contrôler une population de 1200 tilapias de sexes mixtes dans des étangs de 10 ares, il fallait au moins 260 poissons-chats d'un poids moyen individuel supérieur à 150 g. De plus, la croissance et le rendement des tilapias était réduits comparativement à une polyculture utilisant des espèces strictement ichtyophages comme *Hemichromis fuscatus*, *Parachanna obscura* ou *Heterotis niloticus* pour servir de poissons policiers. D'après ces auteurs, les conseillers en Côte d'Ivoire ont commencé à re-

commander une polyculture utilisant 3 espèces le tilapia du Nil, un poisson strictement piscivore et une espèce de poisson-chat.

Les conclusions de ces auteurs ont également été partagées par Graaf (2004) qui ont trouvé que le recrutement de tilapias du Nil était efficacement contrôlé avec des poissons-chats Africains à une densité de 8300/ha ou avec des *Parachanna obscura* à une densité de 725/ha. Une densité 10 fois plus élevée de poissons-chats était donc requise pour obtenir les mêmes résultats. Les auteurs ont conclu que cette différence était principalement due aux habitudes alimentaires différentes des deux espèces, l'une étant omnivore et l'autre purement carnivore.

De même, Yi et al (2004) ont mené une expérience dans 18 bassins fertilisés en terre d'une surface de 200 m², afin d'évaluer l'efficacité de la tête de serpent asiatique, *Channa striata*, dans le contrôle du recrutement du tilapia du Nil mixte et pour évaluer les caractéristiques de croissance et de production du tilapia du Nil en monoculture et en polyculture. Il y a eu six traitements : monoculture de tilapia mâle inversé, monoculture de tilapia mixtes, polyculture de tête de serpent et de tilapia mixtes avec un ratio de 1:80; (D) polyculture avec un ratio de 1:40, polyculture avec un ratio de 1:20 et polyculture avec un ratio de 1:10. Les résultats ont montré que les têtes de serpent ont réussi à contrôler complètement le recrutement de tilapia du Nil à tous les ratios prédateur-proie testés et que le meilleur rapport prédateur-proie était de 1:80. Cependant, l'ajout de têtes de serpent dans les étangs de tilapia du Nil n'a pas entraîné une augmentation significative de la croissance des tilapia, mais a réduit significativement les rendements nets et bruts totaux des tilapia adultes et des tilapia recrutés.

Malgré les désavantages de l'utilisation du poisson-chat, de nombreux auteurs ont tenté de déterminer sous quelles conditions cette espèce pouvait néanmoins servir à contrôler le recrutement. En 1996, Lin a mené une expérience afin d'évaluer les effets de la polyculture sur la croissance du tilapia et d'évaluer le poisson-chat Africain comme prédateur de la progéniture indésirable du tilapia dans un système de polyculture. Le contenu intestinal des poissons-chats Africains a été analysé deux semaines avant la fin de l'expérience. Les analyses ont montré que 47% des poissons-chats échantillonnés contenaient l'un des éléments suivants dans l'estomac ou les intestins : poisson entier, poisson partiellement digéré, chair de poisson, écailles, nageoires ou arêtes et 26% avaient des alevins fraîchement ingérés dans l'estomac. La prédation des alevins de tilapia par le poisson-chat africain était suffisamment efficace pour servir de contrôle de la population de tilapias. Cependant, d'après l'auteur, la prédation active ne se produit que dans les systèmes d'élevage semi-intensif où les poissons reçoivent leur alimentation naturelle.

Naggar (2007) a évalué l'efficacité du poisson-chat africain dans le contrôle de la reproduction indésirable du tilapia du Nil en phase de grossissement et la performance du tilapia dans ce système de polyculture avec un système de production à faibles intrants. Des alevins de tilapia de sexe mixte, avec un poids moyen initial de 0,15 g, ont étéensemencés à raison de 2 poissons/m² et des poissons-chats Africain, avec un poids moyen de 223 g, ont été introduits deux mois plus tard à raison de 7 et 13% de tilapia respectivement dans le traitement 2 et 3, en plus du premier traitement où aucun poisson-chat n'a été introduit. Les étangs ont été fertilisés chaque semaine à l'aide de fumier de poulet à raison de 500 kg/ha. A la fin de la période expérimentale de trente semaines, le poisson-chat a réduit de manière significative la biomasse d'alevins de tilapia récupéré à 14,9 et 8 % du rendement total de poissons dans le traitement 2 et 3 respectivement, par rapport aux 26,6 % obtenus dans avec le traitement 1. La production de tilapia en polyculture avec le poisson-chat était significativement inférieure à celle de la monoculture de tilapia alors que, d'autre part, la production totale de poissons était significativement plus élevée dans le cas des deux traitements de polyculture. La conclusion de l'auteur a été que sous ce taux d'empoissonnement et ce système de production, l'introduction du poisson-chat au taux de 13% du total de tilapias a non seulement éliminé 70% du recrutement total mais a également augmenté la production totale de poissons de taille commercialisable dans les deux traitements de polyculture.

Une étude réalisée en 2010 (Ibrahim et al.) a également comparé la monoculture et la polyculture du tilapia du Nil avec le poisson-chat Africain en termes de qualité de l'eau, de production et de performance économique. Les 4 traitements comparés étaient les suivants : 100% tilapia, 75% tilapia + 25% poisson-chat, 50% de chaque espèce et 100% de poisson-chat. Tous les étangs ont étéensemencés à raison de 3 poissons/m². La qualité de l'eau n'a pas été influencée par les différents traitements, alors que les rendements nets en poisson ont été de 5,71, 9,84, 11,03 et 11,35 tonnes/ha. Ces

chiffres correspondaient à des gains de poids journaliers de 36,60, 63,08, 70,69 et 72,75 kg/ha/jour pour les traitements respectifs. Les aliments consommés étaient de 7,59, 10,84, 13,48 et 17,03 tonnes/ha pour les quatre traitements. Le rendement des poissons et la consommation d'aliments étaient les plus élevés dans le cas de la monoculture de poisson-chat, suivi par le traitement avec 50 % de poisson-chat, 25 % poisson-chat et 0 % poisson-chat. Le bénéfice net des deux traitements de polyculture a été significativement plus élevé que celui des deux traitements de monoculture, bien qu'aucune différence significative n'ait été observée entre les deux traitements de polyculture ou entre les deux traitements de monoculture. Finalement, le traitement avec 25% de poisson-chat a généré les rendements économiques les plus élevés.

De même, Hussein (2011) a analysé l'impact du poisson-chat Africain comme prédateur pour le recrutement de tilapias dans un système de polyculture avec des poteaux de bambou comme substrat pour le développement du périphyton. Les trois traitements ont été testés dans des bassins de terre de 200 m² avec fertilisation, alimentation complémentaire et poteaux de bambou. Les traitements étaient les suivants : 400 tilapias du Nil mâles+200 carpes communes+100 poissons-chats, 400 tilapias du Nil de sexe mixte+200 carpes et 400 tilapias du Nil de sexe mixte+200 carpes +100 poissons-chats. Les analyses statistiques ont indiqué que la performance de croissance et la production étaient significativement plus élevées pour le traitement avec les tilapias mâles et les poissons-chats. La production de tilapias de sexe mixte en polyculture sans poisson-chat africain était significativement plus faible que dans les systèmes avec les tilapias mâles ou avec les tilapias mixtes avec poisson-chat. Le rendement brut moyen en kg/200m² variait entre 348,5 kg/étang, 208,8 kg/étang et 301,1 kg/étang respectivement. L'étude a indiqué une production nettement plus élevée pour des tilapias de sexe mixte en combinaison avec les poissons-chats introduits à un ratio de 25%.

Shoko et al (2014) ont mis en évidence des résultats similaires en comparant la monoculture de tilapias du Nil avec une polyculture incluant le poisson-chat africain à un ratio 1:3 tilapias. Les paramètres de croissance, le taux de conversion alimentaire et le taux de survie n'ont pas significativement différenciés entre les systèmes d'élevage. Cependant, le rendement des poissons était plus élevé en polyculture, avec 45,74 tonne/ha, qu'en monoculture avec (30,77 tonnes/ha).

Dans une étude réalisée l'année suivante, Shoko et al (2015) ont également analysé la biologie reproductive et le comportement reproducteur précoce de femelles de Tilapia du Nil élevées en monoculture et en polyculture avec des poissons-chats Africains dans des étangs de terre pendant 8 mois. Leurs résultats n'ont révélé aucune différence significative de longueur à la première maturité entre les femelles des deux groupes. De même, aucune différence significative n'a été détectée entre les deux systèmes de culture en ce qui concernait la fécondité absolue, la fécondité relative, l'indice gonado-somatique et le facteur de condition. L'étude a conclu que la reproduction précoce du tilapia en captivité n'est pas affectée par les systèmes d'élevage utilisés.

Limbu et al (2015) ont évalué l'efficacité de différentes tailles de poissons-chats Africain dans le contrôle du recrutement de tilapia du Nil de sexe mixte élevés en bassins, ainsi que les effets sur la performance de croissance, le pourcentage de survie et le rendement. Les trois traitements consistant d'étangs ensemencés de tilapias du Nil de sexe mixte en monoculture, en polyculture avec des poissons-chats de grande taille, avec un poids moyen de 62,5 g, et de petite taille avec un poids moyen de 40 g ont été nourris pendant 126 jours. Les résultats ont montré que le nombre de recrues était significativement plus faible chez les grands poissons-chats que chez les plus petits et chez les tilapias du Nil en monoculture. La polyculture avec des poissons-chats plus grands a entraîné une croissance significativement plus élevée du tilapia du Nil. Les grands poissons-chats ont réduit le nombre de petites recrues de faible valeur, tandis que le rendement de tilapia du Nil de grande taille et de plus grande valeur a augmenté. Cette étude a révélé que les pisciculteurs peuvent réduire la reproduction prolifique, obtenir un meilleur rendement de croissance et produire des tilapias du Nil commercialisables de plus grande taille en ensemençant les étangs avec des grands poisson-chat d'au moins 60 g comme prédateurs.

Lors de l'élevage mixte de ces deux espèces à partir du stade d'alevins, Zahidah et al (2015) ont observés que les taux de survie et de croissances les plus élevés étaient obtenus avec un ratio 1 :1 de tilapias du Nil et de poissons-chats.

Finalement, il apparaît que le poisson-chat Africain peut contrôler efficacement la reproduction de tilapias du Nil de sexe mixte si les conditions nécessaires sont remplies. La prédation des alevins de tilapias par les poissons-chats est plus efficace quand les poissons sont nourris avec des aliments du milieu aquatique. De plus, un poids minimal des poissons-chats introduits de 60 g assure une meilleur

leur efficacité de la prédation. Le ratio prédateur-proie offrant le meilleur équilibre entre le contrôle du recrutement des tilapias et la rentabilité de la pisciculture se situe entre 1 :3 et 1 :4. Avec des poissons policiers aux habitudes alimentaires purement carnivores, comme *Hemichromis fasciatus*, *Parachanna obscura* ou *Heterotis niloticus*, le contrôle de la reproduction des tilapias du Nil à lieux de manière efficace même avec un ratio-prédateur-proie nettement plus bas de 1 :80.

2.10 Paramètres d'eau et influence sur la croissance du tilapia du Nil

2.10.1 Valeurs optimales des paramètres d'eau

El-sayed (2006) a abordé le sujet de l'influence des paramètres d'eau sur les performances du tilapia du Nil, notamment la température, la salinité, l'oxygène dissout, l'ammoniac, les nitrites et le pH.

La température est l'un des facteurs les plus importants qui influent sur la physiologie, la croissance, la reproduction et le métabolisme du tilapia. La température est primordiale dans les régions tempérées et subtropicales, caractérisées par des fluctuations saisonnières de la température de l'eau. Le tilapia est un poisson thermophile qui tolère une grande variété de températures de l'eau. Des recherches approfondies ont été menées sur les effets de la température de l'eau sur la performance du tilapia. La plage de température pour le développement, la reproduction et la croissance normales du tilapia est d'environ 20 à 35 °C, avec une plage optimale d'environ 25 à 30 °C. Cependant, même à l'intérieur de cette gamme étroite de températures de l'eau, il peut y avoir une énorme différence dans la croissance et l'efficacité alimentaire du tilapia. Une étude a évalué les effets de trois températures de l'eau, 24, 28 et 32 °C, sur la croissance et la conversion alimentaire d'alevins de tilapia du Nil élevés dans un système de recirculation. La croissance des poissons à 28 °C était presque deux fois plus élevée qu'à 24 et 32 °C et la performance des poissons à 24 et 32 °C n'était pas significativement différente. Une température optimale de l'eau est essentielle pour une croissance maximale des poissons. L'alimentation des tilapias est fortement réduite en dessous de 20 °C, et ils cessent de s'alimenter à environ 16 °C, tandis qu'une mortalité élevée survient à 12 °C (ibid.).

Contrairement à la tolérance limitée aux températures inférieures du tilapia, il peut tolérer des températures de l'eau relativement élevées. Les limites supérieures de température létale pour le tilapia se situent entre 40 à 42 °C et les poissons ne survivent pendant longtemps en dessus de ce seuil (ibid.).

En ce qui concerne le taux de salinité de l'eau, le tilapia du Nil peut tolérer des taux allant jusqu'à 30‰ sans effet majeur sur les performances. A partir de ce niveau, la salinité de l'eau affecte la reproduction du tilapia. Le développement des gonades et le frai du tilapia du Nil ont eu lieu à des salinités de 17 à 29‰. Cependant, la reproduction s'est arrêtée complètement à des salinités supérieures à 30‰. Une étude a constaté que la salinité de l'eau avait une incidence importante sur le rendement du frai et les besoins en protéines des géniteurs de tilapia du Nil. La taille à la première maturation augmente avec l'augmentation des protéines alimentaires à toutes les salinités. À des niveaux de protéines de 25 et 30%, les géniteurs élevés à 0‰ ont atteint leur maturité sexuelle à des tailles plus grandes que ceux élevés à 7 et 14‰. À 0‰, les intervalles de fraye n'étaient pas significativement affectés par les taux de protéines alimentaires, alors qu'à 7 et 14‰, les intervalles de fraye diminuaient significativement avec l'augmentation des taux de protéines alimentaires. La fréquence de frai et le nombre d'œufs par frai ont augmenté avec l'augmentation des niveaux de protéines alimentaires. Le nombre total de fraye par femelle et la fécondité absolue étaient meilleurs chez les poissons nourris à 40% de protéines en eau douce qu'à des salinités de 7 et 14‰. De plus, d'autres ont constaté que le nombre total de femelles de tilapia du Nil frayait plus en eau saumâtre, entre 5-15‰, qu'en eau de mer, à 32‰ ou en eau douce (ibid.).

Le tilapia du Nil résiste à de très faibles niveaux d'oxygène dissout. Ils peuvent tolérer des concentrations aussi faibles que 0,1 à 0,5 mg/l pendant des périodes variables et peuvent même survivre à une concentration nulle, si on leur permet d'accéder à l'air de surface. Dans le cas échéant, le tilapia souffre habituellement d'une mortalité élevée s'il n'atteint pas l'air de surface. Dans l'autre extrême, le tilapia peut tolérer des conditions de sursaturation élevée en oxygène jusqu'à 400%, qui se produit habituellement en raison de la forte photosynthèse résultant de la floraison du phytoplancton et des macrophytes. Il est bien connu que l'augmentation de la température de l'eau réduit le taux d'oxygène dissout dans l'eau. Il en résulte une augmentation de la fréquence respiratoire et de la consommation d'oxygène chez le tilapia, car une augmentation de la température de l'eau augmente le taux de métabolisme et, par conséquent, la demande tissulaire en oxygène. Il a été constaté que le taux de consommation d'oxygène chez le tilapia augmentait de 0,74 à 0,97 mg/l/h lorsque la température de l'eau augmentait de 37 à 42 °C (ibid.).

De plus, certaines études ont indiqué que la respiration du tilapia était indépendante de l'oxygène dissout à une saturation en oxygène de 25 à 32% avec une température variant de 15 à 30 °C. En dessous de ces niveaux de saturation, le taux métabolique devenait tributaire de la disponibilité en oxy-

gène et la mortalité survenait lorsque l'oxygène dissout demeurait en dessous de 20% pendant plus de 2 à 3 jours (ibid.).

La toxicité de l'ammoniac pour le tilapia a été reliée à différents changements physiologiques. Il a été constaté que des tilapias du Nil exposés à l'ammoniac présentait un nombre plus faible de globules rouges et une anémie hémolytique, entraînant une diminution significative de la teneur en oxygène sanguin, ce qui accroît encore la toxicité de l'ammoniac. Le niveau toxique de $\text{NH}_3\text{-N}$ et son effet négatif sur la croissance varient de 0,07 à 0,14 mg UIA-N/l. Il est en outre recommandé de maintenir la concentration de $\text{NH}_3\text{-N}$ en dessous de 0,1 UAI-N mg/l (ibid.).

La tolérance du tilapia au nitrites est entre autres influencée par la taille du poisson. Il a été constaté que les tilapias du Nil de petite taille, pesant en moyenne 4,4 g, étaient plus tolérants au nitrite que les gros poissons, pesant en moyenne 90,7 g. Les concentrations léthales entraînent plus de 50% de mortalité avec une exposition de 96 h au $\text{NO}_2\text{-N}$ étaient respectivement de 81 et 8 mg/l chez les petits et les grands poissons. L'ajout d'une source de chlorure, comme 500 mg/l de CaCl_2 ou de NaCl , à l'eau a protégé les petits et les grands poissons de la toxicité des nitrites. Cette protection a été obtenue avec un rapport chlorure/nitrite de 1,5:1 en poids (ibid.).

Les alevins et les adultes du tilapia du Nil meurent à un pH entre 2 et 3 en 1 à 3 jours. Les deux classes d'âge tolèrent bien un pH de 4 à 5 et peuvent atteindre des taux de survie et de croissance semblables à ceux de spécimens détenus à un pH de 7. Cependant, les poissons adultes se montrent plus résistants aux pH faibles, avec un taux de survie de 86,6, 100 et 100% aux pH 4, 5 et 7, respectivement, alors que le taux de survie des alevins peut être estimé à 57,8, 82,2 et 84,5%, respectivement, aux mêmes valeurs de pH (ibid.).

Lors d'un essai sur différents aliments, Begum et al (2014) ont trouvé des teneurs en ammoniac nettement plus élevées dans un de leurs traitements et ils ont conclu que cette différence était probablement due à la décomposition d'aliments qui n'avait pas été consommés dans l'eau.

Lors d'une étude réalisée en 2016, Dan-kishiya et al ont analysé l'effet d'un changement de température sur la fréquence respiratoire des tilapias du Nil. Ils ont obtenu des spécimens de tailles et de poids variables, allant de 3,5 à 13 cm de longueur totale et de 1,7 à 49 g respectivement. Les poissons provenant du réservoir de Jabi au Nigéria ont été exposés à des températures variant entre 18 et 38 degrés Celsius. À la température optimale pour les tilapias de 28 degrés Celsius, la fréquence moyenne des battements operculaires par minute pour les groupes de poids 1, 7 à 3,3 g ; 4 à 7 g ; 11 à 20 g et 40 à 49 g était respectivement de 218, 190, 167 et 119 g. Quand la température de l'eau a été progressivement abaissée à 18 degrés, elle a diminué à 153, 137, 94 et 77 battements respectivement. Quand la température de l'eau a été progressivement augmenté jusqu'à 38 degrés, la fréquence a, elle aussi, augmenté à 283, 267, 209 et 136 battements par minute.

2.10.2 Influence de l'oxygène dissout sur les performances

Comme le taux d'oxygène dissout dans l'eau a été identifié comme étant particulièrement problématique sur la FEMODO, une attention particulière a été portée sur la littérature traitant de l'influence d'un taux bas sur les performances des poissons. La majorité des études portant sur les paramètres d'eau ont effectué les relevés des paramètres d'eau à une heure fixe de la journée (Caldini et al. 2011 ; Begum et al. 2014). En conséquence, les variations quotidiennes des paramètres d'eau n'ont en général pas été remarquées dans les études pratiquant des mesures à une heure fixe. Cependant, Shoko et al (2014) ont effectué des mesures régulières sur toute la durée d'une journée lors de leur essai. Tout comme dans les étangs de la FEMODO, ils ont enregistré des taux d'oxygène dissout très bas dans les heures entre minuit et l'aube.

Kolding et al (2008) ont réalisé une expérience contrôlée conçue pour vérifier l'hypothèse que l'oxygène était le facteur déterminant de la transition du juvénile à l'adulte chez les poissons, en général, ainsi que dans le contexte de la plasticité phénotypique du cycle vital et du « retard de croissance » chez les tilapias. Selon cette hypothèse, la taille à maturité diminuerait avec la diminution de la concentration en oxygène. Cependant, tous les poissons ont atteint la maturité au même âge, soit

18 semaines, ce qui contraste avec les définitions conventionnelles du retard de croissance. Ce résultat a remis en question la plasticité suggérée de l'âge à la première maturité chez le tilapia du Nil. La croissance, la taille à maturité, l'indice gonado-somatique, la taille des œufs et la fécondité absolue du tilapia du Nil ont été significativement affectés par les concentrations d'oxygène. Une baisse de l'oxygène dissout a engendré des variations significatives de ces paramètres. Les petits poissons du groupe à faible concentration d'oxygène ont produit des œufs plus petits et moins nombreux que les grands poissons du groupe à forte concentration d'oxygène.

En 2010, Speers-Roesch et al ont mené une expérience visant à déterminer l'influence de conditions hypoxiques sur le métabolisme de tilapias hybrides. La capacité d'un animal à réduire le renouvellement de l'ATP tout en maintenant l'équilibre énergétique métabolique est importante pour la survie en hypoxie. Dans cette étude, les auteurs ont examiné les réponses du métabolisme énergétique cardiaque et de la performance chez le tilapia pendant l'exposition à l'hypoxie environnementale. L'exposition à une hypoxie graduelle passant de 92 % à 2,5 % de saturation en oxygène sur 3,6 heures suivie d'une exposition à 5 % de saturation en oxygène pendant 8 h a provoqué une dépression du taux de consommation d'oxygène des poissons qui s'est accompagnée de diminutions parallèles de la fréquence cardiaque, du débit cardiaque et de la puissance de sortie cardiaque. Ces paramètres cardiaques sont restés déprimés de 50 à 60 % par rapport aux valeurs normales tout au long de l'exposition de 8 heures. Après une exposition de 24 h à 5% de saturation en oxygène, la concentration d'ATP cardiaque n'a pas changé par rapport à la normoxie et la glycolyse anaérobie a contribué à l'apport d'ATP. La réduction de l'apport en substrats aérobie est apparue à travers une diminution importante, survenue en moins d'une heure, de la concentration plasmatique en acides gras non estérifiés et une diminution modeste de l'activité de la pyruvate déshydrogénase. D'après les auteurs, la dépression de la demande cardiaque en ATP via la bradycardie et une diminution associée de la demande en énergie du cœur semble être une composante intégrale de la dépression du taux métabolique induite par l'hypoxie chez le tilapia et contribue probablement à la survie en hypoxie.

Ces changements au niveau métabolique ont un impact direct sur le comportement alimentaire des poissons, ainsi que sur leur capacité à convertir leur aliment en gains de poids. D'après Tran-Duy et al (2008), la consommation d'aliments et la satiété chez les poissons sont régulées par un certain nombre de facteurs, parmi lesquels la concentration d'oxygène dissout joue un rôle important. Étant donné que les poissons absorbent l'oxygène par la surface limitée de leurs branchies, tous les processus nécessitant de l'énergie, y compris la transformation des aliments, dépendent de leur capacité maximale d'absorption d'oxygène. La capacité maximale d'absorption d'oxygène par rapport au poids corporel est plus faible chez les gros poissons que chez les petits, car la surface des branchies est liée de façon allométrique au poids corporel. Dans leur essai, les auteurs ont étudié les effets de la concentration d'oxygène dissout et du poids corporel sur la prise alimentaire maximale, la croissance et les paramètres hématologiques du tilapia du Nil. Deux classes de poids, 21 g et 147 g, ont été utilisées. Pour chaque classe, six réservoirs ont été utilisés, dont la moitié ont été exposés à l'une des deux concentrations d'oxygène dissout, environ 3,0 mg/l et 5,6 mg/l. Les poissons ont été nourris jusqu'à satiété apparente deux fois par jour avec un régime commercial. Les résultats ont montré que l'apport alimentaire et la croissance des poissons à un niveau élevé d'oxygène dissout étaient significativement plus élevés qu'à un niveau faible. L'apport alimentaire relatif et la croissance des petits poissons était significativement plus élevée que chez les gros poissons. Les poissons à un niveau faible d'oxygène dissout n'ont pas fait d'ajustements hématologiques. Ces résultats suggèrent que la limitation de la surface des branchies entraîne une prise alimentaire réduite et une croissance plus faible des poissons à faible concentration d'oxygène dissout qu'à une concentration plus élevée et la relation allométrique entre la surface des branchies et le poids corporel entraîne une prise alimentaire relative plus faible, qui à son tour entraîne une croissance relative plus faible chez les gros poissons que chez les petits.

Abdel-Tawwab et al (2014) ont réalisé un essai à design factoriel avec trois niveaux d'oxygène dissout, 1,0 à 1,5 mg/l, 2,5 à 3,0 mg/l et 6 à 6,5 mg/l, ainsi que deux densités d'empoissonnement, 0,2 g/l et 0,4 g/l, pour tester l'interaction entre ces facteurs sur des jeunes tilapias du Nil. Après l'essai d'alimentation, les poissons ont été injectés par voie intrapéritonéale avec une bactérie pathogène, *Aeromonas hydrophila*, et la mortalité des poissons a été observée pendant 10 jours. La croissance la plus élevée a été observée dans le groupe avec la concentration en oxygène dissout la plus élevée et

la densité plus basse. La réduction de la concentration d'OD de 6,5 à 3 ou 1,5 mg/L a entraîné une réduction de la croissance des poissons et de leur consommation alimentaire. Le glucose, les activités de l'aspartate aminotransférase et de l'alanine aminotransférase, de la créatinine et de l'acide urique dans le sérum des poissons ont augmenté significativement, alors que les protéines totales et les lipides totaux ont diminué significativement avec une faible concentration d'oxygène dissout ou à haute densité. La plus faible immunité des poissons a été observée dans le groupe avec une concentration basse d'oxygène et une densité élevée, ce qui suggère que le stress est maximisé lorsque les deux conditions sont combinées.

