

ARTICLE FROM
WORLD
AQUACULTURE

June 2017 Volume 48, Number 2

**Production de Tilapia à grande échelle en bacs de Biofloc au Malawi,
une histoire de réussite technologique**

Ray Kourie

Malawi, une nation de mangeurs de poisson

Bien que le Malawi soit doté du neuvième plus grand lac du monde et le troisième plus grand et le deuxième plus profond lac Afrique, la surpêche a entraîné l'effondrement de la pêche du tilapia autour de 1990-1991. Le *chambo*, tilapia local, est le poisson favori du pays. Il coûte actuellement de 4 à 8 Dollars américains par kg (55-110 Rands/kg) de poisson entier ou vivant. Ceci est malheureusement le résultat de la pénurie du poisson sur les marchés quand on considère la demande massive alors qu'il était abondant et à des prix très abordables (<1,50\$/kg) avant 1990. La croissance de la population malawite est d'environ 3% par an depuis 1990 ; ce qui a amené à prédire le déficit national de l'approvisionnement en poisson à environ 80.000 de tonnes pour 2017, en se basant sur les niveaux de consommation per capita de 1990.

Le tilapia est le poisson préféré et la base des mets nationaux du pays. Un marché considérable existe pour les producteurs capables de fournir du poisson entier plus compétitifs que les poulets de chair, à un coût moindre que 2,40\$/kg (R33.00/kg) au Malawi. Dans des conditions économiques favorables, la production de tilapia avec la technologie de biofloc représente une proposition d'investissement attractive si ce prix de vente peut être atteint.

La technologie de Biofloc

La technologie de Biofloc (BFT) est une technologie relativement nouvelle et potentiellement révolutionnaire pour la production de tilapia et de crevette. La BFT est une méthode d'aquaculture durable et respectueuse de l'environnement qui contrôle la qualité de l'eau et les germes pathogènes nuisibles tout en fournissant de la valeur ajoutée à des protéines d'origine microbienne à des systèmes de production aquatique. Les bioflocs sont une agrégation de communautés microbiennes telles que les phytoplanctons, les bactéries and des particules de matières organiques vivantes et mortes (Fig.1). Les crevettes et les tilapias spécialement profitent de la BFT grâce à leur habileté à filtrer des aliments du floc dans la colonne d'eau, réduisant ainsi le coût de l'alimentation en améliorant la conversion alimentaire.



Figure 1. Imhoff cones are used to measure biofloc volume in BFT tanks at Chambo Fisheries.

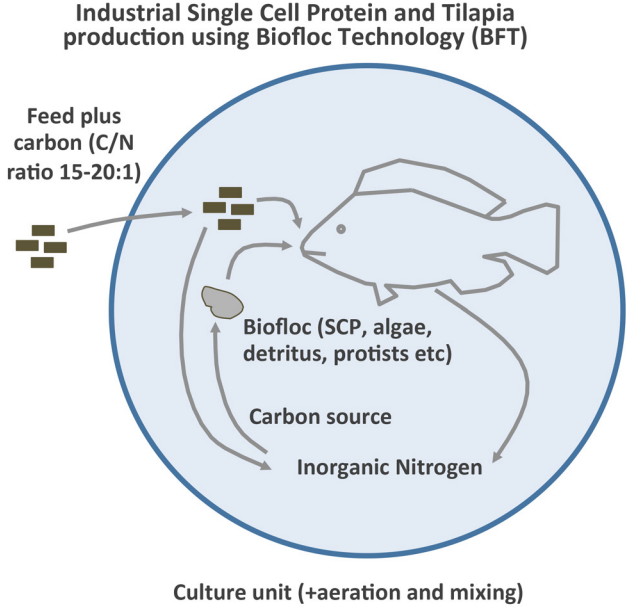


Figure 2. A schematic of the process of biofloc technology to promote nitrogen uptake via heterotrophic bacteria that becomes a food source for tilapia and shrimp.

