



Conditions écologiques de production de fingerlings de *Oreochromis niloticus* (Linné, 1758) en association avec le riz WITA 12 en étang.

AVIT Jean-Baptiste Louis François¹, BONY Kotchi Yves^{2*}, KOUASSI N'Gouan Cyrille¹, KONAN Koffi Félix², ASSEMIAN Olga¹, ALLOUKO Jean Renaud¹⁻².

¹ Station de Recherche en Pisciculture, Centre National de Recherche Agronomique, 08 BP 33 Abidjan 08, Côte d'Ivoire ;

² UPR de Biologie et de Physiologie Animale, Unité Régionale d'Enseignement Supérieure de Daloa, BP 150 Daloa Côte d'Ivoire.

*Auteur correspondant e-mail : bony.uresdedaloa@gmail.com

Original submitted in on 16th March 2012. Published online at www.m.elewa.org on 30th November 2012.

RESUME

Objectif : La rizipisciculture est un système adapté aux populations rurales pauvres, pour sa contribution à la sécurité alimentaire, la génération de revenus et l'alimentation des paysans. Dans cette étude, les paramètres environnementaux susceptibles d'influencer la production de fingerlings de *Oreochromis niloticus* en association avec le riz ont été caractérisés afin d'améliorer cette pratique culturale en Côte d'Ivoire.

Méthodologie et résultats : l'expérience a été effectuée de juillet à novembre 2010 sur 32 000 larves de *Oreochromis niloticus* ($1,28 \pm 0,19$ g ; 20 poissons / m²) et 19 200 plantules de *Oriza sativa* WITA 12 repiquées avec un espacement de 20 cm². Les paramètres physiques de l'eau sont sensiblement égaux dans tous les traitements, excepté l'oxygène dissous avec des valeurs plus élevées dans les étangs en pisciculture. Les teneurs en nitrate et orthophosphates sont plus élevées en pisciculture, tandis que le milieu de rizipisciculture présente les teneurs en nitrite les plus faibles et le milieu de riziculture a la concentration la plus élevée en ammonium. Les paramètres de croissance du poisson et le rendement du riz sont légèrement plus élevés dans le milieu de rizipisciculture, cependant cette différence n'est pas significative.

Conclusion et application : Ce travail montre qu'il est possible de produire des fingerlings de *O. niloticus* en rizipisciculture avec une meilleure compréhension de son environnement écologique afin d'améliorer sa contribution à la sécurité alimentaire.

Mots clés : Environnement écologique ; *Oreochromis niloticus* ; Production de Fingerling ; Rizipisciculture ; étang ; Côte d'Ivoire.

ABSTRACT

Ecological conditions for the production fingerlings of *Oreochromis niloticus* (Linné, 1758) in association with the rice WITA 12 ponds.

Objective: Rice-Fish culture is a suitable system for rural poor people because of its contribution to food security, income generation and better nutrition for the farmer. In this study, the environmental parameters of the *O. niloticus* fingerlings production in association with rice production were investigated in Ivory Coast.

Methodology and results: The experiment was carried from July to November 2010 with 32 000 larva of *Oreochromis niloticus* (1.28 ± 0.19 g ; 20 fish / m²) and 19 200 rice seedlings (*Oriza sativa*, WITA 12) transplanted at 20 cm x 20 cm spacing. Water physical parameters were equal in all treatment groups except dissolved oxygen, which had the highest values in fish only ponds. Nitrate and orthophosphate was higher in the fish ponds, while nitrite presence was low value in rice-fish treatment and the highest value of ammonia was recorded in rice only control. Growth and yield was the highest in the rice-fish treatment, but the differences were not statistically significant ($p \geq 0,5$).

Conclusion and application of results: This work shows that the production of fingerlings of *O. niloticus* is possible in rice ponds giving a better comprehension of rice-fish culture ecological environment in order to improve contribution to food security.