Une autre étude similaire réalisée par Abdel-Tawwab et al (2015) visait à examiner les effets de l'oxygène dissout et de la taille du poisson sur la croissance, l'utilisation alimentaire, la composition de la chair et l'immunité innée du tilapia du Nil. L'expérience était basée sur un plan bifactoriel avec trois concentrations d'oxygène dissout, 0,1 à 1,5, 2,5 à 3 et 6 à 6,5 mg/l, avec deux tailles, 3,7 et 12,9 g. La densité des poissons a été maintenue au même niveau pour les 2 catégories de poids. Les poissons ont été nourris jusqu'à satiété deux fois par jour pendant 12 semaines avec un aliment contenant 35% de protéines brutes. Après l'essai d'alimentation, les poissons ont été infectés artificiellement par la bactérie pathogène *Aeromonas hydrophila* et observés pendant 10 jours. L'oxygène dissout et la taille des poissons a affecté significativement la croissance des poissons, l'utilisation de nourriture, la composition corporelle et l'immunité innée. La croissance des poissons et l'ingestion alimentaire étaient plus bas avec une faible concentration en oxygène dissout. De plus, les poissons plus petits ont consommé moins de nourriture et affichaient une meilleure croissance que les poissons plus gros. Le taux de conversion alimentaire des poissons de petite taille était meilleur dans les trois traitements. Cependant, les poissons de plus grande taille ont mieux toléré une faible concentration en oxygène dissout en cas de stress. De plus, l'immunité innée augmentait à mesure que les taux d'oxygène dissout augmentaient. La mortalité totale des poissons 10 jours après l'infection a été affectée par l'oxygène dissout, et la mortalité la plus élevée a été observée à faible concentration chez les petits poissons. Ces résultats indiquent que la croissance des poissons, l'utilisation de la nourriture et l'immunité innée ont été affectées négativement par une faible concentration en oxygène dissout.

Une étude de Li et al (2020) a examiné les effets de différents niveaux d'oxygène dissout (OD) sur la performance de croissance, la réponse antioxydante et l'apoptose de juvéniles de tilapias améliorés, GIFT. Les poissons ont été exposés à cinq concentrations d'oxygène dissout, 1, 2, 3, 4 et 5 mg/l, pendant 60 jours. Les résultats ont montré que le poids corporel final, le taux de gain pondéral, le taux de croissance spécifique et les teneurs en protéines brutes et en lipides bruts des muscles du poisson augmentaient à 5 mg/l. L'activité des enzymes antioxydantes et digestives a été significativement régulée à la hausse avec l'augmentation des concentrations d'oxygène dissout. À l'inverse, la teneur en hémoglobine, le nombre de globules rouges, la teneur en malondialdéhyde, l'activité transaminase, la teneur en glucose et le taux d'acide lactique ont diminué avec les concentrations plus élevées. De plus, l'indice apoptotique des cardiomyocytes a diminué significativement avec l'augmentation de la concentration d'oxygène dissout.

D'après les articles cités ci-dessus, une concentration basse en oxygène dissout peut avoir des impacts négatifs multiples sur de nombreux paramètres de performance des tilapias du Nil. Ainsi, la fécondité, la robustesse de l'immunité, la prise alimentaire, la conversion alimentaire et, par conséquent, la croissance sont influencés négativement. Le stress auquel le métabolisme des poissons est soumis dans ces conditions requiert des ressources énergétiques qui ne peuvent alors pas être mobilisées pour la croissance.

3 Problématique

Actuellement, les tilapias du Nil ne grandissent pas à un taux satisfaisant et les poids maximaux des poissons pêchés dans les étangs de la FEMODO ne dépassent pas 140 g. Cette taille est trop petite pour que les poissons soient demandés sur le marché, une taille minimale de 200g devrait être atteinte pour satisfaire aux demandes de la clientèle locale. Plusieurs études, réalisées par des étudiants en agronomie des universités de Lomé et de Kara, ont visé à améliorer la productivité de la pisciculture en optimisant la composition de l'aliment à base d'intrants locaux et en comparant les fréquences de nourrissage. Ces efforts n'ont jusqu'à présent pas permis d'obtenir des meilleurs résultats dans la pratique piscicole.

Lors de la mise en place du forage, qui est devenu la principale source d'eau pour la pisciculture avec l'assèchement du ruisseau local, des analyses d'eau en laboratoire avaient été effectuées. Lors de ces analyses, une légère salinité a été détectée. Ce facteur est depuis plusieurs années soupçonné d'être une cause majeure pour la mauvaise croissance des tilapias sur la ferme. Ce soupçon a été renforcé par le fait que dans les premières années d'opération de la pisciculture, les étangs situés plus bas dans la topographie et remplis avec l'eau du ruisseau local avaient une meilleure productivité.

Avant de définir précisément l'essai, les paramètres physico-chimiques de l'eau ont été relevés dans plusieurs étangs. Cette première observation a révélé que la température de l'eau était de manière générale plus élevée que l'optimum pour les tilapias en milieu de journée avec des valeurs avoisinant 31 degrés C, dans tous les étangs. De plus, l'oxygène dissout dans l'eau a énormément varié au cours d'une même journée dans plusieurs étangs, avec des valeurs hypoxiques de 28 mg/l en milieu de journée et des valeurs anoxiques avec 0,2 mg/l durant la nuit. La couleur verte de l'eau suggérait également qu'une densité très importante de microalgues était à l'origine de cette fluctuation importante. Pour ce qui est de la salinité, les valeurs observées au réfractomètre étaient basses avec 2 mg/l. Cette dernière observation a remis en question la notion que la salinité de l'eau est un facteur majeur. Pour ce qui est du comportement des poissons observés avant l'essai, le manque d'oxygène, dont ces derniers souffrent régulièrement, se traduisait par une respiration en surface d'un grand nombre d'individus pour des périodes prolongées de plusieurs heures. De plus, il a été observé qu'après le nourrissage pratiqué par les employés, les poissons étaient encore agités et venaient en masse à la surface au moindre passage d'un humain. Cette observation suggérait un taux de nourrissage des tilapias insuffisant. En lien avec la sous-alimentation, la population très élevée de petits tilapias dans les étangs d'engraissement suggère que la pisciculture est face à un problème typique de l'élevage de tilapias de sexes mixtes en étant. Il s'agit de la reproduction précoce et prolifique du tilapia lorsque les conditions de l'eau sont suboptimales. Cette reproduction effrénée se traduit par un grand nombre de petits poissons à la croissance lente, cette condition est également appelée le nanisme.

Dans un premier temps, les objectifs du travail étaient d'analyser les différences de performances des tilapias dans deux étangs alimentés par des sources d'eau différentes en relevant les paramètres physico-chimiques de l'eau des 2 étangs. Le deuxième objectif était de comparer les performances de croissance de deux espèces le tilapia du Nil et le tilapia rouge hybride, car ce dernier semble avoir une meilleure tolérance à la salinité. Le troisième objectif était de réaliser une enquête socio-économique de plusieurs piscicultures se trouvant dans la même région afin de permettre des comparaisons avec le modèle et la performance économique de la pisciculture sur la FEMODO.

Le but de cette approche était d'identifier les facteurs limitants pour la production de tilapias ainsi que pour sa rentabilité économique. Après avoir discutés les observations mentionnées ci-dessus, les objectifs du travail ont été adaptés, en vue de donner un poids plus grand aux facteurs limitants observés. L'essai redéfini devait ainsi inclure le test d'une augmentation de quantité de la ration habituelle. De plus, la présence de lentilles d'eau, *Lemna sp*, dans les puits de villageois de Donomadée a permis d'inclure cette plante aquatique au potentiel prometteur dans une des rations testées lors de l'essai.

Le manque d'eau, la saison des pluies 2021 et les difficultés logistiques n'ayant pas permis l'accès à une deuxième source d'eau. Une gestion différente de l'eau avec l'inclusion de la plante aquatique, *Pistia stratoites*, comme concurrence pour les microalgues a été envisagée en début d'essai mais

l'effet négatif sur l'O₂ dissout a obligé l'auteur de retirer ces plantes, seulement deux semaines après leur introduction.

Dans le cadre de cet essai, plusieurs paramètres physicochimiques de l'eau qui sont importants et ont une influence directe sur l'état de santé et la croissance des poissons (température, oxygène, pH et potentiel d'oxydoréduction, salinité) seront mesurés et évalués en combinaison avec un relevé bihebdomadaire des poids des poissons par groupe.

Cette approche répondra à deux objectifs principaux fixés par le projet. Premièrement le développement d'une ferme modèle, indépendante du point de vue financier et démontrant des stratégies d'agriculture régénérative, sera soutenu en cherchant à améliorer le taux de croissance et le poids maximal des tilapias du Nil produits sur la ferme. L'atteinte de cet objectif permettrait d'augmenter la durabilité économique du projet en augmentant le prix de vente obtenu par poisson élevé et en réduisant la durée d'engraissement pour une taille adaptée à la demande du marché.

Deuxièmement, le développement et la dissémination de technologies adaptées aux conditions locales sera également soutenu si les objectifs en termes de performances des poissons sont atteints. En effet, une production économiquement viable pourrait également augmenter l'intérêt des agriculteurs locaux pour la production piscicole.

Ce travail est divisé en trois parties distinctes tant au niveau de la méthode que des résultats selon les trois thèmes abordés dans la problématique. La première partie concerne les aspects socio-économiques qui seront analysés avec des entretiens effectués chez des pisciculteurs de la région. Les résultats économiques de l'essai seront également estimés.

La seconde partie concerne, l'analyse des paramètres physico-chimiques de l'eau et vise à déterminer s'il y a une différence significative entre les étangs observés.

La troisième partie concerne les performances de croissances des tilapias du Nil en fonction de leur régimes alimentaires et de l'étang dans lequel ils se trouvent.

Les 3 Questions de recherches et les hypothèses sous-jacentes sont les suivantes

1)Quels sont les aspects techniques et socio-économiques déterminants dans ce contexte pour une pisciculture rentable ?

H1 Certains pisciculteurs parviennent à être rentables sans financement externe.

H2 Il est possible d'identifier des facteurs distinctifs qui peuvent expliquer la rentabilité.

2)Quelles sont les différences au niveau des paramètres physico-chimiques de l'eau observés dans les différents étangs ?

H1 La température dans les étangs 6 et 7 est plus basse en moyenne que dans les étangs 2 et 3.

H2 Les fluctuations quotidiennes de l'O₂ dissout sont plus bas dans l'étang 6 et 7 que dans les étangs 2 et 3.

H3 Les paramètres d'eau mesurés sont similaires dans les étangs adjacents 2/3 et 6/7.

3)Quelles sont les différences entre les performances des tilapias selon leur régime alimentaire et l'étang dans lequel ils sont placés ?

H1 L'aliment local donne des performances similaires ou légèrement moins bonnes que l'aliment commercial.

H2 Les tilapias nourris avec 8% du poids ont une meilleure croissance que ceux nourris avec 5%.

H3 Les lentilles d'eau peuvent remplacer une partie de l'aliment à base d'intrants locaux.

H4 Les lentilles dans l'alimentation ont un effet positif sur les performances des tilapias.

4 Matériel

4.1 Conditions locales de l'étude

Les contacts pour les piscicultures locales visitées dans la région Maritime ont été fournis par la direction d'étoile verte. Il s'agit de trois piscicultures locales de petite taille et de deux piscicultures produisant des alevins de manière intensive.

L'essai sur l'effet des paramètres physico-chimiques de l'eau et du régime alimentaire sur les performances de croissances des tilapias du Nil mâles a été conduit dans deux étangs en terre sur la ferme modèle de Donomadée. Situé à proximité d'un bas-fond dans un écosystème de forêt sèche subtropicale, la ferme dispose de 4 étangs de 150m², d'1 étang de 225m² et de 2 étangs de 30m². L'essai a été conduit dans l'étang 2 ayant une surface de 150m² et dans l'étang 6 ayant une surface de 30m².

4.2 Matériel

Le questionnaire utilisé pour les entretiens semi-directifs avec les pisciculteurs visités a été établi en collaboration entre l'auteur et son superviseur qui a également participé aux visites. Ce questionnaire contenait au total 31 questions qui ont été réparties par thèmes. Les thèmes touchés par le questionnaire sont des questions d'ordre général sur la pisciculture, puis plus précises sur les facteurs de production, la vente et les chiffres de production estimés par les producteurs.

Les poissons utilisés lors de l'essai étaient des tilapias mâles sexés par traitement hormonal durant les 30 premiers jours de leur vie. Ce choix a été fait pour permettre d'exclure la possibilité de reproduction durant l'essai. Le 14 juin 2021, les poissons, au nombre de 1600, ont été procurés chez l'entreprise Lofty Farm à Kovié, Togo. Ils ont ensuite été acheminés jusqu'à la FEMODO et acclimatés aux conditions des étangs dans l'étang 6. 1200 individus ont été utilisés pour l'essai alors que les 400 individus restants ont servi de réserve pour remplacer les mortalités dû à l'acclimatation. Le but était d'obtenir des alevins ayant un poids moyen uniforme d'environ 5 g. Lors de la pesée de mise en charge, il est devenu clair que les poids variaient fortement, les plus petits poissons pesant 2 g et les plus gros 15 g.

Les deux étangs utilisés sont placés de manière légèrement différente dans la topographie et l'étang 6 se remplit en partie avec de l'eau de la nappe phréatique. Le volume d'eau des deux étangs est très différent. Les deux étangs ont été vidangés et chaulés 2 mois avant le début de l'essai.

Un total de 24 happas, ayant un volume respectif d'1m³, a été utilisé pour la conduite de l'essai. Les happas ont été placés aux endroits les plus profonds de l'étang 2 et sur toute la surface de l'étang 6. Le niveau d'eau a été difficile à maintenir sur la durée de l'essai, surtout dans l'étang 2, et les poissons avaient parfois un volume inférieur à 0,5 m³ d'eau à disposition.

Les digues des étangs de la FEMODO sont couvertes par une végétation dense et ont, par conséquent, régulièrement été fauchées durant l'essai pour permettre l'accès pour le nourrissage des poissons et le relevé des paramètres physico-chimiques de l'eau. La partie de l'essai incluant l'effet des plantes aquatiques dans l'étang 6 a été interrompue peu après le début de l'essai à cause d'une influence suboptimale sur l'oxygène dissout dans l'eau.

L'aliment en pellet à base d'intrants locaux a été produit sur place à la FEMODO soit de manière manuelle pour les petites quantités au début de l'essai soit avec une extrudeuse disposant d'un moteur pour les plus grandes quantités requises avec la progression de l'essai.

Le tourteau de palmiste utilisé a été cuit dans de l'eau portée à ébullition durant une heure, puis séché, avant d'être mélangé aux autres ingrédients. Les autres ingrédients ont été passés au tamis s'il s'avérait que la consistance n'était pas assez farineuse. Après avoir mélangé les ingrédients, de l'eau chaude a été ajoutée jusqu'à obtenir une consistance pâteuse. Cette pâte est ensuite passée dans l'extrudeuse manuelle ou mécanique. La quantité totale d'aliment à base d'intrants locaux produite au cours de l'essai était de 176,7 kg. Le tableau suivant résume la composition de cet aliment ainsi que les quantités totales des différents ingrédients utilisés au cours de l'essai.

Tableau 1 : Composition de l'aliment à base d'intrants locaux

Ingrédient	Quantité pour 5 kg	% de l'aliment	Quantité totale
Farine de maïs	700 g	14%	24.74kg
Farine de soja torréfié	500 g	10%	17.8 kg
Tourteau de palmiste	1500 g	30%	53 kg
Farine de poisson	2100 g	42%	74.2 kg
Concentré vitamines et minéraux	100 g	2%	3.54 kg
Huîle rouge	100 g	2%	3.54 kg
Totaux	5 kg	100%	176,7 kg

Les deux images ci-dessous illustrent le processus de fabrication de l'aliment sur la FEMODO.



Figure 3: Production d'aliment manuelle (Kohli, 2021)



Figure 4 : Les ingrédients sont pesés et mélangés (Kohli 2021)

L'aliment d'origine commerciale utilisé pour la comparaison était de la marque Raanan. L'aliment local avait un taux de protéine de 32% et les aliment Raanan disponibles sur places avaient des teneurs 30% ou 33%. Par conséquent, un mélange de ces deux aliments était pesé de manière à assurer un taux de protéine équivalent à l'aliment local. La quantité totale d'aliment commercial utilisé pour la durée de l'essai était de 50.5 kg.

Les lentilles d'eau, *Lemna sp.*, utilisées comme aliment complémentaire dans une des rations expérimentales ont été récoltées dans les puits des villageois de Donomadée et mises en culture dans un bassin en béton et un des étangs de 150 m² se trouvant sur la FEMODO. Malheureusement, la culture s'est avérée complexe et la production n'a pas permis d'alimenter les tilapias choisit avec une quantité suffisante de lentilles. Les lentilles produites ont suffi à couvrir seulement une très petite fraction de l'alimentation du traitement expérimental en question.

Les principaux paramètres physico-chimiques de l'eau ont été relevés avec un oxymètre portable pour l'oxygène et la température, ainsi que d'un pH-mètre portable disposant de deux sondes, une pour la mesure du pH et l'autre pour la mesure de la valeur redox. Les deux appareils utilisés étaient de la marque OxyGuard. La salinité a été mesurée à l'aide d'un réfractomètre. Des tests réactifs avec des bandelettes ont également été utilisés. Les appareils portables ont été calibrés toutes les deux semaines et la membrane de l'oxymètre a été changée deux fois au cours de l'essai



Figure 5: Matériel utilisé pour le relevé des paramètres physico-chimiques de l'eau (Kohli 2021)



Figure 6: Dispositif et matériel utilisé lors des pêches de contrôle (Kohli 2021)

Pour la pesée bihebdomadaire des poissons, différentes bassines et passoirs étaient utilisées pour manipuler et peser les poissons par lots de 50. Une balance électronique à été utilisée pour déterminer le poids des groupes. Pour effectuer les pesées, 4 personnes étaient occupées pour une durée d'environ 3 heures. Les données mesurées étaient reportées dans un cahier durant la pesée, puis reportées dans un tableau informatique pour l'analyse des données.

5 Méthodes

Les entretiens, durant lesquels les questionnaires ont été passés, ont été combinés avec une visite des piscicultures. La visite incluant un tour des installations piscicole précédait toujours le passage du questionnaire et permettait un premier échange informel avec les pisciculteurs. La durée de passage du questionnaire était d'environ 30 minutes. L'auteur a effectué tous les entretiens personnellement et noté les réponses aux questions sur des exemplaires préalablement imprimés.

Les résultats obtenus ont été analysés de manière descriptive seulement et comparées dans un tableau selon les points les plus importants pour une analyse socio-économique des différentes piscicultures. Les chiffres obtenus par le gérant de la FEMODO, ainsi que les poids finaux à la fin de l'essai, permettront également de calculer les performances économiques obtenues lors de l'essai et ainsi amener des informations complémentaires.

Pour ce qui est de l'essai, comme indiqué plus haut celui-ci a été conduit dans l'étang 2 ayant une surface de 150m² et dans l'étang 6 ayant une surface de 30m². Les poissons ont été nourris 2 fois par jour avec 2/3 de la ration à 8h du matin et 1/3 à 16h. Au total, 4 traitements de régimes alimentaires différents ont été comparés en triplicatas dans chaque étang.

Le régime R désigne le régime à base de l'aliment commercial Raanan à un taux de nourrissage de 5% de la biomasse.

Le régime L désigne le régime à base de l'aliment composé d'intrants locaux à un taux de nourrissage de 5% de la biomasse.

Le régime LP désigne le régime à base de l'aliment composé d'intrants locaux à un taux de nourrissage de 8% de la biomasse.

Le régime LA désigne le régime à base de l'aliment composé d'intrants locaux à un taux de nourrissage de 5% complétement avec des lentilles d'eau et des algues amenées de manière occasionnelle.

Par conséquent, 12 happas ont été placés dans chaque étang avec une charge respective de 50 tilapias du Nil mâles. Les traitements ont été assignés de manière aléatoire aux différents happas.

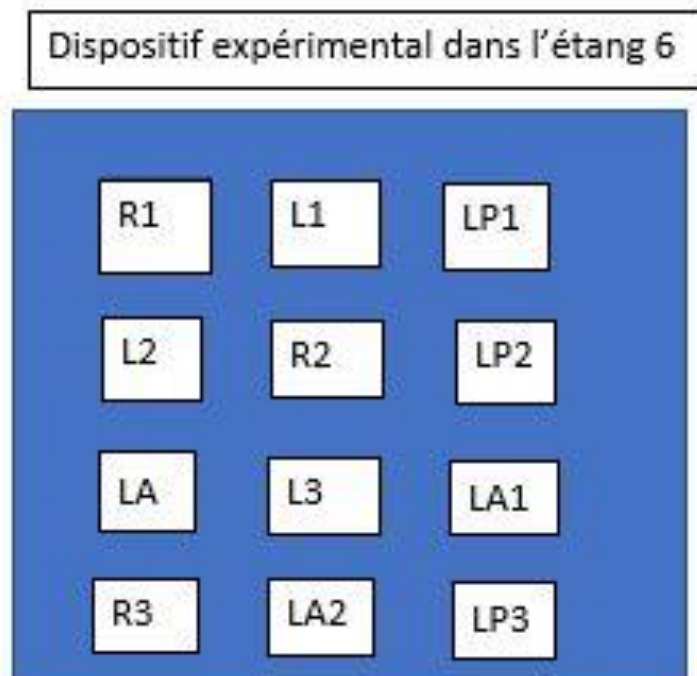
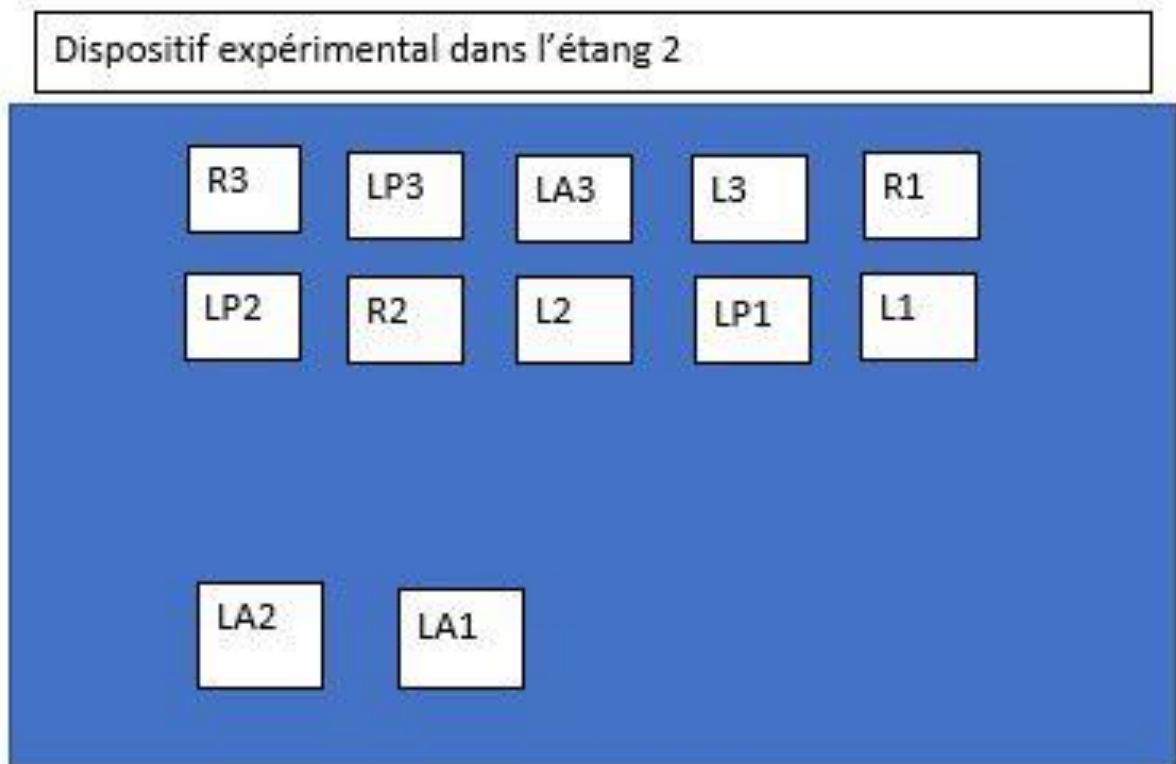


Figure 7: Représentation schématique du dispositif expérimental dans les 2 étangs (Kohli 2021)

Les Méthodes pour relever, enregistrer et analyser les paramètres physico-chimiques de l'eau étaient les suivantes.

La profondeur des mesures était de 20 cm et était toujours effectué au même point de chaque étang respectif à une distance minimale de 2 mètres de la digue. Les paramètres ont été relevés dans les 2 étangs utilisés pour les essais et dans les 2 étang adjacent chaque étang d'essai, soit l'étang 3, pour l'étang 2 et l'étang 7, pour l'étang 6. Ces deux étangs supplémentaires devant servir de contrôle car ils ont les mêmes tailles respectives et la même gestion d'eau.

Les paramètres analysés régulièrement étaient l'oxygène dissout exprimé en mg/l, la température exprimée en degrés Celsius, le pH et le potentiel d'oxydo-réduction exprimé en mV. La salinité exprimée en mg/l a également été mesurée à plusieurs reprises.

Pour obtenir une vision d'ensemble sur les fluctuations des différents paramètres d'eau, deux fréquences distinctes de relevé de ces paramètres ont été établies.

La première fréquence visant à rendre compte des variations des paramètres dans le temps indépendamment des fluctuations quotidiennes des paramètres. Pour cela l'oxygène dissout, la température, le pH et le potentiel d'oxydoréduction ont été relevés à 7h du matin 3 fois par semaine sur la durée de l'expérience.

La deuxième fréquence visait justement à rendre compte des fluctuations quotidiennes des paramètres sur la durée de l'expérience. Pour cela, les mêmes paramètres ont été relevés toutes les 2 heures de 5h du matin à 21h le soir. Ce relevé de 8 mesures aux cours d'une même journée a été entrepris toutes les 2 semaines soit le vendredi avant les pêches de contrôle soit le lundi suivant les pêches de contrôle.

La salinité a été mesurée à 6 reprises indépendamment des autres relevés car les valeurs mesurées et la variabilité étaient très faibles.