La chose intéressante dans la BFT est dans le mécanisme de l'élimination de l'ammoniac de l'eau. L'utilisation d'aliments avec le rapport carbone/azote (C/N) supérieur à 15 entraîne une dominance de bactéries hétérophiques comme voie principale d'élimination des dérivés toxiques de l'azote par leur assimilation dans de nouvelles biomasses de cellules bactériennes. La BFT fournit simultanément une source abondante de "plancton bactérien" et une riche source de protéines et de nutriments de bonne qualité à des filtreurs comme les poissons et les crevettes ; la BFT ressemble plutôt à tuer deux oiseaux avec une seule pierre. La Figure 2 présente le schéma du processus de la Technologie Biofloc (BFT) de promotion de la consommation de l'azote par des bactéries hétérophiques qui deviennent ensuite des sources d'aliments pour le tilapia et les crevettes

L'expérience d'élevage de tilapia avec la BFT, là où les niveaux d'alimentation par unité de surface sont d'au moins de 4 à 5 ordres de grandeur supérieurs que dans les systèmes BFT de crevettes, est limitée. Des lacunes dans les connaissances subsistent à propos de l'économie de l'ingénierie de la BFT, des systèmes d'alimentation et de bioénergie du tilapia et à propos des facteurs de coût et de l'économie de cette nouvelle technologie par rapport aux systèmes conventionnels de l'élevage de tilapia. L'expérience perspicace acquise à Chambo Fisheries comble bon nombre de ces insuffisances de connaissances.

Chambo Fisheries

Chambo Fisheries est prétendument la plus grande ferme d'élevage de tilapia en bacs avec la technologie du biofloc (BFT) au monde et la plus grande ferme d'élevage dans ces types de bacs en Afrique, situé dans la banlieue de Blantyre, Malawi (Fig. 3). La ferme est devenue opérationnelle en 2013, basée sur la production obligatoire de tilapia du Mozambique (*Oreochromis mossambicus*) et du tilapia Shiranus (*O. shiranus*) en raison des restrictions qui interdisent l'importation et l'élevage des espèces comme le tilapia du Nil (*O. niloticus*) dans le pays.

Malgré la croissance lente des tilapias du Mozambique et du Shiranus, contre les meilleures performances du tilapia du Nil, la bonne qualité de saveur sans purge, faible ratio de conversion alimentaire (FCRs), la production potentielle toute l'année (dans des étangs peu profonds avec un système de chauffage solaire supplémentaire) et des facteurs économiques favorables, Chambo Fisheries est prête pour une expansion au niveau régional. La conception du système a été développée par l'auteur de cet article en sa qualité de Chef des Services Techniques de la SustAqua Fsh Farm (Pty) Ltd. (SAFF), un Sud-africain, qui a réalisé les plans de la ferme, planifié la production, développé les systèmes de gestion et exécuté le démarrage, le suivi et la formation en gestion.



Figure 3. A battery of eight 766-m³ multi-cohort sequential SAFF-BFT grow-out tanks at Chambo Fisheries near Blantyre, Malawi.