Key words : Ecological environment ; *Oreochromis niloticus* ; Fingerling production ; Rice-fish culture ; Pond ; Côte d'Ivoire.

INTRODUCTION

Le poisson et le riz font partie des aliments les plus consommés en Afrique de l'ouest (Aerni, 2001). Le poisson constitue la première source de protéines animales pour les populations ivoiriennes avec une contribution d'environ 15 kg/habitant/an (FAO, 2009). Cependant, la production nationale estimée à 70.000 tonnes (dont 1,57 % provient de l'aquaculture), reste insuffisante et couvre à peine 23 % des besoins compensés par des importations massives de poissons congelés. Quant au riz, il est devenu l'aliment de base en Côte d'Ivoire (58 kg/habitant/an) et la production nationale ne couvre que 50 % des besoins, soit 700.000 tonnes de riz blanchi en 2007 (MINAGRI, 2009). La faible contribution de l'aquaculture dans la couverture des besoins nationaux en poisson est imputable aux coûts de production trop élevés pour les pisciculteurs, à un déficit de connaissance des différentes phases de développement des espèces élevées et à une insuffisance de la vulgarisation des techniques culturales. Selon Siddhuraju & Becker (2003), la contrainte majeure à l'émergence de la pisciculture dans les pays en développement, est le coût de l'aliment qui selon Slembrouck *et al.* (1991) et Gourène *et al.* (2002), représente environ 50 % du coût de production du poisson d'élevage. Ainsi, la mise au point d'une politique de production peu onéreuse du poisson en milieux contrôlés et semi-contrôlés avec une optimisation de l'utilisation des ressources naturelles est l'un des soucis majeurs. Dans cette

situation, l'association riz-poisson en rizipisciculture est une alternative intéressante. Selon Hem *et al.* (2008), l'association riz-poisson augure de bonnes relations symbiotiques dans lesquelles ils tirent des ressources nécessaires à leur croissance remarquable, et présente des conditions favorables pour une forte production d'alevins. Cependant, en Côte d'Ivoire les rizipisciculture ne pratiquent pas le prégrossissement, ce qui augmente le coût de production. Cette situation entraîne aussi une absence de données sur ce stade de développement du tilapia le plus utilisé *Oreochromis niloticus* et son écologie en milieu rizipiscicole. Ce travail a pour objectif global l'amélioration de la pratique de la rizipisciculture en Côte d'Ivoire. La mise en place de techniques améliorées en vue du développement de la rizipisciculture en milieu rural passe par une connaissance parfaite des potentialités intrinsèques des espèces utilisées et des paramètres susceptibles d'influencer leurs différents stades de développement dans ce milieu. Ce travail a été consacré à l'étude du prégrossissement de *Oreochromis niloticus* en étang de rizipisciculture. Il s'est agit de caractériser l'environnement biotique physique et chimique des milieux, de déterminer les performances zootechniques du prégrossissement de *O. niloticus* en rizipisciculture et d'évaluer les rendements du riz en milieu rizipiscicole.

MATERIEL ET METHODES

Matériel biologique. L'essai a été réalisé avec 32000 larves de *Oreochromis niloticus* avec un poids moyen de $1,28 \pm 0,19$ g, reproduits à la Station de Recherche en Pisciculture du CNRA à Bouaké. Le matériel végétal était composé de 19200 plantules de la variété *Oryza sativa* WITA 12 issues d'une pépinière réalisée sur la même station.