Les données relevées ont été transcrites sous forme de tableau et importées dans le logiciel PSPP pour l'analyse. Les statistiques utilisées pour les analyser étaient de nature descriptive et une analyse de variance, ANOVA, précédée d'un test de Levene pour vérifier l'hypothèse d'homogénéité des mesures et sélectionner les variables à considérer dans l'ANOVA, ont été mobilisés pour rendre compte d'éventuelles différences significatives entre les étangs.

Les Méthodes pour relever, enregistrer et analyser les paramètres de croissance des tilapias était les suivantes.

Tous les poissons ont été comptés et pesés par groupe de 50, soit tous les poissons du même happa, toutes les deux semaines. Il y a eu au total 8 pesées la première ayant eu lieu lors de la répartition des poissons dans les happas au début de l'expérience, le 19 juin, et la dernière pesée ayant eu lieu le 25 septembre. Les pesées servaient également à adapter la quantité d'aliment en fonction de l'augmentation de la biomasse dans chaque happa.

Les données sur le nombre de poissons par happa, leur poids total, ainsi que la quantité d'aliment reçu, ont permis de calculer différentes variables utilisées par la suite dans l'analyse statistique. Ces variables sont :

- le poids moyen obtenu en divisant le poids total par le nombre d'individus
- le gain de poids total obtenu en soustrayant le poids obtenu lors de la pesée au poids lors de la dernière mesure
- le gain de poids moyen obtenu en divisant le gain de poids total par le nombre d'individus
- le taux de croissance obtenu en divisant le gain de poids total obtenu par celui obtenu lors de la mesure précédente
- le taux de conversion alimentaire obtenu en divisant la quantité totale d'aliment distribué durant la période par le gain de poids obtenu dans la même période
- le taux de mortalité obtenu en divisant le nombre de poisson présents dans le happas lors d'une pesée par le nombre de poissons présents lors de la pesée précédente

Les données obtenues de cette manière ont ensuite été importées dans le logiciel PSPP pour l'analyse. Les statistiques utilisées pour les analyser étaient de nature descriptive et une analyse de variance, ANOVA, précédée d'un test de Levene pour vérifier l'hypothèse d'homogénéité des mesures et ainsi sélectionner les variables à considérer dans l'ANOVA, ont été mobilisés pour rendre compte d'éventuelles différences significatives entre les traitements au niveau des variables mentionnées plus haut.

6 Résultats

Les résultats sont présentés séparément de manière que chaque question de recherche abordée puisse être traitée de manière distincte.

6.1 Résultats de l'enquête socio-économique

6.1.1 Description des différentes piscicultures visitées et des réponses obtenues au questionnaire

La première pisciculture visitée a été la coopérative d'Alogavi située sur le lac Togo. Cette pisciculture est gérée par une coopérative de pêcheurs comptant une douzaine de membres. Après de premiers essais dans des happas deux ans auparavant, la pisciculture est entrée en activité depuis une année.

La production du tilapia du Nil mâles se fait dans une grande cage de 12 m² avec une profondeur d'eau variant entre 0,5 et 0,7 m ainsi que dans 10 happas avec un volume d'1 m³.

Les poissons sont élevés dans l'eau du lac Togo qui est une eau saumâtre dont la teneur en sel varie très fortement selon les saisons. D'après le président de la coopérative, de janvier à mars, la salinité devient très élevée car le niveau de l'eau douce est au plus bas et l'eau salée provenant de l'océan Atlantique entre alors dans le lac.

Au début de chaque cycle de production qui dure au total 5 mois, la cage est mise en charge avec 3'000 alevins d'une taille moyenne de 5 g. Ces derniers sont nourris 3 fois par jour, le matin, à midi et le soir, à un taux de 6% de la biomasse avec un aliment commercial.

Les problèmes rencontrés par la pisciculture dans la première année ont été principalement au niveau de la qualité de l'eau, surtout les variations très importantes de la salinité, ainsi que du pH, qui ont conduit à une mortalité très élevée des tilapias du Nil dans la cage. Lors de cet événement, le pH était monté à une valeur extrême de 14 en très peu de temps. Plus de 50% des poissons sont morts et les survivants avaient de gros yeux rouges probablement à cause des lésions causées par l'alcalinité très élevée de l'eau. La pisciculture fait appel aux spécialistes locaux de la direction pêche et aquaculture pour recevoir des conseils d'experts.

Les coûts pour le matériel utilisé dans la construction de la cage et des heures de travail mobilisées par les pêcheurs de la coopérative lors de la construction de cette dernière se sont élevés à 800'000 francs CFA. Les aliments commerciaux utilisés dans l'élevage sont différents types de Raanan et parfois les aliments de Loftyfeed, produits au Togo. Le producteur ne pouvait pas se rappeler du prix dépensé pour les aliments dans l'année, cependant il s'est rappelé la quantité d'aliment, qu'il a estimé à 40 sacs de 20 kg d'aliment, soit au total 800 kg d'aliment commercial par an. Le nombre d'alevins requis par cycle de production étant de 3'000 avec deux cycles de production par an et un coût de 50 francs CFA par alevin, les dépenses annuelles pour ce facteur de production s'élèvent à 300'000 francs CFA par an.

Les poissons produits sont vendus entiers et sur place. Le poids individuel à la vente varie entre 300 et 500g. Le prix de vente est de 1'800 francs CFA par kg. La coopérative vise à atteindre une production annuelle entre 2'000 et 2'8000 kg par an dans le futur. Après les problèmes rencontrés durant la première année d'exploitation, certains chiffres concernant les performances économiques n'ont pas été communiqués. Cependant, il s'agit néanmoins d'une activité qui plaît aux membres de la coopérative qui y voient un grand potentiel pour le futur. La stratégie pour la prochaine année de production sera d'essayer d'alterner entre les tilapias du Nil, pour le cycle de production durant lequel l'eau est douce, et les tilapias rouges pour le cycle de production en eau saumâtre.

Les paramètres physico-chimiques de l'eau relevés lors de la visite à 16h étaient les suivants :

O₂ : 6 mg/l

Température : 32,5

Redox : 25 mV

pH : 7.89

Salinité : 2,5 mg/l

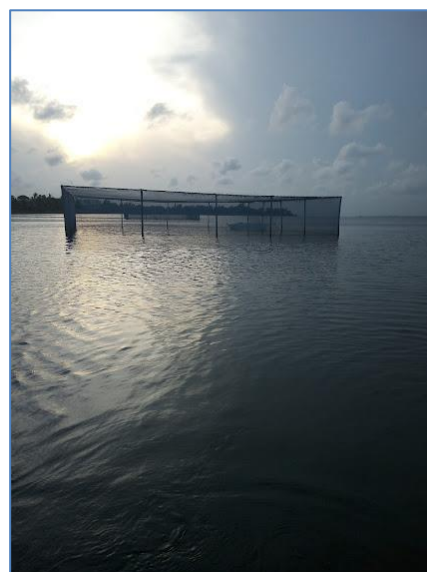


Figure 8: Cages de la pisciculture d'Alogavi (Kohli 2021)

La deuxième pisciculture visitée a été la ferme de la Volonté située à Anfoin, dans la préfecture du Zio. Cette pisciculture est gérée principalement par le président d'une coopérative de paysans comptant une douzaine de membres. Cette pisciculture est le fruit des idées et des rêves du président de cette coopérative. Elle existe depuis 11 ans. Il s'appelle Sylvain et c'est lui qui a répondu au questionnaire. A côté de la pisciculture, Sylvain produit différentes cultures maraîchères mais les deux activités ne sont pas liées.

La production du tilapia du Nil de sexes mixtes se fait en polyculture avec différentes espèces de carpes dans des étangs de différentes tailles creusés dans la berge du fleuve Zio. La pisciculture dispose de 13 étangs au total dont 2 mesurant 20x20m, 4 mesurant 20x10m, 2 mesurant 55x35m, 1 mesurant 100x45m et 4 petits étangs mesurant entre 25 et 40 m². Les plus petits étangs étant principalement utilisés pour la reproduction et situés plus haut que les étangs plus grands.

Les poissons sont élevés dans l'eau du fleuve Zio qui est une eau douce. L'eau du lit du fleuve passe par diffusion à travers les digues des étangs construites de boue et de végétation aquatique.

Au début de chaque cycle de production qui dure au total 1 année, les grands étangs sont mis en charge avec 2'000 alevins d'un poids variant entre 1 et 2 g par surface de 400 m² d'étang. Ces derniers sont nourris avec des résidus de transformation de produits agricoles locaux 1 fois par jour, le soir, à un taux variable et estimé par observation de la satiété des poissons par le pisciculteur. Les différents aliments utilisés de cette manière sont le tourteau de pain, le tourteau de coco et le son de riz. L'aliment commercial Grosson est parfois également utilisé selon les moyens financiers à disposition.

Les problèmes principaux rencontrés par la pisciculture sont les mortalités d'alevins lors de la manipulation en conditions trop chaudes, ainsi que la prédation des poissons par différents poissons prédateur, les requins d'eau douce et les caïmans. Des filets ont été placés sur les digues au bord des étang et des canaux ont été creusés pour piéger les plus grand de ces prédateurs et remédier partiellement au problème de prédation. La pisciculture ne fait pas appel à des spécialistes locaux pour recevoir des conseils.

Les coûts pour la main d'œuvre mobilisée lors de la construction d'un étang de 400 m² s'élèvent à 50'000 francs CFA. L'aliment commercial parfois utilisé coute 2'500 francs CFA pour un sac de 30 kg et les résidus de transformation de produits agricoles coutes 5'000 francs CFA pour un sac de 50 kg. Le producteur a estimé les dépenses annuelles en aliments à 250'000 francs CFA par an et les couts annuels d'entretien des digues à 150'000 francs CFA. Les alevins sont produits sur place dans les étangs de petite surface et ne doivent donc pas être achetés ailleurs.



Figure 9: Etang piscicole à Anfoin (Kohli 2021)

Les poissons produits sont vendus entiers et sur place. Le poids individuel à la vente varie entre 1'000 et 1'500g. Le prix de vente est de 2'500 francs CFA par kg pour les plus gros poissons et de 2'000 francs CFA par kg pour les poissons de taille normale. Les recettes provenant de la vente annuelle des poissons s'élèvent à environ 700'000 francs CFA. Un voisin du pisciculteur s'est également lancé dans l'activité piscicole depuis quelque année, mais il n'est pas considéré comme un concurrent.

D'après le pisciculteur, cette activité lui apporte énormément de satisfaction. Dans les prochaines années, ses objectifs principaux sont d'améliorer la stabilité des digues en complétant les endroits où il n'y a pas suffisamment de matériel, ainsi que d'améliorer sa gestion de la reproduction pour pallier le manque actuel d'alevins.

Les paramètres physico-chimiques de l'eau relevés lors de la visite à 10h étaient les suivants :

O₂ : 2 mg/l

Température : 30,2 C

Redox : 120-140 mV (petits étangs), 30-40 mV gros étangs

pH : 6,1-6,7

Salinité : 0.1 mg/l

La troisième pisciculture visitée a été une petite pisciculture située au bord d'une rivière à proximité du village de Domeze, situé à une vingtaine de minutes en Moto du village de Donomadée. Cette pisciculture est gérée par un seul paysan qui s'est lancé dans l'activité piscicole depuis une année et par sa propre initiative. Le pisciculteur pratique également le maraîchage, plus précisément la culture du piment et du gombo, un légume local. Pour lui, les deux activités n'ont pas de lien particulier.

La production du tilapia du Nil de sexes mixtes, ainsi que de tilapias locaux de sexes mixtes se fait dans 5 petits étangs avec une surface d'environ 25 m² et une profondeur ne dépassant pas 50 cm.

Les poissons sont élevés dans l'eau de la rivière adjacente qui est une eau douce qui passe par diffusion à travers les digues des étangs. Un canal d'évacuation, dans lequel l'eau arrive également par diffusion a été creusé par le pisciculteur du côté opposé à la rivière.

Au début de chaque cycle de production qui dure au total 3 mois, les poissons les plus gros sont pêchés dans chaque étang et le plus petits restent dans les étangs pour grandir, se reproduire et eux-aussi être pêchés lorsqu'ils auront atteint une taille suffisante. La densité de mise en charge au début de la pisciculture a été de 250 poissons par étangs. Ces derniers sont nourris 2 fois par jour, le matin et le soir, à des quantités respectives de 250 g et 500 g de résidus meuniers de maïs acheté localement.

Le pisciculteur a dit ne pas avoir rencontrés de problèmes particuliers, si ce n'est pour la fréquentation occasionnelle des étangs par un varan. Le pisciculteur ne fait pas appel à des spécialistes locaux pour recevoir des conseils. Il a reçu une introduction aux techniques piscicoles pratiquées à la FEMODO, lorsqu'il a acheté des alevins là-bas.

Les coûts pour la main d'œuvre mobilisée lors de la construction d'un étang de 25 m² s'élèvent à 20'000 francs CFA. Les résidus meuniers utilisés comme aliment coutent 5'000 francs CFA pour un sac de 50 kg. Le producteur a estimé les dépenses annuelles en aliments à 50'000 francs CFA. Les premiers alevins procurés à la FEMODO ont couté 10'000 francs CFA pour 500 alevins. Depuis ce premier achat, tous les alevins ont été produits sur place dans les mêmes étangs que ceux utilisés pour la production.

Les poissons produits sont vendus entiers et sur place. Le poids individuel à la vente est généralement de 1'500 g. D'après le pisciculteur, sont prix de vente est de 15'000 francs CFA pour 40 poissons pesant 1'500 g. Cela reviendrait à un prix de vente de 250 francs CFA par kg. Les recettes provenant de la vente annuelle des poissons sont estimées à 300'000 francs CFA

Le pisciculteur est très satisfait de la rentabilité de la première année et a investi dans la construction de 3 étangs supplémentaires. Dans les prochaines années, ses objectifs principaux sont de construire des étangs sur la totalité de la parcelle dont il dispose. Il souhaite également se lancer dans la production d'escargots géants et intégrer l'élevage de dindons dans des bâtiments construits en-dessus de ses étangs

Les paramètres physico-chimiques de l'eau relevés lors de la visite à 16h étaient les suivants :

O₂ : 6 mg/l

Température : 28,1 C

Redox : 96-104 mV (petits étangs)

pH : 7,2-8

Salinité : 0 mg/l



Figure 10: Etang piscicole à Domeze (Kohli 2021)

La pisciculture sur la Femodo est en opération depuis 7 ans et gérée par l'équipe de travailleurs permanents engagés par la ferme. Les autres activités de la ferme sont la production d'ananas en rotation culturale avec du maïs, de la cassava et du soja sur des surfaces agroforestières au sol paillé d'herbes coupées sur les parcelles en jachères se trouvant aux alentours. La production de fruits de la passion et le maraîchage sont également deux activités importantes de la ferme. La production de larves de mouches soldats ainsi que la production d'œufs de poules sont des activités récentes, commencées depuis 1 année.

L'eau utilisée dans la pisciculture provient d'un forage équipé avec une pompe fonctionnant avec l'énergie des panneaux solaires qui se trouvent sur la ferme. Cette eau présente une salinité légère avec des taux variant entre 2 et 4 mg/l.

La ferme dispose de 4 étangs de 150 m², d'1 étang de 225m² et de 2 étangs de 30m². Les étangs d'engraissements de 150 m² sont mis en charge à une densité de 400 tilapias du Nil de sexes mixtes. L'étang de 225 m² sert d'étang de pré-grossissement pour les alevins et les deux étangs de 30 m² sont normalement utilisés pour la reproduction. Les poissons sont nourris à un taux de 3% de la biomasse qui est déterminée de manière bihebdomadaire. Le nourrissage a lieu 2 fois par jour, le matin 8h et l'après-midi à 16h. Les quantités respectives d'aliments distribués sont 2/3 de la quantité le matin et 1/3 l'après-midi. L'aliment utilisé est l'aliment composé d'intrants locaux dont la production est décrite dans la partie matériel et méthode. Le mélange d'intrants utilisés varie parfois selon les disponibilités et les prix des intrants.



L'engraissement dure 4 mois et les poissons qui sont pêchés dans les étangs de la FEMODO ne dépassent généralement pas les 140g, ce qui rend leur vente difficile. Les poissons sont vendus à un prix préférentiel aux villageois de Donomadée, soit 2'000 francs CFA par kg. Les prix pour les autres acheteurs s'élèvent à 3'000 francs CFA par kg.

Il a été difficile d'obtenir des chiffres pour déterminer la performance économique du système piscicole actuel à la FEMODO car une tenue rigoureuse des comptes d'exploitation n'est pas encore appliquée. Cependant, durant l'année 2021, les poissons étaient en grande majorité trop petits pour être vendu et ont été convertis en farine de poisson pour alimenter à nouveau d'autres poissons. Cette pratique laisse supposer un bilan nettement déficitaire de cette activité à l'heure actuelle.

Figure 11: Etang piscicole à la FEMODO (Kohli 2021)

6.1.2 Comparaison des piscicultures décrites

A part la première pisciculture visitée pratiquant un système intensif avec l'utilisation d'aliments commerciaux uniquement et d'alevins achetés, les piscicultures visitées pratiquent l'élevage semi-intensif à différents degrés d'intensité. On peut les distinguer principalement par la quantité d'aliments commerciaux et transformés utilisés, ainsi que par leur système de production d'alevins et les tailles et les quantités des étang à disposition.

La pisciculture située à Anfoin et celle de la FEMODO sont similaires notamment de par leurs systèmes de reproduction séparés de l'engraissement et leur utilisation d'aliment à base d'intrant locaux divers. Les deux piscicultures présentes des étangs de différentes tailles selon la fonction envisagée de chaque étang.

La pisciculture située à proximité de Domeze, peut être catégorisée comme une pisciculture de petite taille et pratiquant un système semi-intensif très simple avec la reproduction et l'engraissement ayant lieu de manière simultanée dans tous les étangs et une alimentation complémentaire minimale avec un seul ingrédient d'origine locale.

Un tableau servant de résumé des observations effectuées et permettant une comparaison plus facile des 4 piscicultures considérées a ensuite été produit.

6.1.3 Analyse économique de l'essai

Les 1600 alevins de tilapias du Nil sexés ont coûté 65'000 francs CFA et leur transport de Kovié à Donomadée a coûté 20'000 francs CFA. Les quantités totales d'aliments requises pour la durée de l'essai étaient de 176,7 kg pour l'aliment à base d'intrants locaux et de 50,5 kg pour l'aliment commercial Raanan. En excluant le concentré de vitamines et minéraux, les coûts totaux pour les ingrédients contenu dans l'aliment local se sont élevés à 61'270 CFA

La biomasse totale de tilapias du Nil produite à la fin de la durée d'essai était de 87,7 kg. A un prix de 2'000 CFA/kg de poisson, la valeur totale des poissons produits était de 175'400 CFA.

Le tableau ci-dessous résume cette estimation très grossière de la performance économique de l'essai. La marge sans inclure les dépenses pour le concentré contenu dans l'aliment local, ni les heures de travail, ni celles pour l'aliment commercial, était de 29'130 CFA. Le résultat économique de l'essai sur son ensemble devrait par conséquent être négatif. Si l'on considère la rentabilité par traitement, les traitements L2 et LA2 ont permis d'obtenir un bénéfice dépassant 10'000 CFA, alors que dans l'étang 6 LA6 et L6 ont amené un bénéfice de 3'040 et 1'449 respectivement. LP6 a été proche d'une marge nulle avec 381 et LP2 a même engendré une perte avec -3'559.

Tableau 2: Dépenses et recettes principales connues pour la conduite de l'essai

Ingrédient	Quantité totale	Prix/unité	Dépenses	Recettes	Marge
Farine de maïs	24.74kg	500/kg	12'370		
Farine de soja torréfié	17.8 kg	1'000/kg	17'800		
Tourteau de pal-miste	53 kg	5'000/50 kg	5'300		
Farine de poisson	74.2 kg	15'000/50kg	22'260		
Concentré vita-mines et minéraux	3.54 kg	Inconnu			
Huîle rouge	3.54 kg	1'000/kg	3'540		
Total aliment local	176,7 kg	347 CFA	61'270		
Total aliment commercial	50.5 kg	Inconnu	Inconnu		
Achat alevins	1600		85'000 CFA		
Total production	87,7 kg	2'000 CFA	146'270	175'400	29'130

Tableau 3: Résultat économique par traitement

Facteur	L2	L6	LA2	LA6	LP2	LP6	R2	R6
150Alevins	6'100	6'100	6'100	6'100	6'100	6'100	6'100	6'100
Transport	1'875	1'875	1'875	1'875	1'875	1'875	1'875	1'875
Aliments kg	27,864	21,384	27,9	20,736	40,704	38,1	23,148	27,352
Aliment prix	9'669	7'420	9'681	7'195	14'124	13'220	X	X
Poissons produits kg	13,979	9,424	14,567	9,105	9,27	10,788	6,43	14,269
Valeur poissons produits	27'958	18'848	29'134	18'210	18'540	21'576	12'860	28'538
Résultat	10'314	1'449	11'478	3'040	-3'559	381	X	X

Tableau 4: Résumé des résultats de l'enquête socio-économique

Piscicultures	Alogavi	Anfoin	Domeze	Donomadée
Durée d'opération	1 an	11 ans	1 an	6 ans
Autres activités	Non	Maraîchage	Piment, Combo	Agroforesterie
Espèces produites	Tilapia du Nil	Tilapia du Nil, carpes	Tilapia du Nil, Tilapias locaux	Tilapia du Nil, Poisson-chat
Type de détention	Cages 12m2	Etangs 400 m2	Etangs 25 m2	Etangs 150 m2
Source d'eau	Lac Togo	Fleuve Zio	Rivière	Forage
Salinité d'eau	Saumâtre/varie	Douce	Douce	Salinité faible
Unités de production	1	13	5	7
Poissons/Unité	3000	1000	200	400
Poids à l'introduction	5 g	1-2 g	Inconnue	5 g
Durée engraissement	5 mois	12 mois	3 mois	4 mois
Nourrissages/Jour	3	1	2	2
Quantité d'aliment	6% poids	A l'œil	750 g	3% poids
Problèmes	Santé, eau	Eau, reproduction	Non	Croissance, eau
Appel à spécialistes	Oui, DPA	Non	Non	Oui, Uni Lomé
Type d'aliments	Commercial	Commercial, local	Local maïs	Local mélange
Provenance alevins	ITRA	Sur place	Sur place/FEMODO	Sur place
Méthode d'alevinage				
Lieu de vente	Sur place	Sur place	Sur place	Sur place
Forme de vente	Poissons entiers	Poissons entiers	Poissons entiers	Poissons entiers
Taille à la vente	300-500 g	1'000-1'500 g	1'500 g	140 g
Prix de vente/kg	1'800 CFA	2'500 CFA	250 CFA	2'000 CFA
Investissement/unité	800'000 CFA	50'000 CFA	20'000 CFA	1'500'000 CFA
Investissements tot.	800'000 CFA	950'000	100'000	6'000'000 CFA
Coûts des alevins/ans	300'000 CFA	Pas de coûts	10'000 CFA 1 fois	Pas de coûts
Coûts d'aliments/an	Pas de chiffres	250'000 CFA	50'000 CFA	Pas de chiffres
Autres coûts/an	Non	150'000 CFA	40'000 CFA	Pas de chiffres
Ventes/an	Pas de chiffres	700'000 CFA	300'000 CFA	Pas de chiffres
Marge/an	Pas de chiffres	300'000 CFA	200'000 CFA	Pas de chiffres
Financement externe	Oui	Oui	Non	Oui
Résultat économique	Déficit	Bénéfice	Bénéfice	Déficit
Durée remboursement investissement	Pas de chiffres	3 ans	6 mois	Pas de chiffre

6.2 Résultats : paramètres physico-chimiques de l'eau

6.2.1 Résultats de l'analyse des paramètres physico-chimiques de l'eau relevés le matin

La première analyse a été effectuée sur les paramètres physico-chimiques de l'eau observés à 7 h du matin à 37 reprises sur la durée de l'essai.

L'étang 2 a eu une température moyenne, un taux d'oxygène dissout, un pH et un redox de 27,01 degrés Celsius, 3,76 mg/l, 7,73 et -6,46 mV respectivement. Les valeurs minimales et maximales mesurées ont varié entre 26,1 et 28,4 degrés Celsius pour la température, 0,6 et 7 mg/l pour l'oxygène, 7,2 et 8,2 pour le pH et -294 et 152 mV pour le redox.

L'étang 3 a eu une température moyenne, un taux d'oxygène dissout, un pH et un redox de 27,05 degrés Celsius, 2,94 mg/l, 7,66 et 17,54 mV respectivement. Les valeurs minimales et maximales mesurées ont varié entre 26,4 et 28,4 degrés Celsius pour la température, 0,9 et 5,8 mg/l pour l'oxygène, 7,3 et 7,9 pour le pH et -60 et 150 mV pour le redox.

L'étang 6 a eu une température moyenne, un taux d'oxygène dissout, un pH et un redox de 26,9 degrés Celsius, 2,22 mg/l, 7,46 et -9,89 mV respectivement. Les valeurs minimales et maximales mesurées ont varié entre 26,2 et 28,5 degrés Celsius pour la température, 0,1 et 4,8 mg/l pour l'oxygène, 7,2 et 7,7 pour le pH et -120 et 110 mV pour le redox.

L'étang 7 a eu une température moyenne, un taux d'oxygène dissout, un pH et un redox de 26,89 degrés Celsius, 3,38 mg/l, 7,59 et 1,23 mV respectivement. Les valeurs minimales et maximales mesurées ont varié entre 26 et 28,4 degrés Celsius pour la température, 1 et 6,1 mg/l pour l'oxygène, 7,4 et 7,9 pour le pH et -80 et 99 mV pour le redox.

Les résultats de l'ANOVA effectuée sur les 4 paramètres d'eau ont indiqué une différence significative entre les étangs pour l'oxygène dissout, avec $P=0,000 < 0,05$, et pour le pH, avec $P=0,000 < 0,05$, alors que les différences n'étaient pas significatives pour la température, avec $P=0,234 > 0,05$ et pour le redox, avec $P=0,303 > 0,05$.

Pour ce qui est de la concentration moyenne en oxygène dissout, l'étang 2 avait la valeur la plus élevée avec 3,76, suivit de l'étang 7 à 3,38, de l'étang 3 à 2,94 et de l'étang 6 à 2,22 mg/l.

Dans le cas du pH, l'étang 2 avait la valeur la plus élevée avec 7,73, suivit de l'étang 3 avec 7,76, de l'étang 7 avec 7,59 et de l'étang 6 avec 7,46. Les variations des valeurs redox était très élevées dans tous les étangs.