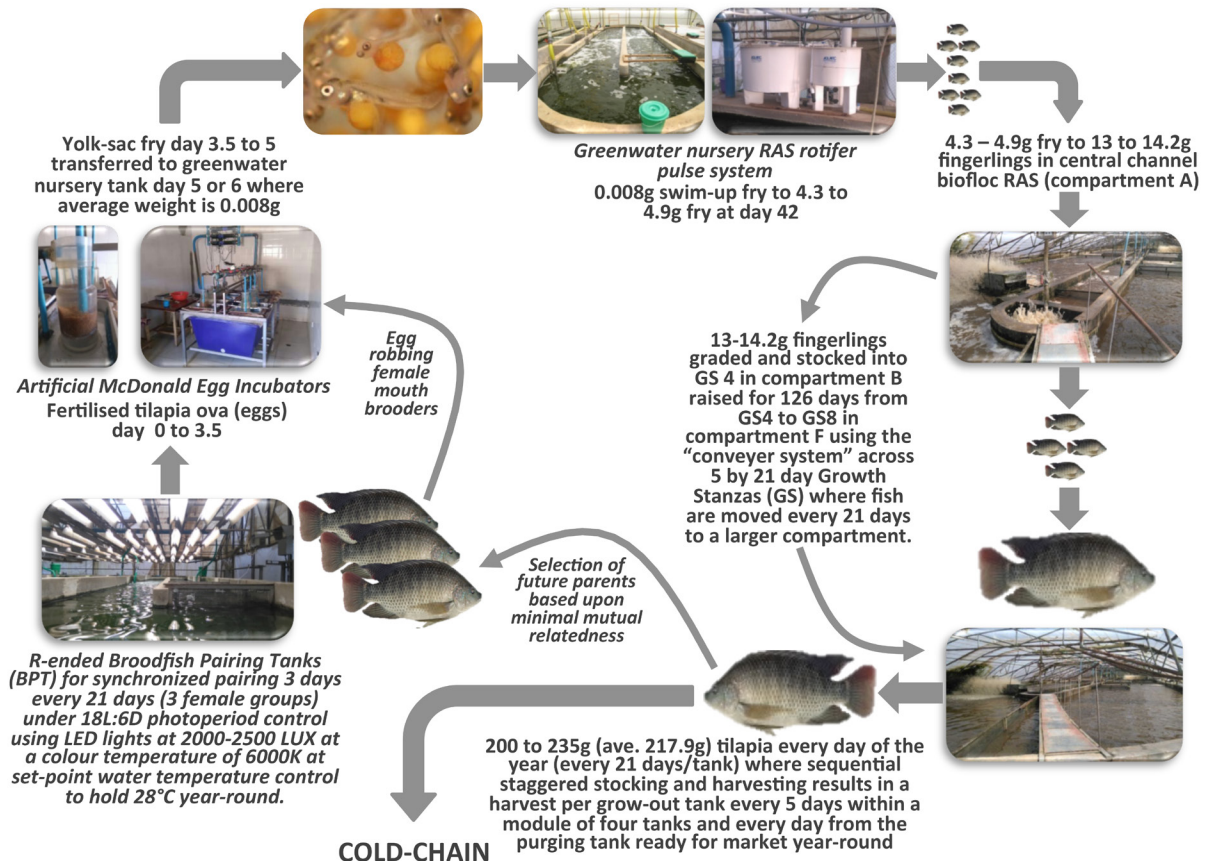


Figure 4. Farmed production cycle of *Shiranus tilapia* from a four-tank biofloc technology module producing up to 400 t/yr of 218-g fish year-round.

Conception d'une ferme verticalement intégrée

Chambo Fisheries exploite une ferme verticalement intégrée qui comprend une infrastructure de quarantaine, des bacs d'accouplement des géniteurs, une salle d'incubation artificielle pour l'éclosion des œufs collectés des femelles, un système dédié pour pré-alevinage, des bacs de purge, une unité de mouture d'aliment humide, une usine à glace et des entrepôts frigorifiques, mis à part les bacs de grossissement avec la Technologie Biofloc (BFT). La figure 4 détaille le cycle de production du tilapia Shiranus à Chambo Fisheries.

La ferme possède huit grands bacs de grossissement à extrémités rondes (R-ended), chacun ayant une capacité de 780 m³ d'eau et capable de produire jusqu'à 100 tonnes de tilapia par an ou jusqu'à 130 kg/m³ de volume d'élevage effectif par an via un programme de production séquentielle de plusieurs cohortes, bien que les densités moyennes de production sont seulement de 20 kg/m³. En raison du climat froid près de Blantyre à 1130 m d'altitude, toutes les installations de production nécessitent leur placement dans des serres. Le chauffage d'appoint provient des étangs solaires de la faible profondeur (SSP) couplé à un système de chauffage hydronique qui comprend des échangeurs de chaleur en acier inoxydable insérés au fond du bac qui sont régulés par des pompes d'échange de chaleur commandées par thermostat.

La conception de bacs de grossissement BFT avec extrémités rondes (R-ended) par SAFF à Chambo Fisheries est originale à bien des égards. Les bacs comprennent un séparateur à lamelles intégré pour la capture et l'élimination de solides. Le contrôle de la concentration de floc dans la colonne d'eau et du temps de rétention des matières fécales et organiques est réalisé par régulation du débit d'eau à travers le séparateur de lamelles d'un drain de pleine largeur au plancher du bac principal. L'eau est aspiré dans le séparateur de lamelles par la création d'un différentiel entre la tête d'eau et l'extrémité du canal central à l'aide d'une pompe de multiple-pod transport d'air qui permet un contrôle souple sur les taux de pompage d'eau.