Matériel technique. Le matériel technique est composé des structures d'élevage (7 étangs piscicoles de 400 m² chacun construits en dérivation), d'un rouleau de fil nylon, des piquets (en bambou) pour repérer les quadras, d'un décimètre (0.001 m près) et d'un ichtyomètre (0.001 m près) pour mesurer respectivement les hauteurs des pieds de riz et les tailles des poissons et d'une balance électronique portable de marque Sartorius (0.01 g) pour la pesé du poisson et du riz. Les paramètres physiques et chimiques de l'eau (pH, oxygène dissous, température de l'eau, conductivité) ont été mesurés à l'aide d'un Multiparamètre de marque Multi-WTW 340i (Model TetraCon 325-6) muni de trois sondes (une sonde à pH pour la mesure de la température et du pH, une sonde

à oxygène pour déterminer la teneur en oxygène dissous et une sonde à conductivité qui a permis de mesurer la conductivité). Par ailleurs, un Turbidimètre électronique de marque AQUALYTIC a été utilisé pour le relevé de la turbidité moyenne. Des bouteilles en polyéthylène de 0,5 litre nous ont permis de collecter l'eau des étangs pour le dosage des ions nitrite (NO₂⁻), nitrate (NO₃⁻), ammonium (NH₄⁺) et orthophosphate (PO₄³⁻). Un filet à plancton de type Apstein (40 µm de vide de maille) à été utilisé pour échantillonner le plancton animal et végétal. Une passoire emmanchée (20 cm de diamètre et 1 mm de vide de maille) a servi à récolter les macroinvertébrés benthiques. Un microscope à chambre claire de marque OLYMPUS a servi pour l'observation et la mensuration des taxons phytoplanctoniques et zooplanctoniques. Un appareil photo numérique de marque KODACK Easyshare C1013 (10.3 mégapixels) nous a permis de photographier les taxons observés. Enfin, l'observation des macroinvertébrés a été faite sous une loupe binoculaire de marque OLYMPUS SZ30.

METHODES.

Mise en place de l'essai : La mise en place de l'essai a débuté le 15 juillet 2010 par la pépinière de riz qui a duré 15 jours dans l'étang E0 suivi du repiquage selon

l'itinéraire technique (Figure 1). Les traitements ont été testés de façon aléatoire d'aout à novembre 2010 en deux répétitions dans six étangs (Figure 2).



Figure 1 : Opérations de la mise en place d'un étang de rizipisciculture. a) Planche de la pépinière ; b) Pieds repiqués ; c) Mise en eau progressive.

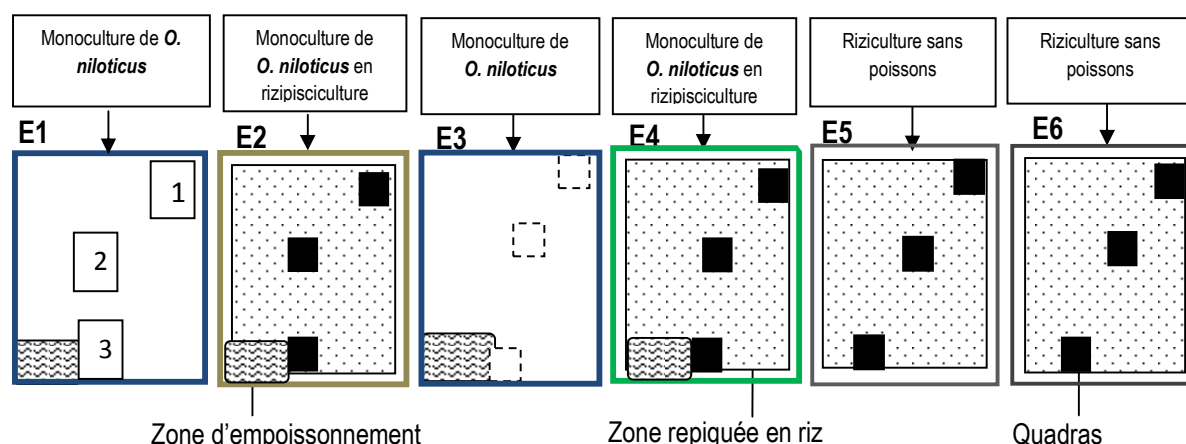


Figure 2 : Schémas du dispositif expérimental. (1) entrée d'eau, (2) milieu de l'étang et (3) moine.