Tableau 5 : Moyenne +/- Dev standard avec résumé des résultats de l'ANOVA réalisée pour analyser les paramètres physico-chimiques de l'eau relevés le matin. L'abréviation Sig Représente les paramètres avec $P < 0,05$ dans l'ANOVA et Non sig dans le cas d'un résultat $P > 0,05$.

Paramètre (N)/(Sig Levene)	Etang 2 (moyenne) (Deviation standard)	Etang 3 (moyenne) (Deviation standard)	Etang 6 (moyenne) (Deviation standard)	Etang 7 (moyenne) (Deviation standard)	Valeur F ANOVA (df) F	Significativité ANOVA
Température C (37)/(P=0.908)	27.01 +/-0.07	27.05 +/-0.06	26.9 +/-0.07	26.89 +/-0.07	(3, 144) 1.44	P= 0.234 Non sig.
O2 mg/l (37)/(P=0.000)	3.76 +/-0.3	2.94 +/-0.2	2.22 +/-0.18	3.38 +/-0.16	(3, 144) 9.27	P= 0.000 Sig.
pH (37)/(P=.000)	7.73 +/-0.05	7.66 +/-0.03	7.46 +/-0.02	7.59 +/-0.02	(3, 144) 13.19	P= 0.000 Sig.
Redox mV (37)/(P=0.000)	-6.46 +/-16.93	17.54 +/-9.56	-9.89 +/-8.2	1.7 +/-6.49	(3, 144) 1.23	P= 0.303 Non sig.

6.2.2 Résultats de l'analyse des paramètres physico-chimiques de l'eau relevés sur toute la journée

La deuxième analyse a été effectuée avec les données obtenues en mesurant les paramètres physico-chimiques de l'eau à des intervalles de 2 heures, avec 9 mesures par jours, effectuées lors de 5 journées avec des intervalles de 2 semaines.

L'étang 2 a affiché une température moyenne, un taux d'oxygène dissout, un pH et un redox de 28,28 degrés Celsius, 9,64 mg/l, 7,86 et 40,18 mV respectivement. Les valeurs minimales et maximales mesurées ont varié entre 25,9 et 30,9 degrés Celsius pour la température, 0,28 et 19,6 mg/l pour l'oxygène, 7,24 et 8,8 pour le pH et -294 et 159 mV pour le redox.

L'étang 3 a eu une température moyenne, un taux d'oxygène dissout, un pH et un redox de 28,39 degrés Celsius, 6,71 mg/l, 7,78 et 32,09 mV respectivement. Les valeurs minimales et maximales mesurées ont varié entre 26,4 et 31 degrés Celsius pour la température, 0,82 et 16,86 mg/l pour l'oxygène, 7,15 et 8,52 pour le pH et -134 et 148 mV pour le redox.

L'étang 6 a présenté une température moyenne, un taux d'oxygène dissout, un pH et un redox de 28,02 degrés Celsius, 6,86 mg/l, 7,63 et -21,73 mV respectivement. Les valeurs minimales et maximales mesurées ont varié entre 26,5 et 30,2 degrés Celsius pour la température, 0,1 et 21,2 mg/l pour l'oxygène, 7,19 et 8,12 pour le pH et -130 et 72 mV pour le redox.

L'étang 7 a eu une température moyenne, un taux d'oxygène dissout, un pH et un redox de 27,94 degrés Celsius, 6,87 mg/l, 7,74 et 20,47 mV respectivement. Les valeurs minimales et maximales mesurées ont varié entre 26,6 et 30,2 degrés Celsius pour la température, 0,2 et 17,53 mg/l pour l'oxygène, 7,39 et 8,13 pour le pH et -113 et 99 mV pour le redox.

Les résultats de l'ANOVA effectuée sur les 4 paramètres d'eau ont indiqué une différence significative entre les étangs pour l'oxygène dissout, avec $P=0,025 < 0,05$, pour le pH, avec $P=0,006 < 0,05$, et pour le redox, avec $P=0,000 > 0,05$, alors que les différences n'étaient pas significatives pour la température, avec $P=0,115 > 0,05$.

Pour ce qui est de la concentration moyenne en oxygène dissout, l'étang 2 avait la moyenne la plus élevée avec 9,64, suivit de l'étang 7 à 6,87, de l'étang 6 à 6,86 et de l'étang 3 à 6,71 mg/l.

Dans le cas du pH, l'étang 2 avait la valeur la plus élevée avec 7,86, suivit de l'étang 3 avec 7,78, de l'étang 7 avec 7,74 et de l'étang 6 avec 7,63.

Dans le cas du redox, l'étang 2 avait la valeur la plus élevée avec 40,18, suivit de l'étang 3 avec 30,09, de l'étang 7 avec 20,47 et de l'étang 6 avec -21,73.

Tableau 6 : Moyenne +/-Dev standard avec résumé des résultats de l'ANOVA réalisée pour analyser les paramètres physico-chimiques de l'eau relevés sur toute la journée. L'abréviation Sig Représente les paramètres avec $P < 0,05$ dans l'ANOVA et Non sig dans le cas d'un résultat $P > 0,05$.

Paramètre (N)/(Sig Levene)	Etang 2 (moyenne) (Deviation standard)	Etang 3 (moyenne) (Deviation standard)	Etang 6 (moyenne) (Deviation standard)	Etang 7 (moyenne) (Deviation standard)	Valeur F ANOVA (df) F	Significativité ANOVA
Temperature C (45)/(P=0.097)	28.28 +/-1.13	28.39 +/-1.12	28.02 +/-0.91	27.94 +/-0.84	(3, 176) 2.01	P= 0.115 Non sig.
O2 mg/l (45)/(P=0.000)	9.64 +/-5.42	6.71 +/-4.03	6.86 +/-6.73	6.87 +/-4.76	(3, 176) 3.19	P= 0.025 Sig.
pH (45)/(P=0.000)	7.86 +/-0.42	7.78 +/-0.3	7.63 +/-0.3	7.74 +/-0.2	(3, 176) 4.25	P= 0.006 Sig.
Redox mV (45)/(P=0.099)	40.18 +/-93.64	32.09 +/-72.37	-21.73 +/-56.63	20.47 +/-49.51	(3, 176) 6.94	P= 0.000 Sig.

Dans l'ensemble, les paramètres physico-chimiques qui ont fortement varié au cours de la journée étaient l'oxygène dissout et le redox. Dans le cas, de l'oxygène tous les étangs présentait le même schéma cyclique avec des concentrations basses en début et en fin de journée avec des pics au milieu. Pour la température et le pH, les différences étaient moins marquées.

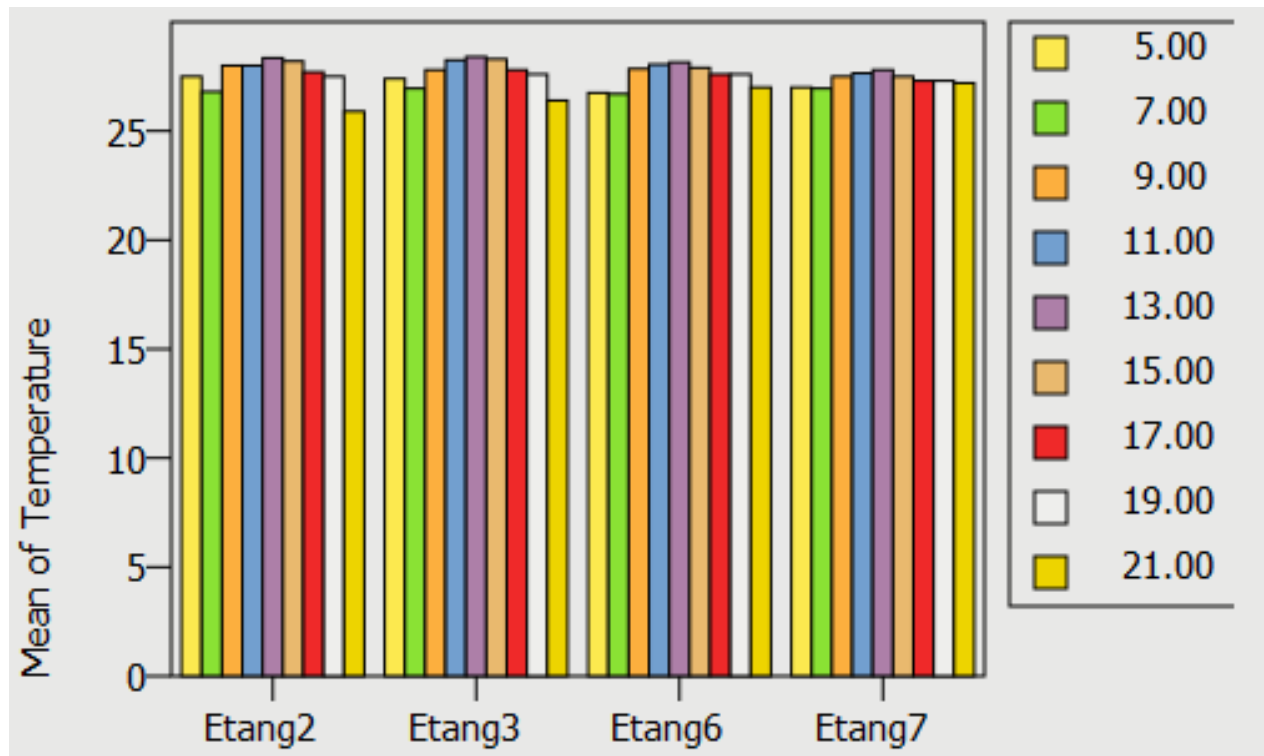


Figure 12: Graphique des températures moyennes en degrés Celsius selon les heures de la journée.

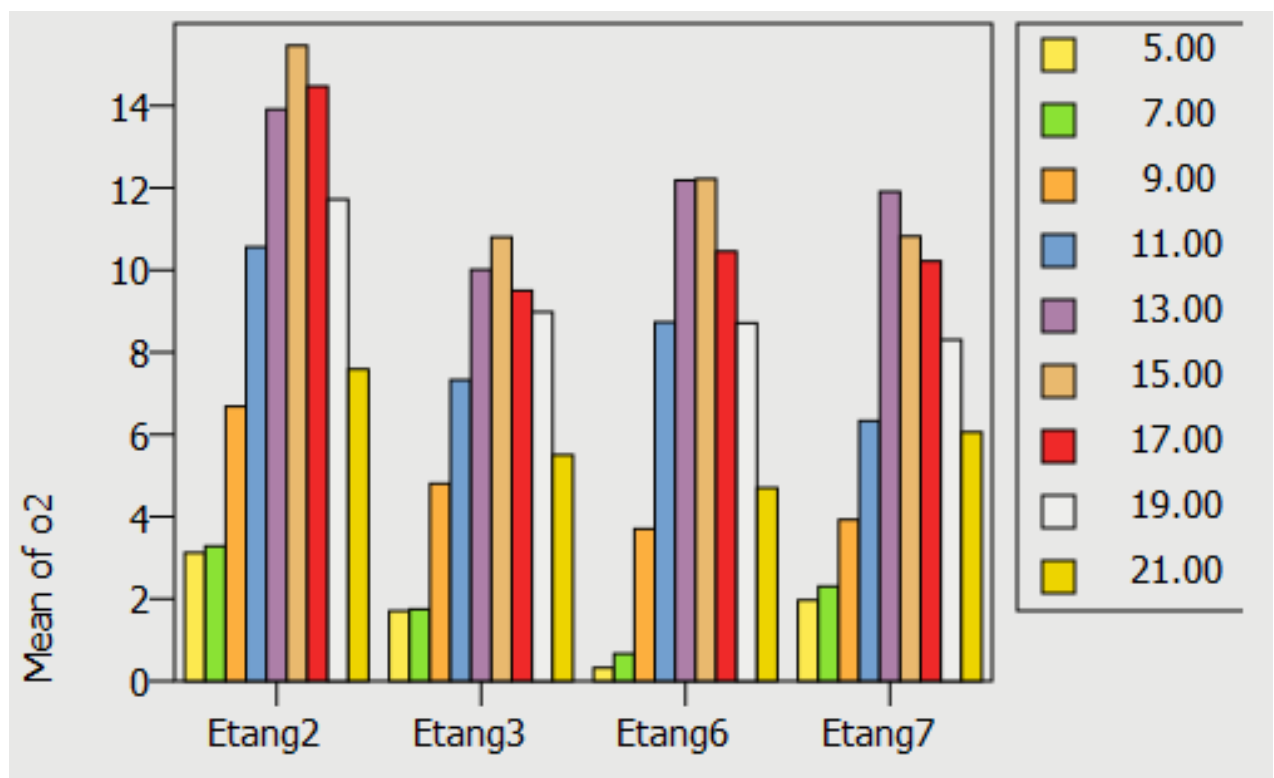


Figure 13 : Graphique des concentrations d'oxygène en mg/l selon les heures de la journée.

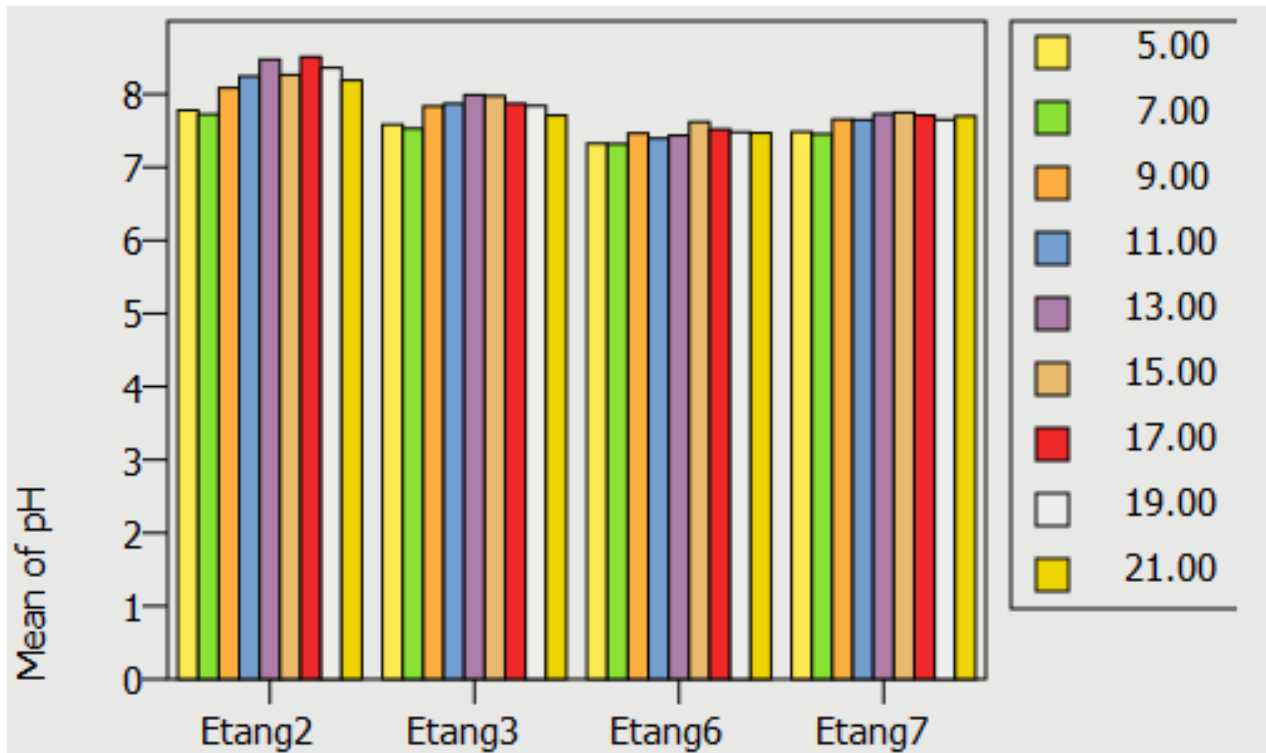


Figure 14: Graphique des valeurs moyennes du pH selon les heures de la journée.

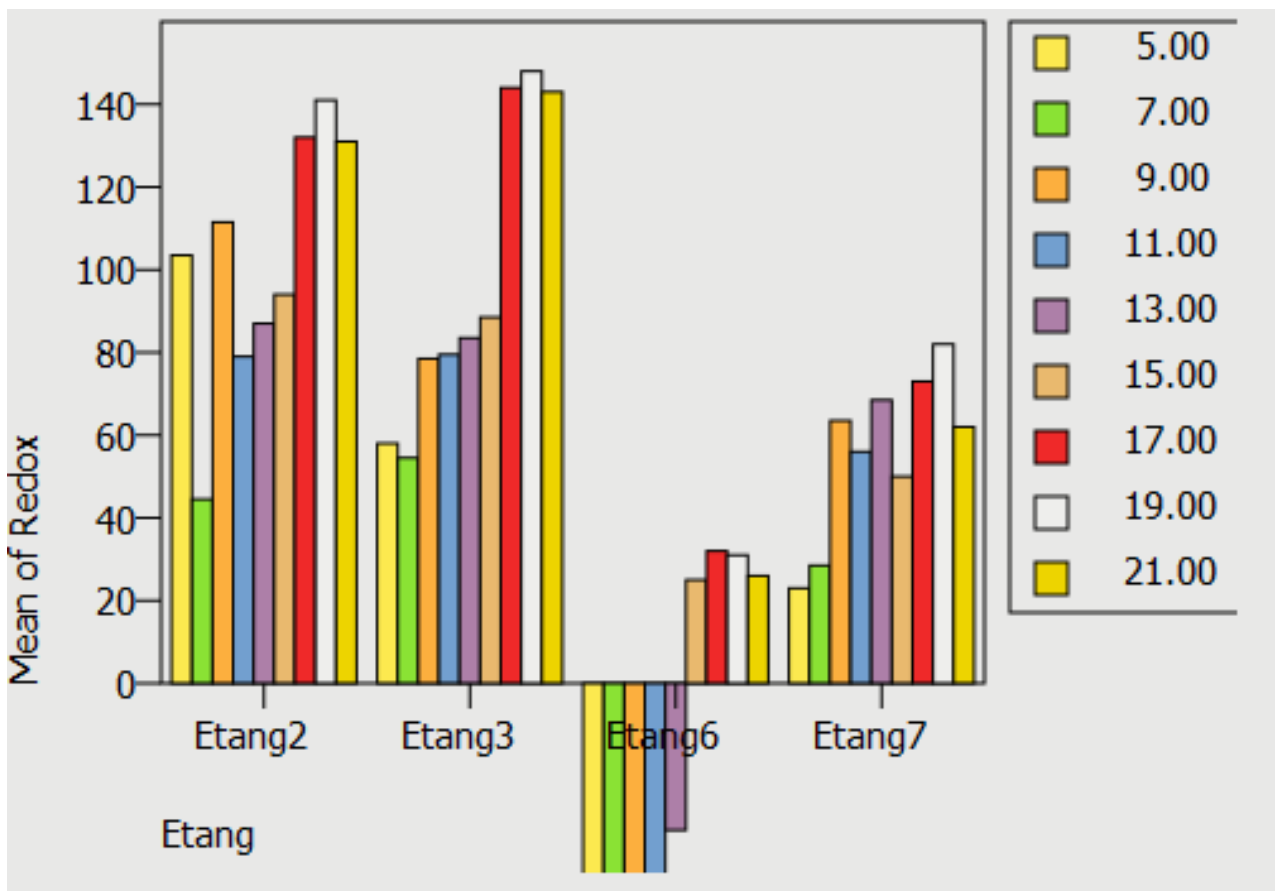


Figure 15: Graphique des valeurs moyennes de redox en mV selon les heures de la journée.

6.3 Résultats : paramètres de croissance des tilapias

La première analyse effectuée en lien avec les performances des tilapias consistait à comparer les performances moyennes des poissons se trouvant dans l'étang 2 avec ceux de l'étang 6.

Dans l'étang 2, les données obtenues ont résulté en un poids moyen final, un taux de croissance moyen, un taux de conversion alimentaire moyen et un taux de mortalité moyen de 105,25 g, 4,32, 4,39 et 30% respectivement. Les valeurs minimales et maximales enregistrées ont varié entre 90 et 125 g pour le poids moyen, 0,07 et 6,42 pour le taux de croissance, 2,12 et 12,66 pour la conversion alimentaire et 0 et 88% pour le taux de mortalité.

Dans l'étang 6, les données obtenues ont résulté en un poids moyen final, un taux de croissance moyen, un taux de conversion alimentaire moyen et un taux de mortalité moyen de 74,33 g, 4,64, 3,07 et 3% respectivement. Les valeurs minimales et maximales enregistrées ont varié entre 90 et 125 g pour le poids moyen, 0,07 et 6,42 pour le taux de croissance, 2,12 et 12,66 pour la conversion alimentaire et 0 et 88% pour le taux de mortalité.

Les résultats de l'ANOVA effectuée sur les 4 paramètres de performance zootechnique ont indiqué une différence significative entre les étangs pour le poids moyen, avec $P=0,000 < 0,05$, et pour le taux de mortalité, avec $P=0,002 < 0,05$, alors que les différences n'étaient pas significatives pour le taux de croissance, avec $P=0,624 > 0,05$ et pour le taux de conversion, avec $P=0,172 > 0,05$.

L'étang 2 avait un poids moyen plus élevé, avec 30 g de plus, mais aussi une mortalité 10 fois plus élevée que l'étang 6.

Tableau 7 : Moyenne +/-Dev standard avec résumé des résultats de l'ANOVA réalisée pour analyser les performances des poissons selon l'étang utilisé. L'abréviation Sig Représente les paramètres avec $P < 0,05$ dans l'ANOVA et Non sig dans le cas d'un résultat $P > 0,05$.

Variable (N)/(Sig Levene)	Etang 2 (moyenne) (Deviation standard)	Etang 6 (moyenne) (Deviation standard)	Valeur F dans ANOVA (df) F	Sig. ANOVA
Poids moyens (12)/(P=0.090)	105.25 +/- 9.33	74.33 +/-15.26	(1, 22) 35.75	P= 0.000 Sig.
Taux croissance (12)/(P=0.056)	4.32 +/-1.97	4.64 +/-1.12	(1, 22) 0.23	P= 0.634 Non sig.
Taux conversion (12)/(P=0.011)	4.39 +/-3.14	3.07 +/-0.81	(1, 22) 1.99	P= 0.172 Non sig.
Taux Mortalité (12)/(P=0.001)	0.3 +/- 0.27	0.03 +/- 0.03	(1, 22) 11.85	P= 0.002 Sig.

La deuxième analyse effectuée sur les performances des tilapias consistait à comparer les performances moyennes des poissons avec les 8 traitements différents, en fonction du régime alimentaire et de l'étang.

Dans le traitement L2, les données obtenues ont résulté en un poids moyen final, un taux de croissance moyen, un taux de conversion alimentaire moyen et un taux de survie moyen de 106 g, 5,63, 2,36 et 12% respectivement. Les valeurs minimales et maximales enregistrées ont varié entre 99 et 112 g pour le poids moyen, 4,92 et 6,19 pour le taux de croissance, 2,16 et 2,58 pour la conversion alimentaire et 0 et 30% pour le taux de mortalité.

Dans le traitement L6, les données obtenues ont résulté en un poids moyen final, un taux de croissance moyen, un taux de conversion alimentaire moyen et un taux de survie moyen de 63 g, 3,94, 2,85 et 1% respectivement. Les valeurs minimales et maximales enregistrées ont varié entre 62 et 64 g pour le poids moyen, 3,85 et 4,03 pour le taux de croissance, 2,82 et 2,87 pour la conversion alimentaire et 0 et 2% pour le taux de mortalité.

Dans le traitement LA2, les données obtenues ont résulté en un poids moyen final, un taux de croissance moyen, un taux de conversion alimentaire moyen et un taux de survie moyen de 103 g, 6,07, 2,24 et 6% respectivement. Les valeurs minimales et maximales enregistrées ont varié entre 96 et 109 g pour le poids moyen, 5,71 et 6,42 pour le taux de croissance, 2,12 et 2,35 pour la conversion alimentaire et 0 et 16% pour le taux de mortalité.

Dans le traitement LA6, les données obtenues ont résulté en un poids moyen final, un taux de croissance moyen, un taux de conversion alimentaire moyen et un taux de survie moyen de 62,33 g, 3,71, 2,89 et 3% respectivement. Les valeurs minimales et maximales enregistrées ont varié entre 61 et 63 g pour le poids moyen, 3,62 et 3,78 pour le taux de croissance, 2,85 et 2,92 pour la conversion alimentaire et 0 et 8% pour le taux de mortalité.

Dans le traitement LP2, les données obtenues ont résulté en un poids moyen final, un taux de croissance moyen, un taux de conversion alimentaire moyen et un taux de survie moyen de 105,33 g, 3,56, 5,93 et 42% respectivement. Les valeurs minimales et maximales enregistrées ont varié entre 90 et 125 g pour le poids moyen, 2,68 et 4,77 pour le taux de croissance, 4,39 et 7,43 pour la conversion alimentaire et 36 et 46% pour le taux de mortalité.

Dans le traitement LP6, les données obtenues ont résulté en un poids moyen final, un taux de croissance moyen, un taux de conversion alimentaire moyen et un taux de survie moyen de 74,33 g, 4,61, 4,31 et 4% respectivement. Les valeurs minimales et maximales enregistrées ont varié entre 71 et 78 g pour le poids moyen, 4,26 et 5,14 pour le taux de croissance, 4,03 et 4,6 pour la conversion alimentaire et 2 et 6% pour le taux de mortalité.

Dans le traitement R2, les données obtenues ont résulté en un poids moyen final, un taux de croissance moyen, un taux de conversion alimentaire moyen et un taux de survie moyen de 106,67 g, 2,03, 7,03 et 60% respectivement. Les valeurs minimales et maximales enregistrées ont varié entre 101 et 116 g pour le poids moyen, 0,07 et 3,9 pour le taux de croissance, 0,07 et 12,66 pour la conversion alimentaire et 30 et 86% pour le taux de mortalité.

Dans le traitement R6, les données obtenues ont résulté en un poids moyen final, un taux de croissance moyen, un taux de conversion alimentaire moyen et un taux de survie moyen de 97,67 g, 6,3, 2,23 et 3% respectivement. Les valeurs minimales et maximales enregistrées ont varié entre 94 et 105 g pour le poids moyen, 5,66 et 7,02 pour le taux de croissance, 2,15 et 2,27 pour la conversion alimentaire et 0 et 6% pour le taux de mortalité.