Tous les aspects de la conception du bac BFT R-ended vise à réduire au minimum l'investissement et les coûts d'exploitation, en profitant pleinement de l'environnement hydraulique supérieure créé par le design du bac R-ended intégré, créant un effet bénéfique en continu tout en améliorant la conduite du transfert de gradient de concentration en oxygène par des dispositifs d'aération soigneusement sélectionnés et placés.

Un exercice forcé modérément s'est avéré inducteur d'une hypertrophie musculaire, améliorateur de la vitesse de croissance et réducteur des coûts de l'énergie d'accumulation de



Figure 5. A single multi-cohort sequential 766-m3 SAFF-BFT grow-out tank at Chambo Fisheries.

protéine. Les poissons qui sont nourris sous des conditions d'exercice modéré continu présentent un changement dans le métabolisme de dériver l'énergie pour l'activité de natation en grande partie des glucides et lipides plutôt que des protéines, un mécanisme de survie pour épargner la perte de protéines dans le muscle. Cela se traduit chez les poissons à la récolte par une teneur en matières grasses inférieure tandis que l'indice de consommation (IC) est réduit, la croissance augmentée, la fermeté de la texture de la chair est meilleure et les rendements filet sont légèrement élevés (des poissons plus dodus par rapport à la longueur de leur corps). Le contrôle de la vitesse horizontale de l'eau dans l'ordre de 15 à 30cm/sec est obtenu par le réglage de la profondeur d'immersion des pagaies des aérateurs de roue à aubes.

Production de multi-cohortes

La ferme a été conçue pour tirer avantages d'une production séquentielle continue où chaque bac de grossissement est empoissonné et récolté toutes les trois semaines. Cette stratégie de production est rendue possible avec l'utilisation des compartiments protégés avec des grilles (Fig. 5) où les poissons sont déplacés par convoyage toutes les trois semaines vers un plus grand compartiment en utilisant de simples grilles d'entassement. Cette technique de gestion donne des rendements production de 4,6 à 5,8 t toutes les trois semaines. Ceci permet d'amener le rapport de la production par capacité (P:C) à 5,5-6,2, indiquant le niveau élevé des résultats de récolte par rapport à la capacité de charge du système.

L'utilisation d'un système de production multiples-séquences, multi-cohortes double essentiellement les résultats de production et diminue de moitié les coûts des intrants, comparé à la production par lots qui donne une efficacité du ratio de P:C de seulement 2,4. La viabilité économique est grandement améliorée en raison du doublement des résultats de production basé sur les mêmes investissements en équipements et infrastructures par rapport à un système de production par lots. Cette innovation unique de SAFF, appelée l'Approche SAFF d'Elevage en Bac, a été tout d'abord mis au point par la société au Moyen-Orient sur deux fermes à eau recyclée (RAS), et sur une troisième la ferme RAS au Malawi.

Le *Tilapia shiranus* atteint un poids marchand moyen de 218g en 189 jours de l'éclosion, à une de température de 27-29°C. Malgré que la purge des poissons afin d'améliorer la qualité de la saveur est pratiquée, il est inutile dans les systèmes BFT bien gérés parce que les poissons ne présentent d'arrière-goût ou de goût altéré. Les poissons sont vendus en gros sur de la glace et sans aucune transformation à la ferme.

Table 1. Product yield, energy and protein retention in edible parts of Atlantic salmon, tilapia, pigs, chickens and lamb.