E2 et E4 ont été utilisés pour l'association *O. niloticus* (densité 20 poissons/m² soit 8000 larves de poids moyen 1,28 ± 0,19 g dans chaque étang ; Tableau 1) et WITA 12 (1 pied chaque 20 cm² soit 4800 plantules par étang). L'empoissonnement a eu lieu 1 mois après le repiquage du riz après une remontée progressive du niveau d'eau en fonction de la taille du riz. E1 et E3 ont servi pour le témoin *O. niloticus* en pisciculture (densité 20 poissons/m² soit 8000 larves de poids moyen 1,25 ±

0,29g dans chaque étang ; Tableau 1), la mise en charge des poissons s'est effectuée au même moment que ceux des étangs en rizipisciculture. Les étangs E5 et E6 ont été ensemencés avec le WITA 12 comme témoin pour la riziculture (1 pied chaque 20 cm soit 4800 plantules par étang), le repiquage du riz a été fait en même temps que celui des étangs en rizipisciculture.

Tableau 1: Mise en charge des étangs en monoculture avec *O. niloticus*.

N° Étang	Technique	Nombre de poissons	Poids moyen initial (g)	
			Biomasse (g)	
E1	Pisciculture	8000	9760	1,22
E2	Rizipisciculture	8000	10080	1,26
E3	Pisciculture	8000	10240	1,28
E4	Rizipisciculture	8000	10160	1,27

Collecte des données

Paramètres physiques et chimiques de l'eau : Les mesures des paramètres physiques et chimiques de l'eau (turbidité moyenne, pH, température, oxygène dissous et conductivité) ont été faites *in situ* à un rythme bimensuel entre 06 heures 30 minutes et 08 heures du matin dans chaque étang. Par ailleurs, des échantillons d'eau ont été prélevés dans des bouteilles en polyéthylène et conservés à une température en dessous de 4°C. La détermination de la concentration en azote inorganique dissous [nitrite (NO₂⁻), nitrate (NO₃⁻), ammonium (NH₄⁺)] et orthophosphate (PO₄³⁻) dissous a été effectuée selon la méthode standard AFNOR 93 (spectrophotométrie). Pour ces ions, seulement deux prélèvements ont été analysés (3^{ème} et 5^{ème} quinzaine).

Paramètres biotiques : L'échantillonnage des paramètres biotiques a été fait à un rythme bimensuel et a porté sur les poissons, le riz, le phytoplancton, le zooplancton et les macros invertébrés benthiques. Le plancton (végétal et animal) a été récolté par filtrage de trente (30) litres d'eau dans le filet à plancton. Les échantillons de 25 ml chacun ont été étiquetés et conservés dans des piluliers avec des gouttes de formaldéhyde. Des montages entre lame et lamelle ont été faits pour l'observation du zooplancton (au grossissement 400) et du phytoplancton (au grossissement 100). L'identification du phytoplancton a été effectuée à l'aide d'ouvrages spécialisés de Bourelly (1966), Compère (1974, 1975) et Anagnostidis & Komarck (2002). Pour le zooplancton, l'identification a été faite à l'aide des ouvrages de Pourriot et al. (1982) et Sendacz & Kubo (1982). Les

macroinvertébrés benthiques ont été récoltés par un passage de la passoire emmanchée à l'aveuglette dans l'eau, parmi les herbes en bordure et sur le fond par ramassage du sédiment. Les différents échantillons ont été étiquetés et transportés au laboratoire. Les ouvrages de Brown (1994) et Bony (2008) ont permis d'identifier les mollusques, ceux de De Moor *et al.* Volume 7 & 8 (2003) ont été utilisés pour les insectes. Les poids moyens initiaux et finaux des poissons ont été déterminés, leurs longueurs standards et leurs poids moyens ont aussi été déterminés respectivement au centimètre et au gramme près. Au niveau du riz, trois quadras de 1m² (à l'entrée d'eau, au milieu et au moine) ont été définis dans chaque étang (Figure 2). Ce sont la hauteur maximale des talles (mm), le nombre de poquets/m², le nombre de pieds levés/m², et la hauteur d'eau qui ont été pris en compte dans chaque quadras. Les données concernant le rendement de paddy ont été relevées à la récolte du riz.