Les graphiques ci-dessous permettent une appréciation visuelle des différences entre les 8 traitements au niveau des 4 paramètres de performances zootechniques analysés. Les différences marquées entre les étangs sont particulièrement visibles pour les poids moyens, sauf dans le cas de R6 et pour les taux de mortalité, sauf pour LA2 et L2.

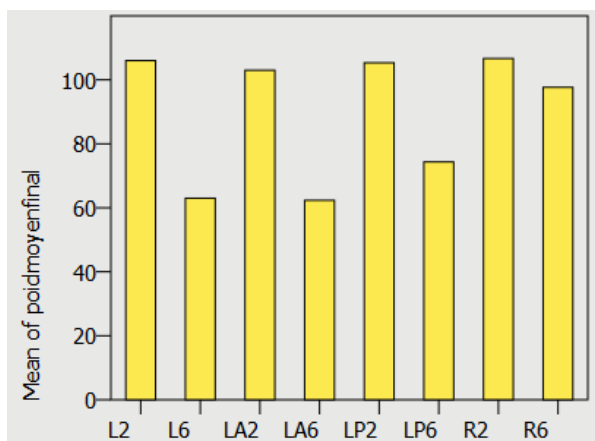


Figure 16: Graphique des poids moyens par traitement

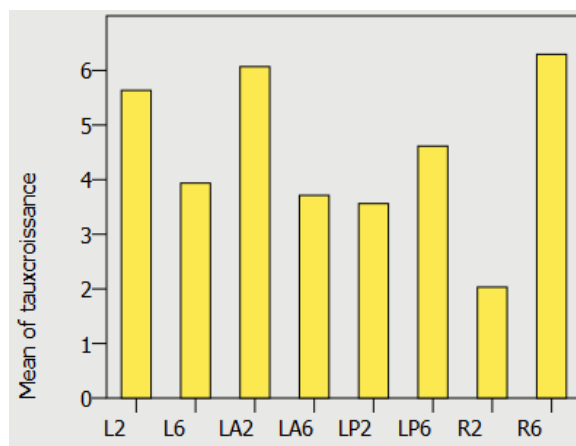


Figure 17: Graphique des taux de croissance par traitement

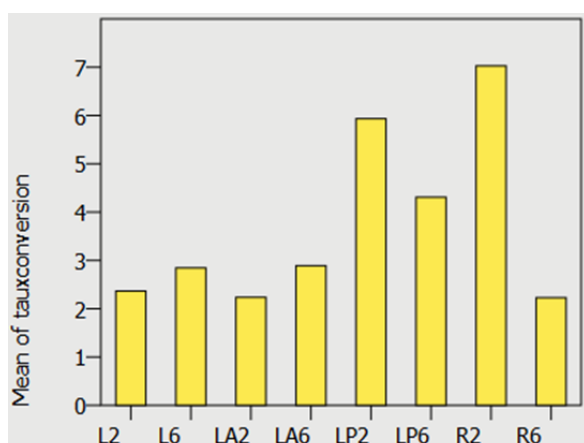


Figure 18: Graphique des taux de conversion par traitement

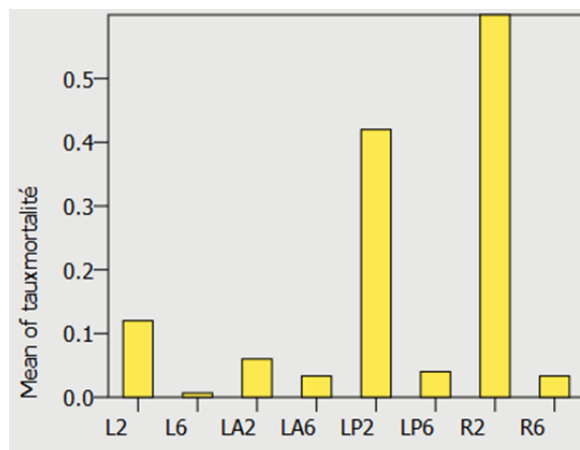


Figure 19: Graphique des taux de mortalité par traitement

La différence très marquée au niveau des taux de mortalité provient d'un événement survenu au milieu de l'essai et qui n'a pas pu être expliqué par les mesures effectuées. La seule piste identifiée était le changement de couleur marqué de l'eau 2 jours avant la mortalité de masse dans l'étang 2. L'eau était passée d'une couleur légèrement verte à une couleur brune.

Jusqu'à ce moment, tous les groupes se trouvant dans l'étang 2 présentaient des performances de croissance nettement meilleures. Cet événement est bien visible sur le graphique se trouvant sur la page suivante et présentant les courbes superposées de l'évolution du poids moyen de chaque traitement lors des pêches de contrôle. La dépression des poids moyen due à la mortalité, survenue entre le 14.08 et le 28.08, a particulièrement affecté les traitements R2 et LP2

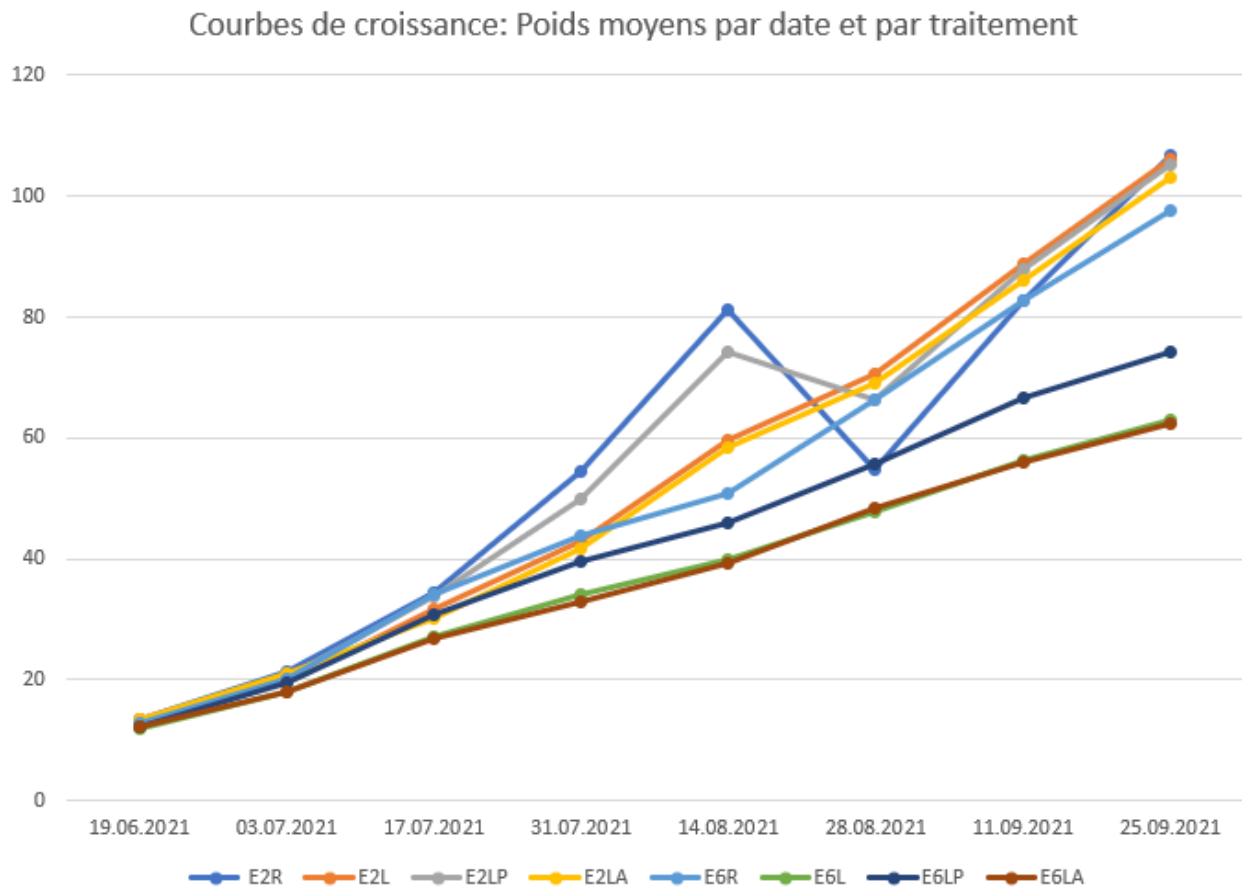


Figure 20: Graphique des courbes superposées des poids moyens par traitement et par date

Les résultats de l'ANOVA effectuée sur les 4 paramètres de performance zootechnique ont indiqué une différence significative entre les étangs pour tous les paramètres. La significativité était de $P=0,000 < 0,05$ pour le poids moyen, $P=0,000 < 0,05$ pour le taux de croissance, $P=0,032 < 0,05$ pour le taux de conversion alimentaire et $P=0,000 < 0,05$ pour le taux de mortalité.

Le poids moyen le plus élevé a été enregistré dans le traitement R2, avec 106,6 g, suivi de L2 avec 106 g, LP2 avec 105,3 g, LA2 avec 103 g, R6 avec 97,67 g, LP6 avec 74,33 g, L6 avec 63 g et LA6 avec 62,33 g.

Le taux de croissance le plus élevé a été enregistré dans le traitement R6 avec 6,3, suivi de LA2 avec 6,07, de L2 avec 5,63, de LP6 avec 4,61, de L6 avec 3,94, de LA6 avec 3,71, de LP2 avec 3,56 et de R2 avec 2,03.

Le taux de conversion alimentaire le plus bas a été enregistré dans le traitement R6 avec 2,23, suivi de LA2 avec 2,24, de L2 avec 2,36, de L6 avec 2,85, de LA6 avec 2,89, de LP6 avec 4,31, de LP2 avec 5,93 et de R2 avec 7,03.

Le taux de mortalité le plus bas a été enregistré dans le traitement L6 avec 1%, suivi de LA6 et R6 avec 3%, de LP6 avec 4%, de LA2 avec 6%, de L2 avec 12%, de LP2 avec 42% et de R2 avec 60%.

Le tableau résumant ces résultats se trouve sur la page suivante.

Tableau 8 : Moyenne +/-Dev standard avec résumé des résultats de l'ANOVA réalisée pour analyser les performances des poissons selon leurs régimes alimentaires. L'abréviation Sig Représente les paramètres avec P<0,05 dans l'ANOVA et Non sig dans le cas d'un résultat P>0.05.

Variable (N)/(Sig Levene)	L2 Moyen Dev. Sta.	L6 Moyen Dev. Sta.	LA2 Moyen Dev. Sta.	LA6 Moyen Dev. Sta.	LP2 Moyen Dev. Sta.	LP6 Moyen Dev. Sta.	R2 Moyen Dev. Sta.	R6 Moyen Dev. Sta.	Variable (N)/(Sig Levene)	Sig. ANOVA
V1. Poids moyens (3)/ (P=0.014)	106 +/- 6.56	63 +/-1	103 +/- 6.56	62.33 +/- 1.15	105.3 +/- .17.9	74.33 +/- 3.59	106.6 +/- 7	97.67 +/- 6.35	(7, 16) 17.78	P= 0.000 Sig.
V2. Taux croissance (3)/ (P=0.053)	5.63 +/- 0.65	3.94 +/- 0.09	6.07 +/- 0.35	3.71 +/- 0.08	3.56 +/- 1.08	4.61 +/- 0.46	2.03 +/- 1.91	6.3 +/- 0.69	(7, 16) 8.4	P= 0.000 Sig.
V3. Taux conversion (3)/ (P=0.000)	2.36 +/- 0.21	2.85 +/- 0.03	2.24 +/- 0.11	2.89 +/- 0.04	5.93 +/- 1.52	4.31 +/- 0.29	7.03 +/- 4.98	2.23 +/- 0.07	(7, 16) 3	P= 0.032 Sig.
V4. Taux Mortalité (3)/ (P=0.009)	0.12 +/- 0.16	0.01 +/- 0.01	0.06 +/- 0.09	0.03 +/- 0.04	0.42 +/- 0.05	0.04 +/- 0.02	0.60 +/- 0.28	0.03 +/- 0.03	(7, 16) 9.92	P= 0.000 Sig.

7 Discussion

7.1 Discussion des résultats de l'enquête socio-économique

L'enquête socio-économique a mis en évidence des différences claires au niveau de la gestion des 4 piscicultures, ainsi que des performances économiques de ces dernières. A part la première pisciculture visitée pratiquant un système intensif avec l'utilisation d'aliments commerciaux uniquement et d'alevins achetés, les piscicultures visitées pratiquent l'élevage semi-intensif à différents degrés d'intensité. On peut les distinguer principalement par la quantité d'aliments commerciaux et transformés utilisés, ainsi que par leur système de production d'alevins et les tailles et les quantités des étang à disposition.

Il a été difficile d'évaluer la performance économique des piscicultures d'Alogavi et de Domeze étant donné que les deux opérations ont été lancées une année auparavant. Cependant, il est intéressant de voir que l'exposition au risque financier de la pisciculture d'Alogavi était nettement plus élevée du fait de la stratégie de production intensive en cages avec de l'aliment commercial et des alevins achetés. Durant sa première année en fonctionnement, cette pisciculture a souffert d'une mortalité importante lors d'un changement soudain du pH survenu dans le lac Togo où les cages sont placées. Cette mortalité a engendré des pertes financières considérables pour la coopérative de pisciculteurs. Le positionnement de la pisciculture dans ce lac présente le désavantage d'un risque important venant de pollution de l'eau en amont. De plus, comme il s'agit d'un lac en contact direct avec l'océan, la salinité change fortement d'une saison à l'autre, l'eau étant douce durant une partie de l'année et saumâtre durant l'autre. Cela requiert des efforts supplémentaires et de l'attention pour adapter la gestion à la qualité d'eau changeante.

La pisciculture située à Anfoin et celle de la FEMODO sont similaires notamment par leurs systèmes de reproduction séparée de l'engraissement et leur utilisation d'aliment à base d'intrant locaux divers. Les deux piscicultures présentent des étangs de différentes tailles selon la fonction envisagée de chaque étang.

Néanmoins, une différence importante entre ces deux piscicultures est que les étangs de la pisciculture d'Anfoin sont situés dans le lit d'un fleuve ce qui donne l'avantage d'un accès permanent à l'eau fraîche qui passe par diffusion à travers les digues des étangs. L'eau du fleuve est riche en nutriments et algues et par conséquent les niveaux d'oxygène dissout peuvent être très bas durant la nuit. De plus, comme il s'agit d'un fleuve relativement grand, les risques de pollution de l'eau en amont sont également non-négligeables.

Dans le cas de la FEMODO, l'eau servant à remplacer les pertes dans les étangs par évaporation et infiltration est pompée de la nappe phréatique avec une pompe alimentée par de l'énergie solaire produite sur place. Cette eau est stockée dans une citerne surélevée avant d'être amenée dans les différents étangs à l'aide de tuyaux. Le désavantage de cette méthode vient des coûts engendrés pour la production d'électricité et les composantes du système de pompage. En revanche, ce système a l'avantage de limiter le risque venant de la pollution de l'eau en amont.

La pisciculture située à proximité de Domeze, peut être catégorisée comme une pisciculture de petite taille et pratiquant un système semi-intensif très simple avec la reproduction et l'engraissement ayant lieu de manière simultanée dans tous les étangs et une alimentation complémentaire minimale avec un seul ingrédient d'origine locale, les résidus meuniers de maïs. L'accès à de l'eau fraîche est garanti par la rivière qui longe les étangs piscicoles et dont l'eau fraîche et riche en oxygène dissout passe dans les étangs par diffusion à travers les digues. En comparaison aux autres piscicultures situées dans des cours d'eau naturels, la rivière présente moins de risque de pollution soudaine par des activités exercées en amont car la surface d'où la pollution peut provenir est réduite avec cette taille de cours d'eau.

La comparaison des piscicultures visitées montre que les piscicultures ayant une marge bénéficiaire pratiquent les systèmes semi-intensifs de manières extensives dans des étangs situés à proximité ou dans des cours d'eau naturels. La meilleure performance économique de la pisciculture de Domeze peut être expliquée par l'usage d'un aliment très simple et peu coûteux qui est probablement mieux adaptée à l'étroitesse du marché local car il présente un seuil de rentabilité plus bas, comme dans le cas du son de riz discuté dans l'état des connaissances (El-Sayed, 2006).

7.2 Analyse économique de l'essai

Le résultat principal de l'analyse économique de l'essai est que les coûts d'aliments et les coûts d'achat des alevins combiné aux performances des poissons et d'un événement de mortalité de masse ont causé des pertes financières. La comparaison des piscicultures visitées montre que les piscicultures ayant une marge bénéficiaire pratiquent les systèmes semi-intensifs de manières extensives dans des étangs situés à proximité ou dans des cours d'eau naturels. La pisciculture présentant les meilleurs résultats était la plus simple au niveau du système de production et de l'aliment utilisé. Il apparaît que dans le cadre du marché Togolais étroit, c'est-à-dire avec un pouvoir d'achat relativement faible des consommateurs l'utilisation de résidus meuniers de maïs comme aliment présente l'avantage d'avoir un seuil de rentabilité nettement plus bas que des aliments composés produits à base d'intrants locaux ou d'aliments commerciaux. L'importance d'un seuil de rentabilité bas dans le contexte du marché local Africain avait déjà été mentionnée par El-Sayed (2006).

Dans le cadre de l'essai, l'utilisation d'ingrédients au coût élevé dans la production de l'aliment a été un facteur important avec la moitié des coûts pouvant être attribués aux aliments. De plus, la complexité de la recette pour l'aliment a engendré des coûts supplémentaires pour les déplacements nécessaires dans la recherche de ces derniers et leur transformation, notamment la torréfaction et la transformation en farine.

L'utilisation de certains des ingrédients est également en compétition directe avec l'alimentation humaine, notamment la farine de maïs et la farine de soja torréfié. La farine de soja torréfié a représenté un peu moins de 1/3 des coûts pour l'aliment, avec un ratio de 10% dans la composition de l'aliment produit sur la ferme.

De plus, la farine de poisson représentait un peu plus de 1/3 des coûts pour l'aliment. Cet ingrédient représentait 42% de la composition de l'aliment local en termes de poids. Dans le cadre de l'alimentation d'un poisson végétarien dans son milieu naturel, cette quantité élevée remet également en question la durabilité et l'impact écologique d'une telle production. Il est probable que cet aliment influe également sur la santé des poissons dont l'appareil digestif n'est pas adapté.

L'évènement de mortalité survenu après 2 mois dans l'étang 2 rend l'analyse économique de l'essai difficile. Cependant, la comparaison des résultats économiques des différents traitements ayant été nourris avec l'aliment à base d'intrants locaux a néanmoins été effectuée.

Les deux traitements qui n'ont pas été affectés par la mortalité dans l'étang 2, L2 et LA2, ont tous les deux affichés un bénéfice dépassant 10'000 CFA, alors que dans l'étang 6 les croissances plus lentes dans tous les traitements ont engendré des bénéfices nettement réduits. Dans l'étang 6, le traitement LA6 a amené le bénéfice le plus élevé avec 3'040 CFA, en comparaison avec L6 avec 1'449 CFA et LP6 avec 380 CFA. Le taux d'alimentation plus élevé à 8% de la biomasse a même généré un déficit de 3'559 CFA pour le traitement LP2 affecté par la mortalité survenue en milieu d'essai.

Dans les 2 étangs, les traitements LA respectifs ont généré le revenu le plus élevé suivi des traitements L.

D'un point de vue économique, la croissance plus rapide obtenue avec un nourrissage à 8% de la biomasse ne permet pas de compenser les dépenses supplémentaires engendrées, surtout quand la croissance est ralentie par une concentration basse d'oxygène dissout ou s'il y a un risque de mortalités élevées.

7.3 Discussion des résultats d'analyse des paramètres d'eau

Pour ce qui est de l'analyse des paramètres d'eau, l'analyse des données de relevées le matin à 7h a seulement démontré une différence significative entre les étangs au niveau de la concentration en oxygène dissout et du pH. Cette première analyse a permis d'exclure des données les fluctuations quotidiennes importantes des paramètres.

L'étang 6 a présenté une concentration en oxygène nettement plus basse d'oxygène dissout que l'étang 2, avec des valeurs moyennes de 2,22 et 3,76 respectivement. Le pH le plus bas des 4 étangs a également été relevé dans l'étang 6 et le plus élevé dans l'étang 2, avec des valeurs moyennes de 7,46 et 7,73 respectivement.

L'analyse des données relevées avec la deuxième fréquence a montré une différence significative entre les étangs au niveau de la concentration en oxygène dissout, du pH et du potentiel redox. Dans le cas de cette deuxième analyse, l'étang 6 a également affiché des valeurs plus basses que l'étang 2 pour les trois paramètres significativement différents. Ainsi, la concentration moyenne en oxygène dissout a été de 6,86 et 9,64 ; le pH de 7,63 et 7,87 ; le potentiel redox de -21,73 et 40,18 dans l'étang 6 et 2 respectivement.

Cependant, les variations quotidiennes des paramètres relevés se sont révélées importantes dans tous les étangs. Les valeurs moyennes utilisées pour l'analyse ne permettent pas de rendre compte de ces fluctuations qui sont bien illustrées par les graphiques présentés dans la partie résultats.

L'oxygène dissout a présenté la variabilité la plus forte et la plus régulière en lien avec les concentrations élevées d'algues dans les étangs. La variation de ce paramètre s'est déroulée selon un schéma cyclique en lien avec le processus de photosynthèse des algues. La photosynthèse durant la journée a mené à des pics des concentrations en milieu de journée et dans l'après-midi, avec des concentrations très basses tard le soir et tôt le matin en lien avec l'inversion du processus de respiration végétal en l'absence de lumière. Ce phénomène a également été évoqué dans la littérature scientifique (Shoko et al. 2014). Ces auteurs ont aussi enregistré des taux d'oxygène dissout très bas dans les heures entre minuit et l'aube.

Les différences mesurées entre l'étang 2 et l'étang 6 pourraient être expliquées par la grande différence dans les densités de mise en charge. En effet, l'étang 6 avait 30 poissons/m² alors que l'étang 2 en avait seulement 8/m² soit presque 4 fois moins. Comme l'essai a été réalisé en happas, il est fort probable que la décomposition dans l'eau d'aliments qui sont sortis des happas durant le nourrissage a contribué à la détérioration de la qualité de l'eau. Cet effet a probablement été plus marqué dans l'étang 6 étant donné la densité de poissons nettement plus élevée. Lors d'un essai sur différents aliments, Begum et al (2014) ont trouvé des teneurs en ammoniac nettement plus élevées dans un de leurs traitements et ils ont conclu que cette différence était probablement due à la décomposition d'aliments qui n'avait pas été consommés dans l'eau.

7.4 Discussion des résultats d'analyse des paramètres de croissance des tilapias

Les poissons se trouvant dans l'étang 6 ont montré dans l'ensemble des performances moins bonnes que les poissons de l'étang 2. Seul le traitement R6 présentait des résultats similaires aux traitements de l'étang 2 n'ayant pas subi de mortalité de masse, soit L2 et LA2. Ainsi, le poids moyen final était de 105,25 dans l'étang 2 contre 74,33 dans l'étang 6. Cependant, la mortalité a été significativement plus élevée dans l'étang 2, avec 30%, que dans l'étang 6 avec 3%.

La concentration significativement plus basse d'oxygène dissout et le potentiel rédox plus bas dans l'étang 6 peuvent expliquer ces différences de performance. Speers-Roesch et al (2010) ont démontré qu'une exposition à 5 % de saturation en oxygène pendant 8 h a provoqué une dépression du taux de consommation d'oxygène des poissons qui s'est accompagnée de diminutions parallèles de la fréquence cardiaque, du débit cardiaque et de la puissance de sortie cardiaque. Ces changements au niveau de la respiration et du rythme cardiaque ont un effet sur l'ensemble du métabolisme, notamment sur la digestion (Li et al. 2020).

Le pH, également plus bas dans l'étang 6, est resté en dessus de 7 dans tous les étangs et peut donc difficilement être mis en cause, étant donné que toutes les valeurs trouvées pour ce paramètre se trouvaient dans une plage bien adaptée aux besoins du tilapia du Nil.

Comme indiqué dans la partie précédente la densité presque 4 fois plus élevées des poissons dans l'étang 6 pourrait être la cause principale de ces différences au niveau des paramètres physico-chimiques entre les étangs.

La croissance rapide des poissons dans l'étang 2 peut expliquer leur vulnérabilité à un changement rapide de la qualité de l'eau surtout pour les traitements R2 et LP2 qui affichaient les taux de croissance les plus élevés. Ainsi, Tran-Duy et al (2008) ont mis en avant que la capacité maximale d'absorption d'oxygène par rapport au poids corporel est plus faible chez les gros poissons que chez les petits, car la surface des branchies est liée de façon allométrique au poids corporel. Ce fait pourrait expliquer en partie cette différence.

Le traitement L2 a également été touché par l'évènement de mortalité dans une moindre mesure alors que le traitement LA2 n'a pas eu de pertes à ce moment. Le taux de mortalité réduit des poissons dans le traitement LA2 pourrait aussi être expliqué par l'alimentation complémentaire en lentilles d'eau. En effet, Abdel-Gawad et al (2020) ont mis en évidence l'effet protecteur que peut avoir la lentille d'eau lorsque les tilapias du Nil sont exposés à la pollution de l'eau par des métaux lourds. Dans le cadre de cette étude, en présence d'une forte dose de Cu et de Zn, les dommages à l'ADN ont diminué, les expressions géniques antioxydantes et les activités enzymatiques ont augmenté avec l'apport de lentilles d'eau. Un phénomène similaire a potentiellement eu lieu lors de l'évènement de mortalité dans l'étang 2.

La performance similaire du traitement R6 en comparaison aux traitements de l'étang 2 suggère que l'aliment commercial amène une meilleure croissance dans des conditions suboptimales. Ce phénomène pourrait être expliqué par le fait que les aliments commerciaux contiennent souvent des antibiotiques et qu'ils ont des teneurs en acides aminés mieux équilibrées et adaptées aux besoins des poissons.

8 Conclusions

La comparaison des piscicultures visitées montre que les piscicultures d'Anfoin et de Domeze ayant un bénéfice pratiquent les systèmes semi-intensifs simples dans des étangs situés à proximité ou dans des cours d'eau naturels. La pisciculture de Domeze avec l'aliment le plus simple, soit des résidus meuniers de maïs, a présenté les meilleures performances économiques, probablement grâce au seuil de rentabilité plus bas.

Dans le cadre de l'essai, la production des traitements LA a été plus rentable que celle des autres traitements utilisant l'aliment à base d'intrants locaux dans les 2 étangs. De plus, la rentabilité a été plus élevée dans l'étang 2 surtout pour les traitements LA et L qui n'ont pas été affectés par la mortalité survenue dans cet étang.