Measurement parameter	Atlantic salmon	Biofloc raised tilapia (realized) ^f	RAS raised tilapia ^g	Cage culture tilapia (typical) ^h	Greenwater Tilapia Ponds ^j	Pigs	Broiler chickens	Beef ⁱ	Lamb
Harvest yield (%) ^a	86.0	86.8	86.8	86.8	86.8	72.5	65.6	62.5	46.9
Edible yield (%) ^b	68.3	46.3	46.3	46.3	46.3	52.1	46.1	40.0	38.2
FCR ^c	1.15	1.00	1.27	1.60	1.10 + fertilizer N	2.63	1.79	12.7	6.3
Net Energy retention (%) ^d	23.0	20.9	15.9	12.5	19.3	14.0	10.0	n/a	5.0
Net Protein retention (%) ^e	31.0	36.6	18.3	14.0	10.8	18.0	21.0	5.0	5.0

^a Harvest yield is yield of gutted and blend animal

^b Edible yield is ratio of total body weight that is normally eaten, muscle, body adipose tissue and liver, lung, and heart for pig. Skin is excluded from all animals except in tilapia where skin has been counted. Harvest and edible yields for tilapia based upon the work of El-Zaeem et al. 2012 determined for 125 to 185g tilapia

^c FCR = (kg feed fed)/ (kg body weight gain)

^d Net Energy retention = (energy in edible parts)/ (gross energy fed) for all animals except tilapia taken at whole carcass energy content from Lupatsch (2012)

^e Net Protein retention = (kg protein in edible parts)/ (kg protein fed) for all animals except tilapia taken at whole carcass protein content from Lupatsch (2012)

^f FCR data based upon results achieved at Chambo Fisheries feeding 20.2% protein feed (C/N ratio = 15.5:1) feeding 127g to 147g *Oreochromis shiranus*

^g FCR data from Chowdhury et al. (2013) feeding a 32% protein feed, GE of 16.7MJ/kg, DE of 14.3 MJ/Kg raising fish up to 220g

^h FCR data based upon achievements in large scale cage culture raising 127/147g Nile tilapia (*O. niloticus*) on 32% protein extruded feeds

ⁱ FCR, edible meat yield, energy and protein retention as percentages of edible meat yield in beef taken from Smil (2002)

^j Calculated from Diana et al. (1994). Supplemental Feeding of Tilapia in Fertilized Ponds. JOURNAL OF THE WORLD AQUACULTURE SOCIETY Vol. 25, No. 4 December. 1994.

Data from:

1) Bjorkli, J. (2002). Protein and energy account in salmon, chicken pig and lamb. M.Sc. Thesis, Norwegian University of Life Sciences (UMB), Norway for Atlantic salmon, pigs, broiler chickens and lamb.

2) El-Zaeem et al. (2012) Flesh quality differentiation of wild and cultured Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) populations. African Journal of Biotechnology Vol. 11(17), pp. 4086-4089.

3) Smil, V. 2002. Nitrogen and Food Production: Proteins for Human Diets. Ambio Vol. 31 No. 2, March 2002

4) Unpublished inventory data from Chambo Fisheries (historical data in archives)

5) Diana et al. (1994). Supplemental Feeding of Tilapia in Fertilized Ponds. JOURNAL OF THE WORLD AQUACULTURE SOCIETY Vol. 25, No. 4 December. 1994.

Table 2. Comparison of sustainability indicators among protein production systems.

Livestock type and system type for food fish aquaculture species	Food conversion (kg feed/kg edible weight)	Whole carcass Protein Efficiency (%)	N Emissions (kg/tonne protein produced)	P Emissions (kg/tonne protein produced)	Land use (tonnes edible product/ha)	Consumptive freshwater use (m ³ /tonne)
Beef ^{*1}	31.7	5.0	1200.0	180	0.24-0.37	15497
Chicken ^{*1}	4.2	25.0	300.0	40.0	1.0-1.20	3918
Pork ^{*1}	10.7	13.0	800.0	120.0	0.83-1.10	4856
Finfish (average) ^{*1}	2.3	30.0	360.0	48.0	0.15-3.70	5000 ^{*2}
Bivalve molluscs ^{*1}	not fed	not fed	-27	-29	0.28-20.00	0
Large-scale lake cage culture farm	3.5	30.7	361.4	87.2	0.00	0 ^{*3}
Greenwater pond farm (+fertilizer + manure N)	2.4	23.3	526.4	143.3	4.06	2500 ^{*4}
SAFF-RAS tilapia farm	2.7	38.7	0.0	0.0	450-600	0.12-0.15 ^{*5}
SAFF-BFT tilapia farm	2.2	79.2	0.0	0.0	220-305	0.2 ^{*6}

Notes:

^{*1} Source data from Phillips, Beveridge, and Clarke 1991; FAO 2003; Hall et al. 2011; Bouman et al. 2013;

^{*2} Consumptive use is difficult to compare across the wide spectrum of aquaculture production systems. In the vast majority of cases, water outfalls from aquaculture are much cleaner and more easily recycled than for land animals.