Analyse des données.

Données relatives aux poissons.

Gain de masse corporelle : Appelé couramment gain de poids moyen (GPM), ce paramètre permet d'évaluer la croissance pondérale des poissons pendant un temps donné. Il est calculé à partir de la formule suivante selon (Watanabé, 1996) : GPM (g) = Poids moyen final (g) - Poids moyen initial (g).

Taux de croissance spécifique (TCS) : Ce coefficient permet d'évaluer le poids gagné par le poisson chaque jour en pourcentage de son poids vif. Selon Watanabé (1996), le TCS est calculé à partir de la formule suivante :

TCS (%)

$$= \frac{[\ln(\text{poids moyen final}) - \ln(\text{poids moyen initial})] \times 100}{\text{Durée d'élevage (j)}}$$

Croissance relative (relation taille-poids) : Une relation d'allométrie de type $W = aL^b$ lie le poids d'un poisson à sa longueur. Dans cette équation, W est le poids du poisson (g), L est la longueur standard du poisson (cm), a est une constante et b est le coefficient d'allométrie (entre le poids et la longueur) qui varie de 2 à 4 selon Layachi *et al.* (2007). Par ailleurs, les paramètres a et b donnent des informations sur les variations pondérales d'un individu par rapport à sa taille et peuvent à ce titre être comparés entre deux ou plusieurs populations vivant dans des conditions écologiques similaires ou différentes. Si $b = 3$, la

croissance est dite isométrique, c'est-à-dire que le poids croît proportionnellement au cube de la longueur, si $b < 3$, la croissance est dite allométrique minorante, c'est-à-dire que W croît moins vite que le cube de la longueur et si $b > 3$, la croissance est dite allométrique majorante, c'est à dire que W croît plus vite que le cube de la longueur. Les valeurs de a et b s'obtiennent en transformant la fonction exponentielle ci-dessus en fonction linéaire de type : $\ln W = \ln a + b \ln L$ (Le Tourneur *et al.*, 1998).

Facteur de condition : Le facteur de condition K est le rapport $K = W/L^3$ où W est le poids en gramme et L est la longueur standard (cm). Il donne une bonne idée de l'embonpoint du poisson, c'est-à-dire l'importance relative de la masse corporelle par rapport à sa longueur. Il constitue donc un bon indice pour la caractérisation de l'état physiologique et nutritionnel du poisson.

Taux de survie : Le taux de survie est calculé à partir du nombre total de poissons à la fin de l'expérience et de l'effectif en début d'élevage, selon la relation ci-dessous :

Taux de survie (%) = nombre total de poissons final * 100 / nombre total de poissons initial.

Taux de féminité : A la fin de l'expérience, on a procédé au sexage des poissons à l'œil nu. Les individus difficiles à sexer ont été considérés comme des femelles. Le taux de féminité est donné selon Ould (2005) par la relation suivante :

Taux de féminité = Nombre de femelles / (nombre de mâles + nombre de femelles).

Données relatives au riz. : Au niveau du riz, ce sont les hauteurs (maximale et moyenne) des pieds de riz par quadras, le nombre de poquets et de pieds levés. Le rendement du riz a été calculé en rapportant la biomasse sèche produite des étangs à l'hectare. Rendement du riz = Production séchée (kg) / surface.