Les meilleures performances dans l'étang 2 peuvent être expliquées en partie par les différences significatives entre l'étang 2 et l'étang 6 au niveau de la concentration d'oxygène dissout, du pH et du potentiel redox. Tous ces paramètres ont présenté des moyennes plus basses dans l'étang 6 ce qui peut probablement aussi être attribué à la densité de poissons plus élevée avec 30 individus/m² contre 8/m² dans l'étang 2. En début d'essai, la plante aquatique introduite, *Pistia stratiotes*, a eu un impact négatif sur la qualité de l'eau dans l'étang 6. Le taux d'oxygène dissout et le potentiel redox ont été tellement réduits que les plantes ont été retirées de l'étang après 4 semaines.

Dans l'ensemble, les traitements LA2, L2 et R6 ont affichés une bonne croissance combinée à un taux de survie élevé. Les différences entre les traitements de l'étang 2 peuvent être attribuées en grande partie à la mortalité de masse survenue après deux mois dans les traitements LP2 et R2. De plus, la survie de tous les individus du traitement LA2 durant cette période suggère que les lentilles d'eau ont eu un effet bénéfique et protecteur sur les tilapias durant cette phase de stress accru. A l'opposé, les différences observées dans l'étang 6, avec la performance nettement meilleure du traitement R6, suggèrent que l'aliment commercial amène des performances de croissance supérieures à celle de l'aliment local notamment avec des conditions d'eau suboptimales. Cette différence pourrait être due à la présence d'antibiotiques dans l'aliment ou aussi à un meilleur profil d'acide aminés

Pour terminer, cet essai a différé fortement de la conduite habituelle des étangs avec le chaulage initial, l'utilisation de mâles mono-sexe ayant une autre génétique, la détention en happas et les densités de poissons plus élevées. Dans ces conditions, il est difficile de déduire des recommandations pour la pisciculture de la FEMODO à partir des résultats obtenus. Néanmoins, il ressort de cet essai qu'une densité de 8 poissons/m² est acceptable dans les étangs alors qu'une densité de 30/m² a des effets négatifs prononcés sur la qualité de l'eau. De plus, l'inclusion occasionnelle de lentilles d'eau dans l'alimentation peut être recommandée en vue d'assurer une santé plus robuste des tilapias.

Recommandations. Le taux d'oxygène dissout fluctuant et très bas durant la nuit est difficile à influencer. Par conséquent, d'autres espèces mieux adaptées à ces taux bas et avec un marché, comme *Heterotis niloticus*, doivent être incluses dans le système. Cette espèce prédatrice pourrait également servir au contrôle ou à l'utilisation avantageuse de la reproduction excessive des tilapias comme aliment vivant.

Finalement, la littérature analysée dans le cadre de ce travail a indiqué qu'une fréquence de nourrissage à 3 fois par jour était économiquement très intéressante tout comme la restriction de l'alimentation durant une période de 12 jours suivit de 36 jours de nourrissage. Ces pratiques sont faisables d'un point de vue pratique à la FEMODO et méritent d'être envisagées dans le futur. En outre, les essais suivants réalisés sur la ferme devraient être conduits d'une manière à mieux refléter les pratiques habituelles sur la ferme afin de permettre une recherche plus ciblée et orientée vers la découverte de solutions aux défis actuels.

9 Bibliographie

- Abdel-Gawad FKH, Khalil WKB, Bassem SM, Kumar V, Costantino, Inglese S, 2020. The Duckweed, *Lemna minor* Modulates Heavy Metal-Induced Oxidative Stress in the Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Water*, 12(11), 29-83.
- Abdel-Tawwab M, Hagraas AE, Elbaghdady HAM, Monier MN, 2014. Dissolved Oxygen Level and Stocking Density Effects on Growth, Feed Utilization, Physiology, and Innate Immunity of Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Journal of Applied Aquaculture*, 26(4), 340-355.
- Abdel-Tawwab M, Hagraas AE, Elbaghdady HAM, Monier MN, 2015. Effects of dissolved oxygen and fish size on Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.): growth performance, whole-body composition, and innate immunity. *Aquaculture International*, 23(5), 1261-1274.
- Adjanke A, Tona K, Agbohessi PT, Toko II, Gbeassor M, 2016. Current situation of fish farming in Togo. *International journal of biological and chemical Science*, 10(5), 2015-2024.
- Adjanke A, Tona K, Gbeassor M, 2021. Effects of frequency of feeding on feed intake, growth and survival of Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus* reared in hapas implanted in pond in Togo. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*;9(3), 350-353.
- Agbede SA, Akinyemi O, Falaye AE, Atsanda NN, Adeyemo AO, Adesina AA, 2001. Selectivity of three aquatic weeds as diet for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*).
- Akpagana K, Bouehet P, 1994. Etat actuel des connaissances sur la flore et la végétation du Togo. *Acta Botanica Gallica*, 141(3), 367-372.
- Asiain-Hoyos A, Reta-Mendiola JL, García-Sánchez AI, Domínguez-Mora J, 2020. The Tilapia-Prawn Polyculture: Its Development in Mexico. *Agro Productividad*, 13(11), 31-36.
- Bag MP, 2012. Aquatic Weed as Potential Feed for Mozambique tilapia, *Oreochromis mossambicus*. *Journal of Aquaculture Research & Development*, 03(08).
- Bamba Y, Ouattara A, Moreau J, Gourene G, 2007. Apports relatifs en nourritures naturelle et artificielle dans l'alimentation du tilapia *Oreochromis niloticus* en captivité. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, 386, 55-68.
- Begum A, Mondal S, Ferdous Z, Zafar MA, Ali MM, 2014. Impact of water quality parameters on mono-sex tilapia (*Oreochromis niloticus*) production under pond condition. *International journal of animal and fish science*, 2(1), 14-21.
- Caldini NN, Rebouças VT, Cavalcante DDH, Martins RF, Do Carmosa MV, 2011. Water quality and Nile tilapia growth performance under different feeding schedules. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 33(4).
- Chakrabarti R, Clark WD, Sharma JG, Goswami RK, Shrivastav AK, Tocher DR, 2018. Mass Production of *Lemna minor* and Its Amino Acid and Fatty Acid Profiles. *Frontiers in Chemistry*, 6.
- Climate-data.org Tabligbo, site web consulté le 08.03.2022 : <https://fr.climate-data.org/afrique/togo/region-maritime/tabligbo-765516/>
- Dan-kishiya AS, Solomon JR, Alhaji UA, Dan kishiya HS, 2016. Influence of temperature on the respiratory rate of Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus* (Pisces: Cichlidae) in the laboratory. *UNED Research Journal*, 8(1), 27-30.
- Djaman K, Sharma V, Rudnick DR, Koudahe K, Irkmac S, Amouzou KA, Sogbedji JM, 2017. Spatial and temporal variation in precipitation in Togo. *International Journal of Hydrology*, 1(4), 97-105.

El-Sayed, A. F. M., 2006. Tilapia culture. CABI Publishing Series. 294 p.

FAO, 2021. FAO Yearbook. Fishery and Aquaculture Statistics 2019/FAO annuaire. Statistiques des pêches et de l'aquaculture 2019/FAO anuario. Estadísticas de pesca y acuicultura 2019. Rome/Roma, 110 p.

Fletcher R, 2020. 2020 tilapia production figures revealed. The Fish Site, site web consulté le 08.03.2022: <https://thefishsite.com/articles/2020-tilapia-production-figures-revealed>

Gallardo-Collí A, Pérez-Fuentes M, Pérez-Rostro CI, Hernández-Vergara MP, 2020. Compensatory growth of Nile tilapia *Oreochromis niloticus*, L. subjected to cyclic periods of feed restriction and feeding in a biofloc system. *Aquaculture Research*, 51(5), 1813–1823.

González J, Guillermo Correa L, Pardo-Carrasco S, 2012. Phytoplankton and periphyton in ponds with Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and bocachico (*Prochilodus magdalenae*). *Revista colombiana de Ciencia Pecuaria*, 25(4), 603-614.

Graaf G, 2004. Optimisation of the pond rearing of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). The impact of stunting processes and recruitment control. PhD thesis Wageningen University, 179.

Harpaz S, Peretz Y, Joseph D, Milstein A, 2005. Evaluation of organic tilapia culture in periphyton-based ponds. *Israeli Journal of Aquaculture – Bamidgeh*, 57(3), 143-155.

Hussein MS, 2011. Influence of African catfish (*Clarias gariepinus*) as a predator control interaction and bamboo poles substrate on growth performance and production of the mono-sex, mixed-sex Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and common carp (*Cyprinus carpio*) in semi-intensive polyculture pond system. *Journal of Productivity and Development*, 16(2), 247–265.

Ibrahim M, Eid A, Mohamed K, Abd-elfattah B, 2017. Effect of Replacement of Soybean Meal with Duckweed (*Lemna minor*) Meal on the Growth Performance and Feed Utilization in Nile Tilapia Fingerlings. *Journal of Animal, Poultry & Fish Production*, 6(1), 7–12.

Ibrahim N, Naggar GE, 2010. Water Quality, Fish Production and Economics of Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus*, and African Catfish, *Clarias gariepinus*, Monoculture and Polycultures. *Journal of the World Aquaculture Society*, 41(4), 574–582.

Kestemont P, Micha JC, Falter U, 1989. Les méthodes de production d'alevins de Tilapia nilotica, ADCP/Rep, FAO, Rome, 89(46), 132 p.

Kohinoor AHM, Modak PC, Hussain MG, 1999. Growth and production performance of red tilapia and Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* Lin.) under low-input culture system. *Bangladesh Journal of Fisheries Ressource*, 3(1), 11-17.

Kolding J, Haug L, Stefansson S, 2008. Effect of ambient oxygen on growth and reproduction in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 65(7), 1413–1424.
Kristiana V, Mukti AT, Agustono, 2020. Increasing growth performances of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) by supplementation of noni *Morinda citrifolia* fruit extract via diet. *AACL Bioflux*, 13(1), 159–166.

Lazard J, Oswald M, 1995. Association silure africain-tilapia : polyculture ou contrôle de la reproduction ? *Aquatic Living Resources*, 8(4), 455–463.

Li J, Huang K, Huang L, Hua Y, Yu K, Liu T, 2020. Effects of dissolved oxygen on the growth performance, haematological parameters, antioxidant responses and apoptosis of juvenile GIFT (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture Research*, 51(8), 3079–3090.

- Limbu SM, Shoko AP, Lamtane HA, Shirima ED, Kische-Machumu MA, Mgana HF, Mgaya YD, 2015. Effect of initial stocking size of the predatory African sharp-tooth catfish (*Clarias gariepinus*) on recruits, growth performance, survival and yield of mixed-sex Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in concrete tank culture system. *International Aquatic Research*, 7(1), 63-73.
- Lin CK, 1996. *Clarias* and *Tilapia* Interaction in Polyculture. *Aquatic Living Resource*, 8(4), 449-454.
- Makori AJ, Abuom PO, Kapiyo RA, Douglas AN, Dida GO, 2017. Effects of water physico-chemical parameters on tilapia (*Oreochromis niloticus*) growth in earthen ponds in Teso North Sub-County, Busia County. *Fisheries and Aquatic Sciences*, 20(1), 1-10.
- Miao W, Wang W, 2020. Trends of Aquaculture Production and Trade: Carp, Tilapia, and Shrimp. *Asian Fisheries Science*, 33(1), 10 p.
- Naggat GE, 2007. Efficiency of African Catfish *Clarias gariepinus* in controlling unwanted reproduction of Nile Tilapia *Oreochromis niloticus* in low input production system. *Egyptian journal of aquatic biology and fisheries*, 11(3), 105-113.
- Nouanthavong T, Preston TR, 2016. Genotype-environment interaction in tilapia (*Oreochromis nilotica*) fed duckweed (*Lemna minor*) or commercial feed. *Livestock Research for Rural Development*, 28(12).
- Ofojekwu PC, Amali EL, Keke IR, Akpa LE, 2010. Substitution of fish meal by duckweed *Lemna minor* meal in diets for Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. *Journal of Aquatic Sciences*, 25(1), 1-7.
- Pinandoyo, Hutabarat J, Darmanto, Radjasa OK, Herawati VE, 2019. Growth and nutrient value of tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed with *Lemna minor* meal based on different fermentation time. *AACL Bioflux*, 12(1), 191-200.
- Rifai SA, 1979. The use of aquatic plants as feed for *Tilapia nilotica* in floating cages. *Proceedings of the International Workshop on Pen Cage Culture of Fish*, 11-22 February 1979, Tigbauan, Iloilo, Philippines, 61-64.
- Rifai SA, 1980. Control of reproduction of *Tilapia nilotica* using cage culture. *Aquaculture*, 20(3), 177-185.
- Sakr EM, Shalaby SM, Wassef EA, El-Sayed AFM, Moneim AIA, 2015. Evaluation of Periphyton as a Food Source for Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Juveniles Fed Reduced Protein Levels in Cages. *Journal of Applied Aquaculture*, 27(1), 50-60.
- Shoko, A. P.; Limbu, S. M.; Mrosso, H. D.; Mgaya, Y. D. (2015) Reproductive biology of female Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus) reared in monoculture and polyculture with African sharp-tooth catfish *Clarias gariepinus* (Burchell). In : SpringerPlus, vol. 4. DOI: 10.1186/s40064-015-1027-2.
- Shoko AP, Limbu SM, Mrosso HDJ, Mgaya YD, 2014. A comparison of diurnal dynamics of water quality parameters in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*, Linnaeus, 1758) monoculture and polyculture with African sharp tooth catfish (*Clarias gariepinus*, Burchell, 1822) in earthen ponds. *International Aquatic Research*, 6(1), 1-13.
- Speers-Roesch B, Sandblom E, Lau GY, Farrell AP, Richards JG, 2010. Effects of environmental hypoxia on cardiac energy metabolism and performance in tilapia. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 298(1), 104-119.
- Talukdar MZH, Shahjahan M, Rahman MS, 2012. Suitability of Duckweed (*Lemna minor*) as Feed for Fish in Polyculture System. *International Journal of Agricultural Research, Innovation and Technology*, 2(1), 42-46.

Tran-Duy, Schrama JW, Van Dam AA, Verreth JAJ, 2008. Effects of oxygen concentration and body weight on maximum feed intake, growth and hematological parameters of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture*, 275(1-4), 152–162.

Uddin MN, Rahman MS, Shahjahan, M, 2014. Effects of Duckweed (*Lemna minor*) as Supplementary Feed on Monoculture of Gift Strain of Tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Progressive Agriculture*, 18(2), 183–188.

Vivi EH, Pinandoyo P, Darmanto PS, Nurmanita R, Windarto S; Radjasa OK, 2020. The effect of fermented duckweed (*Lemna minor*) in feed on growth and nutritional quality of tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 21(7).

Worldbank country statistics Togo, site web consulté le 08.03.2022:

<https://data.worldbank.org/country/TG>

Zafar, Abu (2017) Growth and Production of Monosex Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Under Different Feeding Frequencies in Pond Conditions. In : *Journal of Aquaculture & Marine Biology*, vol. 6, n° 5. DOI: 10.15406/jamb.2017.06.00167.

Zahidah, Andriani Y, Zidni I, 2015. Effect of density ratio on performance of Nile tilapia and catfish in polyculture fish farming system. *Lucrări științifice - Universitatea de Științe Agricole și Medicină Veterinară, Seria Zootehnie*, 63, 246–249.

Remerciements

Je suis reconnaissant pour l'aide et le soutien reçus par la direction de Happy Togo et d'Étoile Verte. Ils ont financé mon vol et m'ont fourni l'aliment et les alevins utilisés dans l'essai et m'ont permis d'utiliser deux de leurs étangs pour mon essai. De plus, ils ont pris le temps de me présenter leur perspective sur le contexte de développement dans lequel le projet opère.

Je remercie également mes superviseurs pour leur soutien et leurs conseils durant mes recherches et la rédaction de mon travail.

La HAFL m'a fourni les appareils de mesure de l'eau que j'ai pu emprunter pour relever mes données principalement pour le relevé des paramètres physico-chimiques de l'eau.

Recueil des annexes

Les documents suivants se trouvent dans cette annexe dans l'ordre dans le lequel ils sont énumérés ci-dessous :

- Questionnaire vierge
- Questionnaire pisciculteur 1 : Coopérative d'Alogavi
- Questionnaire pisciculteur 2 : Ferme la volonté à Anfoin
- Questionnaire pisciculteur 3 : Ferme de Domeze
- Chronologie prévue de l'essai, des pesées bihebdomadaires et des relevés des paramètres physico-chimiques de l'eau
- Tableau des données rendant compte des paramètres physico-chimiques relevés 3 fois par semaine
- Tableau des données rendant compte des paramètres physico-chimiques relevés chaque 2 semaines
- Tableau des données rendant compte de l'évolution des paramètres de croissance des tilapias du Nil
- Résultats bruts des analyses obtenues dans PSPP
- convention signée pour le travail de bachelor

9.1 Annexe 1 : Questionnaire vierge

Lieux :

Date :

1. Introduction

1. Depuis combien de temps la pisciculture est-elle en production ?

Réponse :

2. Pourquoi avez-vous décidé de vous lancer dans cette activité ?

Réponse :

3. Autres activités sur l'exploitation ? (dans le cas des petites fermes, comment cette activité est-elle intégrée)

Réponse :

2. Production

4. Quels poissons ? Pourquoi cette espèce plutôt qu'une autre ?

Réponse :

5. Quel est le mode de détention des poissons ?

Happas étangs canal bassins cages Cours d'eau

6. D'où provient l'eau utilisée dans la pisciculture ?

Réponse : Les cages sont placées dans le lac Togo.

7. Quel est la salinité de l'eau utilisée ?

Eau douce Eau saumâtre teneur en sel : Eau de mer

8. Production annuelle / Combien d'unités de production ? (Bassins, étangs, happas, etc.)

Réponse :

9. Combien de poissons par unité de production ? / densités

Réponse :

10. A quelle taille les poissons sont-ils introduits dans le système ?

Réponse :

11. Quelle est la durée de l'engraissement de poissons ? (Introduction jusqu'à la vente)

Réponse :

12. Combien de fois les poissons sont-ils nourris par jour ? / dépend de la taille ?

Réponse :

13. Quelle est la quantité d'aliment distribuée par unité de production et par jour ?

Réponse :

14. Quel est le taux de nourrissage ? (Comment cela évolue ? quel pourcentage du poids du poisson)

Réponse :

15. Est-ce qu'il y a eu des problèmes dans la production par le passé ?

Réponse :

Si oui, lesquels ?

Santé des poissons Croissance lente Qualité d'eau Autre : _____

→

16. Faites-vous appel à un spécialiste (vétérinaire / production) pour vous conseiller ?

Réponse :

3. Facteurs de production

17. Quels types d'aliments sont utilisés pour les poissons ?

Aliments commerciaux : _____

Aliments locaux : _____

18. D'où proviennent les alevins ?

Réponse

19. Matériel de production disponible / acheté où ?

Réponse :

Autres facteurs de prod ?

4. Vente

20. Vendus sous quelle forme ?

Transformation / vendus entiers / filets ?

21. Quelle taille ont les poissons lors de la pêche/vente ?

Réponse :

22. A quel prix les poissons sont-ils vendus ?

Réponse :

23. Où sont-ils vendus ? / Logistique transport

Réponse :

24. Association / partenariat avec d'autres producteurs / producteurs de poisson ?

Réponse :

5. Coûts et rentabilité

25. Investissement

Réponse :

26. Coûts

Prix alevins :

Prix aliment :

Autres coûts

27. Revenu

Réponse :

28. Concurrence ?

Réponse :

29. Synergies avec les autres activités sur la ferme / entreprise ?

Réponse :

30. Est-ce que cette activité répond à vos attentes ? (en d'autres mots, est ce que ça vaut le coup d'élever du poisson en général / d'élever du poisson de cette manière ?)

Réponse :

31. Que faudrait-il faire à votre avis pour optimiser la production ? / pour optimiser la rentabilité de l'activité ?

Réponse :

32. Relevé des paramètres physico-chimiques de l'eau :

O2 :

Température :

Redox :

pH :

Salinité :

34. Photo de la pisciculture

9.2 Annexe 2 : Questionnaire pisciculteur 1 : Coopérative d'Alogavi

Lieux : Alogavi Date : 27.05.2021

1. Introduction

1. Depuis combien de temps la pisciculture est-elle en production ?

Réponse : 1 an

2. Pourquoi avez-vous décidé de vous lancer dans cette activité ?

Réponse : Petites cages 1m³ depuis 2 ans → réalisation du potentiel

3. Autres activités sur l'exploitation ? (dans le cas des petites fermes, comment cette activité est-elle intégrée)

Réponse : Il s'agit d'une coopérative de pêcheurs, pas d'une exploitation agricole

2. Production

4. Quels poissons ? Pourquoi cette espèce plutôt qu'une autre ?

Réponse : Tilapia du Nil

5. Quel est le mode de détention des poissons ?

Happas étangs canal bassins cages Cours d'eau

6. D'où provient l'eau utilisée dans la pisciculture ?

Réponse : Les cages sont placées dans le lac Togo.

7. Quel est la salinité de l'eau utilisée ?

Eau douce Eau saumâtre teneur en sel : **varie fortement** Eau de mer

8. Production annuelle / Combien d'unités de production ? (Bassins, étangs, happas, etc.)

Réponse : 1 cage de 12 m², profondeur de l'eau entre 0,5 et 0,7m

9. Combien de poissons par unité de production ? / densités

Réponse : 3000 alevins de 5g → 2,5 kg biomasse/m³ début, 175 kg/m³ ?!

10. A quelle taille les poissons sont-ils introduits dans le système ?

Réponse : Alevins avec un poids de 5 g

11. Quelle est la durée de l'engraissement de poissons ? (Introduction jusqu'à la vente)

Réponse : 5 mois

12. Combien de fois les poissons sont-ils nourris par jour ? / dépend de la taille ?

Réponse : Ils sont nourris 3 fois par jour à un taux quotidien de 6% du poids vif

13. Quelle est la quantité d'aliment distribuée par unité de production et par jour ?

Réponse : Varie avec la biomasse, quantité initiale 0.9 kg

14. Quel est le taux de nourrissage ? (Comment cela évolue ? quel pourcentage du poids du poisson)

Réponse : 6% du poids vif

15. Est-ce qu'il y a eu des problèmes dans la production par le passé ?

Réponse : Oui

Si oui, lesquels ?

Santé des poissons Croissance lente Qualité d'eau Autre : _____

→ mortalité de masse (50% du stock), gros yeux rouge, pH 14 et salinité très élevée en Janvier, février et mars

16. Faites-vous appel à un spécialiste (vétérinaire / production) pour vous conseiller ?

Réponse : Oui, la DPA (direction pêche et aquaculture)

3. Facteurs de production

17. Quels types d'aliments sont utilisés pour les poissons ?

Aliments commerciaux : Raanan, avant Lofty feed_____

Aliments locaux : _____

18. D'où proviennent les alevins ?

Réponse : Les alevins proviennent de l'ITRA, un centre de recherche en agronomie

19. Matériel de production disponible / acheté où ?

Réponse : Le matériel pour la construction de la cage a reçu du financement externe. La fabrication a été effectuée par la coopérative de pêcheurs

Autres facteurs de prod ?

4. Vente

20. Vendus sous quelle forme ?

Transformation / **vendus entiers** / filets ?

21. Quelle taille ont les poissons lors de la pêche/vente ?

Réponse : En général entre 300 et 350 g, les plus gros 500 g

22. A quel prix les poissons sont-ils vendus ?

Réponse : 1800 CFA/ kg

23. Où sont-ils vendus ? / Logistique transport

Réponse : Sur place

24. Association / partenariat avec d'autres producteurs / producteurs de poisson ?

Réponse : Il y a en tout 11 coopératives de pêcheurs actives sur le lac Togo.

5. Coûts et rentabilité

25. Investissement

Réponse : Coûts pour le matériel et la fabrication de la cage 800'000 CFA

26. Coûts

Prix alevins : 50 CFA/alevins → 3000 alevins, 2 fois par année → 300'000 CFA

Prix aliment : 40 sacs de 20 kg

Autres coûts

27. Revenu

Réponse : Production visée 2 à 2.8 T an, pas de chiffres mortalité de masse durant la première année

28. Concurrence ?

Réponse : Pas de réponse

29. Synergies avec les autres activités sur la ferme / entreprise ?

Réponse : Il ne s'agit pas d'une ferme

30. Est-ce que cette activité répond à vos attentes ? (en d'autres mots, est ce que ça vaut le coup d'élever du poisson en général / d'élever du poisson de cette manière ?)

Réponse : Il s'agit d'une activité qui plaît aux membres de la coopérative, malgré les problèmes rencontrés durant la première année.

31. Que faudrait-il faire à votre avis pour optimiser la production ? / pour optimiser la rentabilité de l'activité ?

Réponse : Il faut augmenter la production en ajoutant plus de cages avec le temps. De plus, à partir de cette année, nous faisons un cycle de production de tilapia rouge lorsque l'eau est saumâtre et un cycle de production de tilapia du Nil lorsque l'eau est douce.

32. Relevé des paramètres physico-chimiques de l'eau :

O₂ : 6 mg/l →98%

Température : 32,5

Redox : 25 mV

pH : 7.89

Salinité : 2,5

34. Photo de la pisciculture



9.3 Annexe 3 : Questionnaire pisciculteur 2 : Ferme la volonté à Anfoin

Lieux : Anfoin, Ferme la volonté

Date : 27.05.2021

1. Introduction

1. Depuis combien de temps la pisciculture est-elle en production ?

Réponse : 2010 → 11 ans

2. Pourquoi avez-vous décidé de vous lancer dans cette activité ?

Réponse : C'était ma propre idée et un rêve personnel de faire de la pisciculture. J'ai commencé avec des petits étangs en dessus du lit du fleuve puis j'en ai construit de plus en plus.

3. Autres activités sur l'exploitation ? (dans le cas des petites fermes, comment cette activité est-elle intégrée)

Réponse : Je fais également du maraîchage sur mes parcelles agricole mais les deux activités ne sont pas liées.

2. Production

4. Quels poissons ? Pourquoi cette espèce plutôt qu'une autre ?

Réponse : Tilapia du Nil et trois espèces de carpes → diversité, contrôle de la végétation

5. Quel est le mode de détention des poissons ?

Happas étangs canal bassins cages Cours d'eau

6. D'où provient l'eau utilisée dans la pisciculture ?

Réponse : Les étangs ont été creusés sur la berge du fleuve Zio.