^{*3} Feed conversion of 1.6 : 1 are being achieved by large scale lake cage aquaculture operations on Lake Kariba. N losses calculated from total N fed less total N fed divided by N recovery in fish at 16% protein using a protein constant of 6.25. P losses calculated from total P fed less total P recovered divided by the whole carcass protein content of tilapia.

^{*4} Feed conversion of 1.1 : 1 calculated on 30.1% protein feed (results from Diana et al. 1994) and an edible weight yield of 46.3% after El-Zaeem et al. 2012 determined for 125 to 185g tilapia. 51.7% of N inputs originated from fertilizers and 48.3% via formulated feed. P emissions as calculated for note ^{*3} above. Land use based upon 10.522 tonnes/ha water surface area and 20% of pond farm acreage comprising of levees, water supply and drainage channelling. Water use based upon draining at harvest and evaporative and seepage losses of 76.25% of volume losses per cycle.

^{*5} Feed conversion ratio of 1.27 : 1 in the SAFF-RAS on 32% protein feed. N and P losses calculated as for note ^{*3} above, although zero discharge is achieved via either an oxidation lagoon or nutrient recovery duckweed lagoon. Land use does not include nutrient recovery lagoons.

^{*6} Feed conversion ratio of 1 : 1 on 20.2% protein feed (= C/N ratio of 15.5 : 1 in the SAFF-BFT based upon Chambo Fisheries results). N and P losses calculated as for note ^{*3} above, although zero discharge is achieved via either an oxidation lagoon or nutrient recovery duckweed lagoon. Land use does not include nutrient recovery lagoons.

Production d'aliments spécialisée à la ferme

Les aliments, y compris des rations pour géniteurs, des aliments pour démarrage et des aliments à rapports C/N spéciaux, sont produits à la ferme, avec une unité de fabrication à bas coût de granulés humides qui produit des granulés denses qui coulent et dont la stabilité dans l'eau va de moyenne à faible. Les composantes principales de la provenderie de Chambo Fisheries sont un Moulin à marteaux, un broyeur-mélangeur, une granuleuse sous vapeur, un séchoir horizontal et des tamis pour la production des aliments de démarrage à la ferme.

Les aliments pour poissons de >5g sont tous sans protéine d'origine animale et sont fabriqués uniquement avec des tourteaux de graines d'oléagineuses, du maïs et des pré mélanges de vitamines et de minéraux. En plus de pré mélanges, des additifs comme le chlorure de choline, la vitamine C, le phosphate monocalcique, un acide organique, et de la mélasse utilisée comme liant nutritif et, surtout, l'utilisation d'absorbants de mycotoxine qui est obligatoire dans les conditions de la BFT au Malawi, à cause de la forte prévalence de l'aflatoxine et d'autres mycotoxines dans les maïs locaux.

De meilleurs résultats ont été obtenus un aliment de 20,2 pour cent de protéine qui fournit un rapport C/N d'environ 15,5 selon des modèles bioénergétiques d'alimentation mis au point par SAFF, où l'indice de conversion (IC) moyen est d'environ 1. Les intervalles de nourrissage étaient de quatre heures et le premier repas de la journée était de 50 pour cent de la ration journalière. Des tests effectués à l'aide de plateaux alimentation ont indiqué que tout l'aliment était consommé au bout de cinq minutes aux intervalles de nourrissage, pourcentage de repas de la ration journalière et de type d'aliment appliqués. La capacité de production d'aliments avec des formules personnalisées rend facile des ajustements à la formulation. Pendant le démarrage de la BFT, pendant les premiers 45-60 jours, aliments ont eu besoin d'enrichissement supplémentaire en vitamine C et parfois l'ajout de l'ail écrasé pour améliorer la réponse immunitaire chez les poissons jusqu'à ce que le biofloc devient mature.