Données relatives aux planctons et aux macros invertébrés benthiques. : Pour une étude plus fine de la composition, de la structure et de la dynamique spatio-temporelle des peuplements nous avons calculé les paramètres suivants:

Richesse en catégorie d'organismes qui permet de connaître le nombre de taxons présents à un moment donné dans un milieu ;

Pourcentage d'occurrence (F) qui renseigne sur la préférence d'une espèce donnée à un type d'habitat donné. Il consiste à compter le nombre de fois que l'espèce i apparaît dans les captures. Ce nombre est exprimé en pourcentage du nombre total de relevés et renseigne sur les espèces fréquemment rencontrées

dans le milieu sans aucune indication sur l'importance quantitative des espèces rencontrées (Gray et al., 1997 et Paugy & Lévêque, 1999). Il se calcule comme suit :

$$F = F_i / F_t \times 100.$$

avec

F_i = nombre de relevés contenant l'espèce i et

F_t = nombre total de relevés effectués.

En fonction de la valeur de F , trois groupes d'espèces sont distingués : espèces constantes ($F > 50\%$), espèces accessoires ($25\% < F < 50\%$) et espèces accidentelles ($F < 25\%$).

La hauteur maximale de l'eau des étangs a aussi été mesurée.

Traitement et Analyse statistique des données.

Les données recueillies ont été traitées à l'aide des logiciels statistiques XLSTAT 7.5.2 sous Excel (Microsoft Office 2007) et STATISTICA 7.1.

Le test de Shapiro-Wilk a permis de tester la normalité des différents paramètres mesurés. Pour les grands échantillons (>30), la comparaison des moyennes a été faite avec le test t de Student au seuil de signification $p = 0,05$. Les tests non paramétriques de Kruskal-Wallis (comparaisons multiples) et de Mann-Whitney (comparaison de deux échantillons) ont été effectués pour les différentes comparaisons lorsque les paramètres ne suivaient pas une loi normale. Le taux de féminité et la distribution des organismes biotiques ont été comparés entre les milieux par le test de χ^2 ($p = 0,05$).

Des boîtes à moustaches ou "boxplot" ont permis de présenter les variations des différents descripteurs abiotiques et biotiques.

RESULTATS

Paramètres physiques de l'eau : Le test de Kruskal-Wallis montre qu'il n'existe pas de différence significative ($p \geq 0,05$) entre les valeurs de la température, du pH, de la conductivité et de la turbidité de l'eau mesurées entre les répétitions et dans les

différents milieux de l'expérimentation (tableau 2). Cependant, on note une différence significative entre les teneurs en oxygène dissous de l'eau des étangs en pisciculture plus oxygénée que celles des autres étangs (rizipisciculture et riziculture).

Tableau 2 : Récapitulatif des paramètres physico-chimiques par milieu de culture. Les valeurs moyennes des colonnes portant les mêmes exposants (a, b) ne sont pas significativement différentes au seuil de $\alpha = 0,05$ (test de Kruskal-Wallis, Mann-Whitney).

Milieux	pH	Oxygène dissous (mg/l)	Conductivité ($\mu\text{S/cm}$)	Température ($^{\circ}\text{C}$)	Turbidité moyenne (UTN)
Pisciculture	6,7 ± 0,2 ^a	4,74 ± 0,99 ^a	238,5 ± 11,20 ^a	26,6 ± 0,44 ^a	22,25 ± 2,96 ^a
Rizipisciculture	6,7 ± 0,1 ^a	3,06 ± 0,67 ^b	241,4 ± 12,85 ^a	26,2 ± 0,52 ^a	20,01 ± 5,24 ^a
Riziculture	6,6 ± 0,1 ^a	3,00 ± 0,26 ^b	247,3 ± 15,18 ^a	25,9 ± 0,74 ^a	18,37 ± 4,46 ^a

Éléments nutritifs : Les concentrations des composés nutritifs de l'eau dans les différents traitements sont données dans le tableau 3. Les teneurs en NO_3^- et PO_4^{3-} sont plus élevées en pisciculture que dans les deux autres traitements. Les milieux de la pisciculture

et de la riziculture ont des teneurs en NO_2^- plus élevées ($5,33 \pm 1,92 \mu\text{g/l}$) que celui du milieu de la rizipisciculture ($1,33 \pm 0,51 \mu\text{g/l}$). Pour les ions NH_4^+ , c'est le milieu de la riziculture qui a la concentration la plus élevée ($129,05 \pm 72,06 \mu\text{g/l}$).