7. Quel est la salinité de l'eau utilisée ?

Eau douce Eau saumâtre teneur en sel : Eau de mer

8. Production annuelle / Combien d'unités de production ? (Bassins, étangs, happas, etc.)

Réponse : 500 kg/ an produits dans 13 étangs (2 fois 20x20m, 4 fois 20x10m, 2 fois 55x35m, 1 fois 100x45m, 4 petits étangs) → 20x20 2x 2x 4x 10x 1x

9. Combien de poissons par unité de production ?

Réponse : 1'000 alevins de 1 à 2 g/ étang de 20x20m

10. A quelle taille les poissons sont-ils introduits dans le système ?

Réponse : Alevins avec un poids de 1 à 2 g

11. Quelle est la durée de l'engraissement de poissons ? (Introduction jusqu'à la vente)

Réponse : 1 an

12. Combien de fois les poissons sont-ils nourris par jour ? / dépend de la taille ?

Réponse : Ils sont nourris une fois par jour le soir.

13. Quelle est la quantité d'aliment distribuée par unité de production et par jour ?

Réponse : L'aliment est distribué à l'œil, la quantité jugée selon le comportement des poissons lors du nourrissage.

14. Quel est le taux de nourrissage ? (Comment cela évolue ? quel pourcentage du poids du poisson)

Réponse : Pas de réponse

15. Est-ce qu'il y a eu des problèmes dans la production par le passé ?

Réponse : Oui

Si oui, lesquels ?

Santé des poissons Croissance lente Qualité d'eau Autre : _____

→ Manipulation des alevins en conditions chaudes, crues dans le lit du fleuve, gestion des grands prédateurs caïmans et requins d'eau douce

16. Faites-vous appel à un spécialiste (vétérinaire / production) pour vous conseiller ?

Réponse : Non

3. Facteurs de production

17. Quels types d'aliments sont utilisés pour les poissons ?

Aliments commerciaux : Grosson 2500 CFA 30 kg_____

Aliments locaux : Tourteau de pain, tourteau de coco, son de riz 25 kg 5000 CFA_____

18. D'où proviennent les alevins ?

Réponse : Alevins produits sur place dans les petits étangs

19. Matériel de production disponible / acheté où ?

Réponse : Filets pour la pêche achetés aux environs → taille 4 doigts et 5 doigts

Autres facteurs de prod ?

4. Vente

20. Vendus sous quelle forme ?

Transformation / **vendus entiers** / filets ?

21. Quelle taille ont les poissons lors de la pêche/vente ?

Réponse : Entre 1 et 1,5 kg

22. A quel prix les poissons sont-ils vendus ?

Réponse : 2'500 CFA/ kg pour gros spécimens, 2'000 CFA/kg plus petits spécimens

23. Où sont-ils vendus ? / Logistique transport

Réponse : Sur place

24. Association / partenariat avec d'autres producteurs / producteurs de poisson ?

Réponse : Non

5. Coûts et rentabilité

25. Investissement

Réponse : Etang de 20x20m 50'000 CFA

26. Coûts

Prix alevins :

Prix aliment : 250'000 CFA/ an

Autres coûts : 150'000 CFA/ an entretien des étangs et digues

27. Revenu

Réponse : 700'000 CFA/ an

28. Concurrence ?

Réponse : Un de mes voisins s'est également lancé dans cette activité depuis quelques années.

29. Synergies avec les autres activités sur la ferme / entreprise ?

Réponse : Pas de réponse

30. Est-ce que cette activité répond à vos attentes ? (en d'autres mots, est ce que ça vaut le coup d'élever du poisson en général / d'élever du poisson de cette manière ?)

Réponse : Il s'agit d'une activité qui me satisfait énormément.

31. Que faudrait-il faire à votre avis pour optimiser la production ? / pour optimiser la rentabilité de l'activité ?

Réponse : Je veux améliorer la stabilité des digues en complétant les endroits où il n'y a pas suffisamment de matériel. Je manque actuellement d'alevins et je voudrais améliorer ma gestion de la reproduction.

32. Relevé des paramètres physico-chimiques de l'eau :

O₂ : 2 mg/l → 20%

Température : 30,2

Redox : 120-140 mV (petits étangs), 30-40 mV gros étangs

pH : 6,1-6,7

Salinité : 0.1 g/l

34. Photo de la pisciculture



9.4 Annexe 4 : Questionnaire pisciculteur 3 : Ferme de Domeze

Lieux : Domeze

Date : 26.05.2021

1. Introduction

1. Depuis combien de temps la pisciculture est-elle en production ?

Réponse : 1 an

2. Pourquoi avez-vous décidé de vous lancer dans cette activité ?

Réponse : C'était une envie personnelle depuis longtemps, de pouvoir me lancer dans la pisciculture.

3. Autres activités sur l'exploitation ? (dans le cas des petites fermes, comment cette activité est-elle intégrée)

Réponse : Je produis du gombo et du piment sur mes parcelles agricoles mais les deux activités ne sont pas liées.

2. Production

4. Quels poissons ? Pourquoi cette espèce plutôt qu'une autre ?

Réponse : Tilapia du Nil et tilapias locaux piégés dans les étangs en creusant un canal entre la rivière et les étangs.

5. Quel est le mode de détention des poissons ?

Happas étangs canal bassins cages Cours d'eau

6. D'où provient l'eau utilisée dans la pisciculture ?

Réponse : L'eau de la rivière passe par diffusion à travers les digues

7. Quel est la salinité de l'eau utilisée ?

Eau douce Eau saumâtre teneur en sel : Eau de mer

8. Production annuelle / Combien d'unités de production ? (Bassins, étangs, happas, etc.)

Réponse : 5 étangs (2 fois 7x8m, 3 fois 10x15m)

9. Combien de poissons par unité de production ?

Réponse : 250 poissons/étang 5 étangs -> 1250 poissons en tout

10. A quelle taille les poissons sont-ils introduits dans le système ?

Réponse : Les petits poissons restent dans les étangs lors des pêches

11. Quelle est la durée de l'engraissement de poissons ? (Introduction jusqu'à la vente)

Réponse : La pêche est effectuée tous les 3 mois.

12. Combien de fois les poissons sont-ils nourris par jour ? / dépend de la taille ?

Réponse : Ils sont nourris 2 fois par jour, le matin et le soir.

13. Quelle est la quantité d'aliment distribuée par unité de production et par jour ?

Réponse : Je donne 250 g d'aliment le matin et 500 g d'aliment le soir par étang.

14. Quel est le taux de nourrissage ? (Comment cela évolue ? quel pourcentage du poids du poisson)

Réponse : Pas de réponse

15. Est-ce qu'il y a eu des problèmes dans la production par le passé ?

Réponse : non

Si oui, lesquels ?

Santé des poissons Croissance lente Qualité d'eau Autre : _____

16. Faites-vous appel à un spécialiste (vétérinaire / production) pour vous conseiller ?

Réponse : Non

3. Facteurs de production

17. Quels types d'aliments sont utilisés pour les poissons ?

Aliments commerciaux : _____

Aliments locaux : Résidus meuniers de maïs 50 kg 5000 CFA_____

18. D'où proviennent les alevins ?

Réponse : Premiers tilapias du Nil de la Femodo, puis reproduits chez moi, tilapias locaux de la rivière

19. Matériel de production disponible / acheté où ?

Réponse :

Autres facteurs de prod ?

Réponse : La construction des étangs est mon investissement principal.

4. Vente

20. Vendus sous quelle forme ?

Transformation / **vendus entiers** / filets ?

21. Quelle taille ont les poissons lors de la pêche/vente ?

Réponse : 1,5 kg

22. A quel prix les poissons sont-ils vendus ?

Réponse : 15'000 CFA/ 40 poissons de 1.5 kg donc 60 kg → 250 CFA/kg

23. Où sont-ils vendus ? / Logistique transport

Réponse : Sur place

24. Association / partenariat avec d'autres producteurs / producteurs de poisson ?

Réponse : Non

5. Coûts et rentabilité

25. Investissement

Réponse : 1 étang 20'000 CFA → 100'000 CFA

26. Coûts

Prix alevins : 500 alevins à 10'000 CFA

Prix aliment : 5'000 CFA/ 50 kg de résidus meuniers de maïs

Autres coûts : 10'000 CFA/ pêche des 5 étangs, 4 fois/an → 40'000 CFA

27. Revenu

Réponse : 300'000 CFA/ an

28. Concurrence ?

Réponse : Non

29. Synergies avec les autres activités sur la ferme / entreprise ?

Réponse : Pas de réponse

30. Est-ce que cette activité répond à vos attentes ? (en d'autres mots, est ce que ça vaut le coup d'élever du poisson en général / d'élever du poisson de cette manière ?)

Réponse : Oui

31. Que faudrait-il faire à votre avis pour optimiser la production ? / pour optimiser la rentabilité de l'activité ?

Réponse : Je voudrais intégrer l'élevage de dindons dans des bâtiments construits sur les étangs.

32. Relevé des paramètres physico-chimiques de l'eau :

O2 : 2 mg/l → 90%

Température : 31

Redox : 96-104 mV (petits étangs)

pH : 7,2-8

Salinité : 0 mg/l

34. Photo de la pisciculture



9.5 Annexe 5 : Chronologie prévue de l'essai, des pesées bihebdomadaires et des relevés des paramètres physico-chimiques de l'eau

Tableau chronologique du déroulement de l'essai à la FEMODO

Date	Activité	Durée en jours	Qui fait l'activité ?
23.05.2021-25.05.2021	Visites piscicultures avec Thomas	3 jours	J et T
26.05.2021-27.05.2021	Premières analyses d'eau avec Thomas	2 jours	J et T
30.05.2021-13.06.2021	Préparation des essais (Happas, etc.)	4 jours	Groupe
14.06.2021	Acquisition des alevins	1 jour	Jacques
14.06.2021-18.06.2021	Accoutumance	5 jours	Jacques
15.06.2021	Analyses d'eau 1x	1 heure	Jacques
17.06.2021	Analyses d'eau chaque 2 h	1 jour	Jacques
19.06.2021	Transfert dans les étangs, première pesée	2 heures	Groupe
21.06.2021	Analyses d'eau chaque 2 h	1 jour	Jacques
23.06.2021	Analyse d'eau 1 x	1 heure	Jacques
25.06.2021	Analyse d'eau 1 x	1 heure	Jacques
28.06.2021	Analyse d'eau 1 x	1 heure	Jacques
30.06.2021	Analyse d'eau 1 x	1 heure	Jacques
02.07.2021	Analyse d'eau chaque 2h	1 jour	Jacques
03.07.2021	Pesée	2 heures	Groupe
05.07.2021	Analyse d'eau 1 x	1 heure	Akbé
07.07.2021	Analyse d'eau 1 x	1 heure	Akbé
09.07.2021	Analyse d'eau 1 x	1 heure	Akbé
12.07.2021	Analyse d'eau 1 x	1 heure	Akbé
14.07.2021	Analyse d'eau 1 x	1 heure	Akbé
16.07.2021	Analyse d'eau 1 x	1 heure	Akbé
17.07.2021	Pesée	2 heures	Groupe
19.07.2021	Analyse d'eau chaque 2h	1 jour	Jacques
21.07.2021	Analyse d'eau 1 x	1 heure	Jacques
23.07.2021	Analyse d'eau 1 x	1 heure	Jacques
26.07.2021	Analyse d'eau 1 x	1 heure	Jacques
28.07.2021	Analyse d'eau 1 x	1 heure	Jacques
30.07.2021	Analyse d'eau chaque 2h	1 jour	Jacques
31.07.2021	Pesée	2 heures	Groupe
02.08.2021	Analyse d'eau 1 x	1 heure	Akbé
04.08.2021	Analyse d'eau 1 x	1 heure	Akbé
06.08.2021	Analyse d'eau 1 x	1 heure	Akbé
09.08.2021	Analyse d'eau 1 x	1 heure	Akbé
11.08.2021	Analyse d'eau 1 x	1 heure	Akbé
13.08.2021	Analyse d'eau 1 x	1 heure	Akbé
14.08.2021	Pesée	2 heures	Groupe
16.08.2021	Analyse d'eau chaque 2h	1 jour	Jacques
18.08.2021	Analyse d'eau 1 x	1 heure	Jacques
20.08.2021	Analyse d'eau 1 x	1 heure	Jacques
23.08.2021	Analyse d'eau 1 x	1 heure	Jacques
25.08.2021	Analyse d'eau 1 x	1 heure	Jacques
27.08.2021	Analyse d'eau chaque 2h	1 jour	Jacques
28.08.2021	Pesée	2 heures	Groupe
30.08.2021	Analyse d'eau 1 x	1 heure	Akbé
01.09.2021	Analyse d'eau 1 x	1 heure	Akbé
03.09.2021	Analyse d'eau 1 x	1 heure	Akbé
06.09.2021	Analyse d'eau 1 x	1 heure	Akbé
08.09.2021	Analyse d'eau 1 x	1 heure	Akbé
10.09.2021	Analyse d'eau 1 x	1 heure	Akbé

11.09.2021	Pesée	2 heures	Groupe
13.09.2021	Analyse d'eau chaque 2h	1 jour	Jacques
15.09.2021	Analyse d'eau 1 x	1 heure	Jacques
17.09.2021	Analyse d'eau 1 x	1 heure	Jacques
20.09.2021	Analyse d'eau 1 x	1 heure	Jacques
22.09.2021	Analyse d'eau 1 x	1 heure	Jacques
24.09.2021	Analyse d'eau chaque 2h	1 jour	Jacques
25.09.2021	Pesée	2 heures	Groupe
14.10.2021	Présentation des résultats à la direction d'étoile verte		Jacques

9.6 Annexe 6 : Tableau des données rendant compte des paramètres physico-chimiques relevés 3 fois par semaine

Traitements	date	T	o2	pH	Red
Etang2	02.07.2021	26.8	5.8	8.1	110
Etang3	02.07.2021	26.9	3.9	7.9	-20
Etang6	02.07.2021	26.6	3	7.5	-45
Etang7	02.07.2021	26.6	3.5	7.7	15
Etang2	05.07.2021	26.6	4.9	7.8	90
Etang3	05.07.2021	26.6	3.5	7.7	-47
Etang6	05.07.2021	26.5	2.8	7.5	-32
Etang7	05.07.2021	26.6	3.4	7.6	-15
Etang2	07.07.2021	27	5.7	7.9	101
Etang3	07.07.2021	27	4.2	7.8	25
Etang6	07.07.2021	26.8	3.4	7.5	-40
Etang7	07.07.2021	26.8	3.9	7.6	-18
Etang2	09.07.2021	27.1	5.3	7.9	75
Etang3	09.07.2021	27	4.6	7.8	60
Etang6	09.07.2021	26.7	3.2	7.5	-20
Etang7	09.07.2021	26.8	4	7.6	-10
Etang2	12.07.2021	26.8	5.1	7.9	85
Etang3	12.07.2021	26.8	4.7	7.8	72
Etang6	12.07.2021	26.7	3.3	7.4	15
Etang7	12.07.2021	26.7	3.9	7.7	34
Etang2	14.07.2021	27.2	4.7	7.9	50
Etang3	14.07.2021	27.1	4.1	7.8	35
Etang6	14.07.2021	26.8	2.6	7.4	-5
Etang7	14.07.2021	26.7	3.2	7.6	30
Etang2	16.07.2021	27	5.6	8	49
Etang3	16.07.2021	27	2.9	7.7	25
Etang6	16.07.2021	26.9	0.2	7.4	-78
Etang7	16.07.2021	27.2	1.8	7.4	-42
Etang2	19.07.2021	26.4	6.2	8.1	152
Etang3	19.07.2021	26.4	2.6	7.6	149
Etang6	19.07.2021	26.5	1.4	7.5	110
Etang7	19.07.2021	26.2	3.9	7.5	-67
Etang2	21.07.2021	26.2	4.1	7.5	150
Etang3	21.07.2021	26.7	3.1	7.3	140
Etang6	21.07.2021	26.6	2.2	7.6	100
Etang7	21.07.2021	26	4.2	7.5	-75
Etang2	23.07.2021	27	4.2	8.2	149
Etang3	23.07.2021	27.1	3.5	7.5	150
Etang6	23.07.2021	27	2.1	7.7	105
Etang7	23.07.2021	27	3.8	7.9	-80
Etang2	26.07.2021	27	5.2	7.8	-48
Etang3	26.07.2021	27.1	3.4	7.6	90

Etang6	26.07.2021	27	0.8	7.2	-19
Etang7	26.07.2021	27	5.2	7.6	-38
Etang2	28.07.2021	26.9	5.1	7.8	-49
Etang3	28.07.2021	27	3.4	7.7	80
Etang6	28.07.2021	27	1	7.3	-20
Etang7	28.07.2021	26.9	5	7.7	-42
Etang2	30.07.2021	26.6	4.8	7.4	-29
Etang3	30.07.2021	26.8	4.2	7.6	-33
Etang6	30.07.2021	26.2	2	7.2	-17
Etang7	30.07.2021	26.5	3.7	7.4	-30
Etang2	02.08.2021	26.6	6.8	7.5	40
Etang3	02.08.2021	26.9	2.3	7.4	84
Etang6	02.08.2021	26.5	0.2	7.2	-117
Etang7	02.08.2021	26.7	3.2	7.5	99
Etang2	04.08.2021	26.8	5	7.9	-30
Etang3	04.08.2021	26.9	3.5	7.8	-40
Etang6	04.08.2021	27	1.1	7.3	-19
Etang7	04.08.2021	27.1	2.7	7.6	-35
Etang2	06.08.2021	26.8	4.2	7.4	73
Etang3	06.08.2021	26.8	1.4	7.3	67
Etang6	06.08.2021	26.7	0.1	7.3	-120
Etang7	06.08.2021	26.7	1.3	7.4	74
Etang2	09.08.2021	26.9	4.8	8	-10
Etang3	09.08.2021	26.9	2.5	7.7	15
Etang6	09.08.2021	26.7	1	7.4	-5
Etang7	09.08.2021	26.7	2	7.6	30
Etang2	11.08.2021	26.9	5.2	8.1	95
Etang3	11.08.2021	26.9	4.7	7.9	40
Etang6	11.08.2021	26.8	1.9	7.4	32
Etang7	11.08.2021	26.7	3.1	7.6	-25
Etang2	13.08.2021	27.1	4.9	8.1	-50
Etang3	13.08.2021	27.1	4.6	7.9	-25
Etang6	13.08.2021	26.9	2.5	7.6	-15
Etang7	13.08.2021	27	3	7.7	12
Etang2	16.08.2021	26.1	0.6	7.4	-294
Etang3	16.08.2021	26.5	0.9	7.4	-50
Etang6	16.08.2021	26.7	1.3	7.5	-60
Etang7	16.08.2021	26.6	3.8	7.7	8
Etang2	18.08.2021	27.7	1.3	7.2	-197
Etang3	18.08.2021	27.5	1.3	7.3	5
Etang6	18.08.2021	27.4	1.8	7.4	-30
Etang7	18.08.2021	27.3	3.7	7.7	-15
Etang2	20.08.2021	27.1	1	7.3	-183
Etang3	20.08.2021	27	1.3	7.4	-50
Etang6	20.08.2021	27	1.8	7.4	-45

Etang7	20.08.2021	26.9	3.2	7.7	10
Etang2	23.08.2021	26.9	1.1	7.3	-154
Etang3	23.08.2021	26.8	1.3	7.4	-60
Etang6	23.08.2021	26.7	2.1	7.4	-35
Etang7	23.08.2021	26.7	3.5	7.7	7
Etang2	25.08.2021	27	0.9	7.3	-147
Etang3	25.08.2021	27	1.2	7.4	5
Etang6	25.08.2021	26.8	2.6	7.4	-42
Etang7	25.08.2021	26.8	4	7.7	-13
Etang2	27.08.2021	28.4	2.8	7.2	-135
Etang3	27.08.2021	28.4	2.5	7.8	-25
Etang6	27.08.2021	28.5	2.5	7.6	-30
Etang7	27.08.2021	28.4	2.9	7.6	15
Etang2	30.08.2021	27.7	0.8	7.4	-55
Etang3	30.08.2021	27.7	1.2	7.4	-32
Etang6	30.08.2021	27.5	0.6	7.7	-12
Etang7	30.08.2021	27.5	1.7	7.7	15
Etang2	01.09.2021	27.1	1.2	7.7	-50
Etang3	01.09.2021	27.2	2.6	7.7	-35
Etang6	01.09.2021	26.9	2.9	7.5	9
Etang7	01.09.2021	26.9	3.2	7.6	-5
Etang2	03.09.2021	27.7	7	8	80
Etang3	03.09.2021	27.6	5.8	7.9	71
Etang6	03.09.2021	27.7	4.8	7.5	55
Etang7	03.09.2021	27.5	6.1	7.6	63
Etang2	06.09.2021	27.1	2.9	7.8	10
Etang3	06.09.2021	27.1	3.1	7.8	-5
Etang6	06.09.2021	26.8	3.4	7.6	25
Etang7	06.09.2021	26.9	3.7	7.7	59
Etang2	08.09.2021	26.9	2.7	7.8	-35
Etang3	08.09.2021	26.9	2.9	7.8	-10
Etang6	08.09.2021	26.7	3.2	7.6	-15
Etang7	08.09.2021	26.7	3.5	7.7	22
Etang2	10.09.2021	27.5	2.7	7.4	45
Etang3	10.09.2021	27.5	1.4	7.7	55
Etang6	10.09.2021	27.6	1.1	7.5	-30
Etang7	10.09.2021	27.6	1	7.6	-12
Etang2	13.09.2021	27.3	3	7.8	-45
Etang3	13.09.2021	27.2	2.8	7.7	-22
Etang6	13.09.2021	26.9	3.2	7.5	-31
Etang7	13.09.2021	27	3.6	7.5	-5
Etang2	15.09.2021	27	2.7	7.7	15
Etang3	15.09.2021	27	2.8	7.7	32
Etang6	15.09.2021	26.8	3.2	7.5	26
Etang7	15.09.2021	26.8	3.6	7.5	33

Etang2	17.09.2021	27.1	2.7	7.8	-32
Etang3	17.09.2021	27.1	2.7	7.9	-22
Etang6	17.09.2021	26.8	3.2	7.6	12
Etang7	17.09.2021	26.8	3.1	7.4	27
Etang2	20.09.2021	27.2	2.7	7.9	-27
Etang3	20.09.2021	27.2	2.6	7.7	-15
Etang6	20.09.2021	27	3.3	7.5	22
Etang7	20.09.2021	27.1	3.4	7.5	35
Etang2	22.09.2021	27.1	2.7	7.8	-15
Etang3	22.09.2021	27.1	2.6	7.8	-28
Etang6	22.09.2021	26.9	3.2	7.4	15
Etang7	22.09.2021	26.8	3.3	7.4	17
Etang2	24.09.2021	26.9	2.6	7.8	-23
Etang3	24.09.2021	26.9	2.5	7.8	-32
Etang6	24.09.2021	26.7	3.2	7.4	-10
Etang7	24.09.2021	26.8	3.1	7.4	-15

9.7 Annexe 7 : Tableau des données rendant compte des paramètres physico-chimiques relevés chaque 2 semaines

Traitements	Date	Heure	T	o2	pH	Red
Etang2	16.07.2021	5	27.3	6.4	8.01	60
Etang3	16.07.2021	5	27.3	3.2	7.75	32
Etang6	16.07.2021	5	26.7	0.1	7.4	-121
Etang7	16.07.2021	5	26.9	0.2	7.43	-45
Etang2	16.07.2021	7	27	5.6	7.95	49
Etang3	16.07.2021	7	27	2.9	7.69	25
Etang6	16.07.2021	7	26.9	0.2	7.44	-78
Etang7	16.07.2021	7	27.2	1.8	7.42	-42
Etang2	16.07.2021	9	28.8	7.2	8.35	159
Etang3	16.07.2021	9	28.4	6.5	7.97	80
Etang6	16.07.2021	9	28.6	2.9	7.63	-54
Etang7	16.07.2021	9	27.9	3.4	7.66	50
Etang2	16.07.2021	11	28.6	8.6	8.58	108
Etang3	16.07.2021	11	29	8.3	7.97	116
Etang6	16.07.2021	11	28.8	5.1	7.58	-95
Etang7	16.07.2021	11	28.1	5.1	7.71	60
Etang2	16.07.2021	13	28.5	10.3	8.8	104
Etang3	16.07.2021	13	28.5	8.9	8.13	97
Etang6	16.07.2021	13	28.4	5.15	7.65	1
Etang7	16.07.2021	13	27.7	6.15	7.8	65
Etang2	16.07.2021	15	27.7	9.7	8.3	138
Etang3	16.07.2021	15	27.9	7.5	8.02	130
Etang6	16.07.2021	15	27.9	4.5	7.62	25
Etang7	16.07.2021	15	27.5	5.5	7.75	50
Etang2	16.07.2021	17	27.7	8.2	8.51	132
Etang3	16.07.2021	17	27.8	6.2	7.87	144
Etang6	16.07.2021	17	27.6	2.4	7.52	32
Etang7	16.07.2021	17	27.3	4.8	7.71	73
Etang2	16.07.2021	19	27.5	6.5	8.36	141
Etang3	16.07.2021	19	27.6	5.3	7.84	148
Etang6	16.07.2021	19	27.6	1.5	7.48	31
Etang7	16.07.2021	19	27.3	3.8	7.65	82
Etang2	16.07.2021	21	25.9	6.1	8.19	131
Etang3	16.07.2021	21	26.4	4.8	7.71	143
Etang6	16.07.2021	21	27	1.55	7.47	26
Etang7	16.07.2021	21	27.2	4.55	7.7	62
Etang2	02.08.2021	5	27.7	6.3	7.55	147
Etang3	02.08.2021	5	27.5	2.7	7.42	84
Etang6	02.08.2021	5	26.8	0.3	7.25	-130
Etang7	02.08.2021	5	27.1	3.9	7.54	91
Etang2	02.08.2021	7	26.6	6.8	7.5	40
Etang3	02.08.2021	7	26.9	2.3	7.37	84