Après trois mois de fonctionnement en continu, il est nécessaire de réduire les niveaux d'introduction de minéraux dans les bacs BFT, particulièrement de métaux tels que le cuivre, de fer et de manganèse comme ils ont tendance à s'accumuler et sont recyclés à travers le biofloc. Un modèle itératif d'homéostasie des métaux qui permet l'optimisation des aliments personnalisés pour BFT a été élaboré par SAFF à partir des données sur la réponse avec les systèmes actuels.

Bioénergétique et stratégie d'alimentation

Les aliments représentent souvent jusqu'à 55 à 65 pour cent des coûts de production à la ferme dans les systèmes d'élevage de tilapia classiques, tels que les élevages en eau verte dans les étangs, en cages dans les lacs et dans les systèmes d'aquaculture en eau recyclée (RAS). Chambo Fisheries a été en mesure d'atteindre systématiquement des IC moyens d'environ 1 avec des aliments de 20,2 pour cent de protéines (équivalent à un rapport C/N de 15,5) chez des tilapias du Mozambique et des Shiranus. Ces énormes différences dans les apports en protéines par les aliments formulés signifient que les poissons doivent avoir la possibilité de combler leurs besoins en protéines (entre 55 et 60 % de l'apport total de protéines) en les filtrant du biofloc. Ce n'est pas surprenant vu la grande efficacité de conversion du carbone d'environ 40 à 60 % en biomasse de cellules bactériennes hétérotrophes via la « boucle microbienne hétérotrophe » et la très courte voie trophique (faibles pertes d'énergie trophique) des systèmes d'aquaculture microbienne. Le chemin de base est C + N dissous → C + N dans la biomasse microbienne → C + N dans les organismes d'élevage.

Le tableau 1 présente l'avantage du tilapia élevé en biofloc à Chambo Fisheries, réalisant d'impressionnantes performances de 36,6% de Rétention Nette des Protéines (RNP) et de 20,9 % Rétention Net d'Energie (RNE) sur la base de rendements en chair comestible. A partir des résultats de Chambo Fisheries, les modèles bioénergétiques d'alimentation incluent la contribution des bioflocs consommés par des tilapias filtreurs, et qui peut aller de 20 à 25 pour cent des besoins en énergie digestible (ED) de poids vif de poisson. Les modèles bioénergétiques d'alimentation n'ont pas été appliqués correctement à l'élevage de tilapia en bacs de biofloc et les études sur l'optimisation du processus par la communauté mondiale de la recherche est nécessaire. Le travail réalisé à Chambo Fisheries par SAFF représente les premières tentatives pour optimiser des niveaux d'alimentation, en tenant compte de la contribution de la consommation de biofloc pour atteindre une partie des besoins quotidiens d'ED des poissons en élevage.

Pour le NPR, la production de tilapia en biofloc est plus de 100 pour cent plus efficace que la production de tilapia dans un système RAS et de 162 pour cent plus efficace que les cages dans les lacs (tableau 1). Ces résultats suggèrent que bien gérée, l'élevage de tilapia en bacs biofloc est potentiellement le mode le plus efficace d'engraissement en production animale, surperformant agneaux, poulets de chair, porcs et bœufs ainsi que les systèmes de grossissement en aquaculture de saumon atlantique en enclos et de tilapia sous les formes typiques de cages, d'étangs d'eau verte agriculture et de RAS en termes de récupération de protéines sur la base de rendement en chairs comestibles (tableau 1).

Du point de vue économique, les résultats de Chambo Fisheries représente une économie de 50 pour cent du coût de l'alimentation par rapport à l'alimentation des poissons en RAS avec des aliments classiques de 32 pour cent de protéine. Les mérites de la BFT comprennent une réduction significative du coût final de production de tilapia à environ 1,30\$/kg (environ 17,70R/kg) au Malawi en 2016. Une étude économique approfondie basée sur les données recueillies à Chambo Fisheries montre que les fermes BFT sont en mesure de produire du tilapia à un coût d'environ 60% moins que les cages à grande échelle, 34% inférieur aux RAS et de 8,5 % de moins que l'élevage en étangs d'eau verte, en supposant que toutes les fermes sont situées dans ou près de Lac Malawi.