Etang6	02.08.2021	7	26.5	0.16	7.2	-117
Etang7	02.08.2021	7	26.7	3.2	7.49	99
Etang2	02.08.2021	9	27.2	9.3	7.82	64
Etang3	02.08.2021	9	27.2	4.31	7.7	77
Etang6	02.08.2021	9	27.1	0.74	7.3	-110
Etang7	02.08.2021	9	27.1	3.85	7.65	77
Etang2	02.08.2021	11	27.4	13	7.91	50
Etang3	02.08.2021	11	27.5	7.9	7.77	43
Etang6	02.08.2021	11	27.3	1.4	7.21	-85
Etang7	02.08.2021	11	27.2	5.09	7.59	52
Etang2	02.08.2021	13	28.2	18.3	8.15	70
Etang3	02.08.2021	13	28.3	9.13	7.85	70
Etang6	02.08.2021	13	27.9	2.9	7.22	-72
Etang7	02.08.2021	13	27.9	7.59	7.66	72
Etang2	02.08.2021	15	28.7	19.6	8.23	50
Etang3	02.08.2021	15	28.7	9.55	7.93	47
Etang6	02.08.2021	15	28.2	4.3	7.31	-55
Etang7	02.08.2021	15	28.2	9.36	7.71	43
Etang2	02.08.2021	17	28.5	16.6	8.11	61
Etang3	02.08.2021	17	28.7	7.45	7.68	51
Etang6	02.08.2021	17	27.8	2.8	7.2	-6
Etang7	02.08.2021	17	27.9	9.52	7.71	45
Etang2	02.08.2021	19	28.1	12.5	7.98	80
Etang3	02.08.2021	19	28.2	7.35	7.71	-115
Etang6	02.08.2021	19	27.5	0.45	7.2	-71
Etang7	02.08.2021	19	27.6	7.31	7.55	-30
Etang2	02.08.2021	21	27.4	11.5	7.87	20
Etang3	02.08.2021	21	27.6	6.11	7.63	8
Etang6	02.08.2021	21	27.1	0.5	7.19	20
Etang7	02.08.2021	21	27.3	5.91	7.5	-30
Etang2	16.08.2021	5	26.4	0.28	7.32	-234
Etang3	16.08.2021	5	26.8	0.86	7.34	-134
Etang6	16.08.2021	5	26.9	0.28	7.46	-63
Etang7	16.08.2021	5	26.9	4.01	7.66	-113
Etang2	16.08.2021	7	26.1	0.6	7.36	-294
Etang3	16.08.2021	7	26.5	0.9	7.38	-50
Etang6	16.08.2021	7	26.7	1.3	7.49	-60
Etang7	16.08.2021	7	26.6	3.8	7.67	8
Etang2	16.08.2021	9	27.2	7.5	7.59	-136
Etang3	16.08.2021	9	27.3	3.1	7.47	-127
Etang6	16.08.2021	9	27.3	8.31	7.52	-95
Etang7	16.08.2021	9	27.2	6.15	7.77	-65
Etang2	16.08.2021	11	29.2	7.6	7.25	10
Etang3	16.08.2021	11	29	5.4	7.15	-33
Etang6	16.08.2021	11	28.9	14.5	7.85	-18

Etang7	16.08.2021	11	28.6	9.71	7.9	-10
Etang2	16.08.2021	13	30.9	12.1	7.24	-50
Etang3	16.08.2021	13	31	6.9	7.51	-20
Etang6	16.08.2021	13	30.2	21.2	8.08	-2
Etang7	16.08.2021	13	29.9	14.8	8	8
Etang2	16.08.2021	15	30.5	17	7.63	70
Etang3	16.08.2021	15	30.9	7.6	7.69	69
Etang6	16.08.2021	15	30.2	20	8.11	60
Etang7	16.08.2021	15	30.2	15.9	8.11	64
Etang2	16.08.2021	17	29.8	15	7.63	75
Etang3	16.08.2021	17	30.1	6.87	7.77	-90
Etang6	16.08.2021	17	29.4	17.7	8.05	-51
Etang7	16.08.2021	17	29.6	14.25	8.09	-47
Etang2	16.08.2021	19	28.9	12	7.55	62
Etang3	16.08.2021	19	29.1	7.4	7.77	35
Etang6	16.08.2021	19	28.9	14.5	7.91	10
Etang7	16.08.2021	19	29.1	11.7	8.05	25
Etang2	16.08.2021	21	28	8.3	7.68	60
Etang3	16.08.2021	21	28.2	4.2	7.8	-60
Etang6	16.08.2021	21	28	8.52	8.11	-72
Etang7	16.08.2021	21	27.8	8.25	8.11	-10
Etang2	30.08.2021	5	27.7	0.33	7.29	-132
Etang3	30.08.2021	5	27.8	0.95	7.27	-77
Etang6	30.08.2021	5	27.6	0.42	7.51	-35
Etang7	30.08.2021	5	27.5	0.81	7.62	-29
Etang2	30.08.2021	7	27.7	0.75	7.35	-55
Etang3	30.08.2021	7	27.7	1.22	7.42	-32
Etang6	30.08.2021	7	27.5	0.62	7.69	-12
Etang7	30.08.2021	7	27.5	1.68	7.67	15
Etang2	30.08.2021	9	28.4	3.95	7.55	-27
Etang3	30.08.2021	9	28.5	4.15	7.61	-32
Etang6	30.08.2021	9	28.1	4.68	7.82	22
Etang7	30.08.2021	9	28.1	4.26	7.85	26
Etang2	30.08.2021	11	28.8	6.5	7.63	38
Etang3	30.08.2021	11	28.8	6.32	7.69	47
Etang6	30.08.2021	11	28.4	7	7.91	72
Etang7	30.08.2021	11	28.3	6.95	7.99	74
Etang2	30.08.2021	13	29.2	12.16	7.81	47
Etang3	30.08.2021	13	29.2	14.52	7.92	52
Etang6	30.08.2021	13	28.8	15.12	8.07	66
Etang7	30.08.2021	13	28.7	14.61	8.07	-14
Etang2	30.08.2021	15	30.1	13.62	7.95	36
Etang3	30.08.2021	15	30.1	16.86	7.98	62
Etang6	30.08.2021	15	29.2	18.1	8.12	55
Etang7	30.08.2021	15	29.2	17.53	8.13	27

Etang2	30.08.2021	17	30.1	15.66	7.89	18
Etang3	30.08.2021	17	30.1	16.23	7.92	23
Etang6	30.08.2021	17	29.4	17.15	8.07	62
Etang7	30.08.2021	17	29.3	17.11	7.99	75
Etang2	30.08.2021	19	29.3	10.21	7.78	-25
Etang3	30.08.2021	19	29.4	12.35	7.81	-31
Etang6	30.08.2021	19	28.6	12.91	7.95	-15
Etang7	30.08.2021	19	28.5	12.89	7.96	-15
Etang2	30.08.2021	21	28.8	6.93	7.49	-43
Etang3	30.08.2021	21	28.9	7.52	7.65	-39
Etang6	30.08.2021	21	28.1	7.8	7.88	-31
Etang7	30.08.2021	21	28.1	7.81	7.81	-33
Etang2	10.09.2021	5	27.7	2.3	7.33	75
Etang3	10.09.2021	5	27.7	0.82	7.65	43
Etang6	10.09.2021	5	27.6	0.51	7.47	-85
Etang7	10.09.2021	5	27.7	0.92	7.58	-42
Etang2	10.09.2021	7	27.5	2.66	7.37	45
Etang3	10.09.2021	7	27.5	1.42	7.69	55
Etang6	10.09.2021	7	27.6	1.05	7.45	-30
Etang7	10.09.2021	7	27.6	1.04	7.6	-12
Etang2	10.09.2021	9	28.1	5.46	7.45	55
Etang3	10.09.2021	9	28	5.97	7.78	71
Etang6	10.09.2021	9	27.8	1.89	7.63	-10
Etang7	10.09.2021	9	27.7	1.97	7.7	15
Etang2	10.09.2021	11	29.7	17.1	8.38	97
Etang3	10.09.2021	11	30.2	8.71	8.29	50
Etang6	10.09.2021	11	29.6	15.66	7.88	-5
Etang7	10.09.2021	11	29.3	4.81	7.73	63
Etang2	10.09.2021	13	28.2	16.7	8.41	108
Etang3	10.09.2021	13	28.3	10.6	8.35	75
Etang6	10.09.2021	13	27.9	16.56	7.96	20
Etang7	10.09.2021	13	27.9	16.39	7.84	72
Etang2	10.09.2021	15	29.1	17.4	8.46	80
Etang3	10.09.2021	15	29.2	12.5	8.52	67
Etang6	10.09.2021	15	28.1	14.2	7.82	42
Etang7	10.09.2021	15	28	5.82	7.74	-5
Etang2	10.09.2021	17	29.4	16.9	8.31	135
Etang3	10.09.2021	17	29.6	10.76	8.49	112
Etang6	10.09.2021	17	28.4	12.23	7.71	67
Etang7	10.09.2021	17	28.2	5.41	7.55	76
Etang2	10.09.2021	19	28.8	17.4	8.15	98
Etang3	10.09.2021	19	29.1	12.5	8.18	75
Etang6	10.09.2021	19	28.1	14.2	7.59	-4
Etang7	10.09.2021	19	28	5.82	7.42	6
Etang2	10.09.2021	21	28.1	5.11	7.89	91

Etang3	10.09.2021	21	28.2	4.88	7.92	69
Etang6	10.09.2021	21	27.8	5.13	7.51	-7
Etang7	10.09.2021	21	27.8	3.76	7.39	-12

9.8 Annexe 8 : Résultats bruts des analyses obtenues dans PSPP

ONEWAY /VARIABLES= Temperatue o2 pH Redox BY etang
/STATISTICS=DESCRIPTIVES HOMOGENEITY .

Descriptives

	N	Mean	Std. Deviation	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum	
				Std. Error				Lower Bound
Temperatue								
Etang2	37	27.01	.42	.07	26.87	27.15	26.10	28.40
Etang3	37	27.05	.35	.06	26.93	27.16	26.40	28.40
Etang6	37	26.90	.40	.07	26.77	27.03	26.20	28.50
Etang7	37	26.89	.41	.07	26.76	27.03	26.00	28.40
Total	148	26.96	.40	.03	26.90	27.03	26.00	28.50
o2								
Etang2	37	3.76	1.82	.30	3.15	4.36	.60	7.00
Etang3	37	2.94	1.19	.20	2.54	3.33	.90	5.80
Etang6	37	2.22	1.12	.18	1.85	2.60	.10	4.80
Etang7	37	3.38	.98	.16	3.06	3.71	1.00	6.10
Total	148	3.07	1.43	.12	2.84	3.31	.10	7.00
pH								
Etang2	37	7.73	.29	.05	7.63	7.82	7.20	8.20
Etang3	37	7.66	.19	.03	7.60	7.72	7.30	7.90
Etang6	37	7.46	.13	.02	7.41	7.50	7.20	7.70
Etang7	37	7.59	.12	.02	7.55	7.63	7.40	7.90
Total	148	7.61	.22	.02	7.57	7.64	7.20	8.20
Redox								
Etang2	37	-6.46	102.97	16.93	-40.79	27.87	-294.00	152.00
Etang3	37	17.54	58.14	9.56	-1.85	36.93	-60.00	150.00
Etang6	37	-9.89	49.91	8.20	-26.53	6.75	-120.00	110.00
Etang7	37	1.70	39.48	6.49	-11.46	14.87	-80.00	99.00
Total	148	.72	67.30	5.53	-10.21	11.66	-294.00	152.00

Test of Homogeneity of Variances

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Temperatue	.18	3	144	.908
o2	10.96	3	144	.000
pH	16.28	3	144	.000
Redox	10.66	3	144	.000

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
--	----------------	----	-------------	---	------

Temperatue	Between Groups	.68	3	.23	1.44	.234
	Within Groups	22.78	144	.16		
	Total	23.47	147			
o2	Between Groups	48.39	3	16.13	9.27	.000
	Within Groups	250.67	144	1.74		
	Total	299.06	147			
pH	Between Groups	1.48	3	.49	13.19	.000
	Within Groups	5.38	144	.04		
	Total	6.86	147			
Redox	Between Groups	16577.97	3	5525.99	1.23	.303
	Within Groups	649225.68	144	4508.51		
	Total					

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Total	665803.64	147			

ONEWAY /VARIABLES= Temperatue o2 pH Redox BY date
/STATISTICS=DESCRIPTIVES HOMOGENEITY .

ONEWAY /VARIABLES= Temperature o2 pH Redox BY Etang
/STATISTICS=DESCRIPTIVES HOMOGENEITY .

Descriptives

	N	Mean	Std. Deviation	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum		
				Std. Error					
Temperature	Etang2	45	28.28	1.13	.17	27.94	28.62	25.90	30.90
	Etang3	45	28.39	1.12	.17	28.06	28.73	26.40	31.00
	Etang6	45	28.02	.91	.14	27.74	28.29	26.50	30.20
	Etang7	45	27.94	.84	.13	27.69	28.20	26.60	30.20
	Total	180	28.16	1.02	.08	28.01	28.31	25.90	31.00
o2	Etang2	45	9.64	5.42	.81	8.02	11.27	.28	19.60
	Etang3	45	6.71	4.03	.60	5.50	7.92	.82	16.86
	Etang6	45	6.86	6.73	1.00	4.83	8.88	.10	21.20
	Etang7	45	6.87	4.76	.71	5.44	8.30	.20	17.53
	Total	180	7.52	5.42	.40	6.72	8.32	.10	21.20
pH	Etang2	45	7.86	.42	.06	7.74	7.99	7.24	8.80
	Etang3	45	7.78	.30	.04	7.69	7.87	7.15	8.52

	Etang6	45	7.63	.30	.04	7.54	7.72	7.19	8.12
	Etang7	45	7.74	.20	.03	7.68	7.80	7.39	8.13
	Total	180	7.75	.32	.02	7.71	7.80	7.15	8.80
Redox	Etang2	45	40.18	93.64	13.96	12.05	68.31	-294.00	159.00
	Etang3	45	32.09	72.37	10.79	10.35	53.83	-134.00	148.00
	Etang6	45	-21.73	56.63	8.44	-38.75	-4.72	-130.00	72.00
	Etang7	45	20.47	49.51	7.38	5.59	35.34	-113.00	99.00
	Total	180	17.75	73.52	5.48	6.94	28.56	-294.00	159.00

Test of Homogeneity of Variances

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Temperature	2.14	3	176	.097
o2	7.82	3	176	.000
pH	8.66	3	176	.000
Redox	2.12	3	176	.099

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Temperature	Between Groups	6.12	3	2.04	2.01	.115
	Within Groups	178.76	176	1.02		
	Total	184.88	179			
o2	Between Groups	271.61	3	90.54	3.19	.025
	Within Groups	4995.73	176	28.38		
	Total	5267.35	179			
pH	Between Groups	1.25	3	.42	4.25	.006
	Within Groups	17.20	176	.10		
	Total	18.45	179			
Redox	Between Groups	102371.53	3	34123.84	6.94	.000
	Within Groups	865172.22	176	4915.75		
	Total	967543.75	179			

ONEWAY /VARIABLES= Biomasse Nombre Poids moyens Croisstot Croissmoyenne
Tauxcroiss Tauxconv TauxMort BY Aliment
/STATISTICS=DESCRIPTIVES HOMOGENEITY .

Descriptives

	95% Confidence Interval for Mean

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	Lower Bound	Upper Bound	Minimum	
Biomasse	L2	24	2505.75	1379.89	281.67	1923.07	3088.43	667.00
	L6	24	1867.17	861.05	175.76	1503.58	2230.76	629.00
	LA2	24	2526.21	1435.55	293.03	1920.03	3132.39	669.00
	LA6	24	1816.29	817.82	166.94	1470.95	2161.63	631.00
	LP2	24	2146.21	1041.32	212.56	1706.50	2585.92	644.00
	LP6	24	2096.79	1000.96	204.32	1674.13	2519.46	612.00
	R2	24	1869.25	1168.55	238.53	1375.82	2362.68	413.00
	R6	24	2484.96	1388.68	283.46	1898.57	3071.35	634.00
	Total	192	2164.08	1173.47	84.69	1997.03	2331.12	413.00

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	Lower Bound	Upper Bound	Minimum	
Nombre	L2	24	47.29	4.90	1.00	45.22	49.36	35.00
	L6	24	49.29	1.46	.30	48.68	49.91	44.00
	LA2	24	47.67	3.29	.67	46.28	49.06	40.00
	LA6	24	48.83	1.43	.29	48.23	49.44	46.00
	LP2	24	41.71	10.01	2.04	37.48	45.94	27.00
	LP6	24	48.50	1.06	.22	48.05	48.95	47.00
	R2	24	38.33	16.14	3.29	31.52	45.15	7.00
	R6	24	48.38	1.76	.36	47.63	49.12	44.00
	Total	192	46.25	7.92	.57	45.12	47.38	7.00

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	Lower Bound	Upper Bound	Minimum	
Poidsmoyens	L2	24	54.04	31.91	6.51	40.57	67.51	13.00
	L6	24	37.25	17.23	3.52	29.98	44.52	12.00
	LA2	24	52.79	30.65	6.26	39.85	65.73	13.00
	LA6	24	37.00	17.08	3.49	29.79	44.21	12.00
	LP2	24	56.33	32.57	6.65	42.58	70.08	12.00
	LP6	24	43.08	21.09	4.30	34.18	51.99	12.00

	N	Mean	Std. Deviation	95% Confidence Interval for Mean	Std. Error	Lower Bound	Upper Bound	Minimum
	R2	24	56.08	31.38	6.40	42.83	69.33	13.00
	R6	24	50.96	28.58	5.83	38.89	63.03	12.00
	Total	192	48.44	27.62	1.99	44.51	52.37	12.00

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	Lower Bound	Upper Bound	Minimum	
Croisstot	L2	21	557.38	310.76	67.81	415.92	698.84	-474.00
	L6	21	344.76	77.18	16.84	309.63	379.89	204.00
	LA2	21	574.62	239.87	52.34	465.43	683.81	65.00
	LA6	21	337.38	82.59	18.02	299.79	374.97	193.00
	LP2	21	338.76	927.22	202.34	-83.30	760.83	-2574.00
	LP6	21	417.19	99.31	21.67	371.99	462.39	247.00
	R2	21	201.67	1352.46	295.13	-413.97	817.30	-3467.00

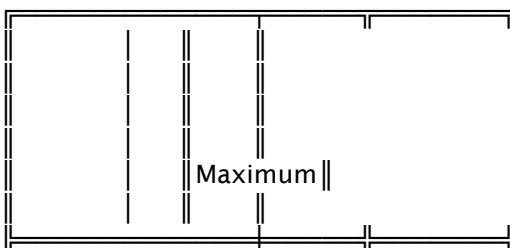
R6	21	572.00	206.03	44.96	478.22	665.78	171.00
Total	168	417.97	604.11	46.61	325.95	509.99	-3467.00

Croissmoyenne	L2	21	13.23	8.19	1.79	9.50	16.96	-13.54
L6	21	9.09	5.65	1.23	6.52	11.67	4.64	
LA2	21	13.55	6.17	1.35	10.74	16.36	1.55	
LA6	21	9.23	5.64	1.23	6.66	11.79	4.11	
LP2	21	6.44	29.08	6.35	-6.79	19.68	-88.76	
LP6	21	10.56	5.25	1.15	8.17	12.95	5.26	
R2	21	-17.16	117.48	25.64	-70.64	36.32	-495.29	
R6	21	12.84	6.12	1.34	10.05	15.63	1.17	
Total	168	7.22	43.28	3.34	.63	13.81	-495.29	

Tauxcroiss	L2	21	.31	.17	.04	.24	.39	-.15
L6	21	.25	.12	.03	.19	.30	.10	
LA2	21	.30	.11	.02	.25	.35	.02	
LA6	21	.25	.13	.03	.19	.31	.10	
LP2	21	.30	.35	.08	.14	.46	-.62	
LP6	21	.28	.16	.04	.21	.36	.09	
R2	21	.32	.46	.10	.11	.52	-.89	
R6	21	.32	.16	.03	.25	.39	.08	
Total	168	.29	.23	.02	.26	.33	-.89	

Tauxconv	L2	21	1.82	1.58	.35	1.10	2.54	-3.90
L6	21	3.01	1.38	.30	2.38	3.64	1.25	
LA2	21	3.30	5.59	1.22	.76	5.85	1.20	
LA6	21	3.09	1.48	.32	2.42	3.77	1.23	
LP2	21	1.91	2.10	.46	.95	2.86	-3.29	
LP6	21	4.58	2.47	.54	3.45	5.70	1.80	
R2	21	1.06	1.06	.23	.58	1.54	-1.02	
R6	21	2.41	1.42	.31	1.77	3.06	.98	
Total	168	2.65	2.69	.21	2.24	3.06	-3.90	

TauxMort	L2	21	.03	.06	.01	.00	.05	.00
L6	21	.01	.03	.01	.00	.03	.00	
LA2	21	.03	.06	.01	.01	.06	.00	
LA6	21	.01	.02	.00	.00	.02	.00	
LP2	21	.07	.14	.03	.01	.13	.00	
LP6	21	.01	.02	.00	.00	.02	.00	
R2	21	.09	.22	.05	-.01	.19	.00	
R6	21	.02	.04	.01	.01	.04	.00	
Total	168	.03	.10	.01	.02	.05	.00	



Biomasse	L2	5039.00
L6		3210.00
LA2		5213.00
LA6		3172.00
LP2		4177.00
LP6		3755.00
R2		4187.00
R6		5086.00
Total		5213.00
<hr/>		
Nombre	L2	50.00
L6		50.00
LA2		50.00
LA6		50.00
LP2		50.00
LP6		50.00
R2		50.00
R6		50.00
Total		50.00
<hr/>		
Poidsmoyens	L2	112.00
L6		64.00
LA2		109.00
LA6		63.00
LP2		125.00
LP6		78.00
R2		116.00
R6		105.00
Total		125.00
<hr/>		
Croisstot	L2	983.00
L6		489.00
LA2		875.00
LA6		508.00
LP2		1408.00
LP6		608.00
R2		1292.00
R6		873.00
Total		1408.00
<hr/>		
Croissmoyenne	L2	22.14
L6		22.14
LA2		22.14
LA6		22.14
LP2		28.16
LP6		22.14
R2		30.83
R6		22.14
Total		30.83
<hr/>		
Tauxcroiss	L2	.62
L6		.48
LA2		.50
LA6		.48
LP2		.62
LP6		.53
R2		.60

		Maximum
R6		.61
Total		.62
Tauxconv		
L2		3.97
L6		5.94
LA2		27.51
LA6		6.19
LP2		5.07
LP6		10.87
R2		4.28
R6		7.23
Total		27.51
TauxMort		
L2		.28
L6		.12
LA2		.20
LA6		.04
LP2		.42
LP6		.06
R2		.84
R6		.12
Total		.84

Test of Homogeneity of Variances

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Biomasse	2.96	7	184	.006
Nombre	44.86	7	184	.000
Poids moyens	4.08	7	184	.000
Croisstot	9.59	7	160	.000
Croissmoyenne	7.12	7	160	.000
Tauxcroiss	5.81	7	160	.000
Tauxconv	1.50	7	160	.170
TauxMort	7.24	7	160	.000

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	
Biomasse	Between Groups	15641383.70	7	2234483.39	1.66	.121
	Within Groups	247372814.12	184	1344417.47		
	Total	263014197.83	191			

Nombre	Between Groups	2685.50	7	383.64	7.60	.000
	Within Groups	9290.50	184	50.49		
	Total	11976.00	191			
Poidsmoyens	Between Groups	11091.99	7	1584.57	2.17	.039
	Within Groups	134603.38	184	731.54		
	Total	145695.37	191			
Croisstot	Between Groups	2784920.47	7	397845.78	1.09	.369
	Within Groups	58161696.38	160	363510.60		
	Total	60946616.85	167			

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	
Croissmoyenne	Between Groups	15149.55	7	2164.22	1.16	.327
	Within Groups	297629.90	160	1860.19		
	Total	312779.46	167			
Tauxcroiss	Between Groups	.13	7	.02	.32	.944
	Within Groups	8.99	160	.06		
	Total	9.11	167			
Tauxconv	Between Groups	174.01	7	24.86	3.86	.001
	Within Groups	1030.22	160	6.44		
	Total	1204.23	167			
TauxMort	Between Groups	.13	7	.02	1.91	.071
	Within Groups	1.55	160	.01		
	Total	1.68	167			

9.9 Annexe 9 : convention pour le travail de bachelor signée

Convention relative à un travail étudiantin

- 1^{er} travail de semestre 1^{er} essai ou répétition
 2^e travail de semestre 1^{er} essai ou répétition
 Travail de bachelor standard ou compact 1^{er} essai ou répétition
 Travail de minor 1^{er} essai ou répétition

Nom et n° de téléphone de l'étudiant-e : Jacques Kohli +41 79 837 22 55 / +228 70 18 54 02

Domaine / division responsable : AGR / IL

Intitulé provisoire du travail : Essai d'optimisation de l'alimentation et de la qualité d'eau dans un élevage de tilapias en étangs naturels sur la ferme modèle de Donomadée au Togo

Travail confidentiel : non ou oui ⇒ Contrat¹ signé

Grille d'évaluation utilisée : standard HAFL ou grille ad hoc

Usage important de méthodes propres aux sciences sociales : oui non

(en particulier enquêtes, interviews)

Nom et n° de téléphone de l'enseignant-e responsable : Thomas Janssens 079 785 84 96 / Christoph Studer 031 910 21 63

Autres personnes participant à l'encadrement : Nancy Bourgeois / Lucas Baumann / Happy Attigobe

Délai de remise de la planification temporelle et des ressources (pour 1^{er} TS obligatoire) :

Délai de remise du plan du travail : 25.06.2021

Délai de remise du travail complet (cf. § 4.2 des directives²) : 06.12.2021

Lieu et date : Zollikofen 08.09.2021

Signature de l'enseignant-e responsable :

Signature de l'étudiant-e :



.....
Veillez remettre ce formulaire à Mme Sibylle Ackermann, administration des étudiants (bureau A.0.03). Vous pouvez aussi le déposer dans son casier.

Délais de remise : semaine 40 (semestre d'automne) / semaine 14 (semestre de printemps)

À remplir par l'enseignant-e responsable :

Conditions préalables selon les directives² (§ 4.1) remplies :

- oui | non ⇒ Signature de la personne responsable
⇒ Veuillez noter vos explications au verso
⇒ Accord du/de la responsable Enseignement

À remplir par l'administration des étudiants

Inscrit dans IS-A au semestre d'automne / de printemps de l'année d'études

Inscrit dans la liste BASAMA-

Visa StudAdmin :

¹ Contrat régissant les travaux étudiantins (contrat de confidentialité)

² Directives concernant les travaux de semestre, de bachelor et de minor