Efficiences de l'utilisation de l'eau

Un autre grand avantage de la BFT est la réduction massive des besoins en par rapport aux systèmes classiques d'élevage de tilapia. Chambo Fisheries utilise actuellement autour de 150 litres d'eau pour produire 1kg de poisson, qui se compare bien à l'élevage en étang d'eau verte qui utilise entre 2500 et 5000 litres/kg de poisson. Les forts rendements de la production annuelle de poissons en bacs par unité de surface et l'utilisation réduite volume d'eau avec la BFT ouvre de grandes perspectives pour des applications en serres sur les hauts plateaux de l'Afrique et à la périphérie des grandes villes, réduisant la logistique du transport vers les marchés urbains. Les résultats obtenus par Chambo Fisheries montrent clairement le mérite de la BFT comme une alternative technologie compétitive et durable de production intensive de tilapia à faible coût.

Durabilité environnementale

Le tilapia produit avec la BFT et les fermes RAS, particulièrement lorsqu'ils ont une composante aquaponique, avec ou sans lagunes de récupération des nutriments avec de la lentille d'eau (*Lemna spp.*), conçus pour avoir zéro effluent, représentent des exemples de Bonnes Pratiques de Gestion (BPG) de l'environnement. Les rejets de matières organiques solides et de nutriments dissous d'azote et de phosphore directement dans des eaux de surface peuvent être éliminés dans les fermes BFT et RAS ; ce qui les rend meilleurs comparaison avec des opérations d'élevage en cages qui se caractérisent par d'importants rejets de N et P et de matières solides dans des écosystèmes de lacs sensibles comme le Lac Malawi.

Quatre technologies de grossissement de tilapia sélectionnés ont été comparés (tableau 2) sur la base des indicateurs de développement durable suivants :

- Taux de conversion alimentaire (kg aliment/kg poids comestible),
- Rendement carcasse entière en protéine (%),
- Rejet d'azote (protéine kg/t produit),
- Rejet de phosphore (protéine kg/t produit),
- Utilisation des terres (T comestible produit/ha),
- Consommation d'eau douce (m³/t).

Par ces mesures, le système SAFF-BFT fonctionne mieux, suivi par le SAFF-RAS. L'élevage en étang d'eau verte a mauvaise entrée : mauvais rapport des rejets d'azote et de phosphore, probablement causée par de fortes pertes d'azote par volatilisation et dénitrification dans l'atmosphère et par des pertes de P qui sédimentent, bien qu'il soit une technologie de production à bas prix. De toute évidence, le modèle d'élevage en cage dans les lacs représente une forme relativement moins durable de production intensive de tilapia (tableau 2), où aucune opportunité n'existe pour récupérer ni les éléments nutritifs dissous ou contenus dans les matières fécales ni les rejets de matières organiques qui peuvent surcharger l'environnement benthique à proximité des écosystèmes lacustres.

L'avenir du SAFF et de la Chambo Fisheries

La BFT est prometteur pour révolutionner l'industrie aquacole de tilapia et de crevettes dans le monde. Certains éminents scientifiques croient qu'exploiter le flux des microbes pour nourrir les poissons représente la prochaine révolution dans la production alimentaire. Chambo Fisheries vise à étendre ses opérations dans les régions plus chaudes du Malawi et au niveau international en utilisant les mêmes modèles de conception, avec des améliorations mineures (une deuxième génération du système BFT), fournis par SAFF, grâce aux succès techniques obtenus sur site moins qu'idéal de la banlieue de Blantyre, au Malawi.

SAFF a déplacé ses opérations des pays du Moyen-Orient et d'Afrique subsaharienne afin mettre l'accent sur l'Afrique du Sud pour appuyer diverses initiatives, y compris les fermes BFT avec composantes aquaponique et des fermes RAS de mariculture basé sur des composantes multitrophiques terrestres de plusieurs espèces de poissons de grande valeur sur la côte sud-est du Cap et de saumon de l'Atlantique sur la Côte Ouest du Cap.