Tableau3 : Concentrations des composés nutritifs par milieu de culture. Les valeurs des colonnes portant les mêmes exposants (a, b) ne sont pas significativement différentes (test de Mann-Whitney, $\alpha= 0,05$).

Milieux	Moyenne des composés nutritifs ($\mu\text{g/l}$)			
	NO_3^-	NO_2^-	NH_4^+	PO_4^{3-}
Pisciculture	26,83 \pm 1,28 ^b	5,33 \pm 2,99 ^a	103,6 \pm 28,14 ^a	0,75 \pm 0,74 ^b
Rizipisciculture	20,91 \pm 8,12 ^a	1,33 \pm 0,51 ^b	95,70 \pm 4,78 ^a	0,29 \pm 0,07 ^a
Riziculture	20,96 \pm 9,88 ^a	5,33 \pm 1,92 ^a	129,05 \pm 72,96 ^b	0,17 \pm 0,08 ^a

Macroinvertébrés benthiques : Les macroinvertébrés des étangs sont constitués essentiellement de mollusques aquatiques (6 espèces appartenant à 4 familles) et des insectes (appartenant à 7 ordres). Les pourcentages d'occurrences des macroinvertébrés à l'issue des différents échantillonnages dans les étangs

sont donnés dans le tableau 4. Il y a une apparition constante des mollusques *Melanoïdes tuberculata*, *Biomphalaria pfeifferi*, *Lymnaea natalensis*, et des insectes appartenant aux ordres des Odonates et des Hétéroptères dans tous les milieux.

Tableau4 : Occurrences des macroinvertébrés.

Milieux	Occurrences des macroinvertébrés												
	meb	bip	pia	lyn	bug	buf	col	dip	odo	eph	het	meg	ple
Pisciculture	++	++	++	++	±	-	-	-	++	+	++	+	-
Rizipisciculture	++	++	+	++	+	±	±	±	++	±	++	±	-
Riziculture	++	++	-	++	-	±	-	±	++	+	++	±	+

Legend : Absence (-) ; Accidentelle (±) ; Accessoire (+) et constantes (++) . met: *melanoïdes tuberculata*, bip : *Biomphalaria pfeifferi*, pia: *Pila africana*, lyn : *Lymnaea natalensis*, bug : *Bulinus globosus*, buf : *Bulinus forskalii*, col : Coléoptères, dip : Diptères, odo : Odonates, eph : Ephéméroptères, het : Hétéroptères, meg : Mégaloptères, ple : Plécoptères.

Tandis que les Diptères et *Bulinus forskalii* sont absents en milieu de pisciculture et apparaissent de façon accidentelle dans les deux autres milieux. *Pila africana* et *Bulinus globosus* sont absents des milieux rizicoles et apparaissent comme des espèces accessoires en milieu de rizipisciculture. Les Plécoptères sont des taxons accessoires en milieu rizicole, pendant que les Coléoptères apparaissent de façon accidentelle en milieu rizipiscicole. Les Ephéméroptères et les Mégaloptères apparaissent comme accessoires en milieux piscicole et rizicole et accidentelles en milieu rizipiscicole.

Plancton : Le phytoplancton est composé de Chlorophytes (7 genres), d'Euglénophytes (4 genres), de Cyanobactéries (7 genres), et de Diatomées. Le zooplancton quant à lui est composé de Cladocères, de Copépodes et de Rotifères. Au niveau des occurrences des taxons planctoniques (Tableau 5), il ressort que les Chlorophytes apparaissent de façon accidentelle dans tous les milieux à l'exception des *Scenedesmus* qui apparaissent constamment dans les milieux piscicole et rizipiscicole.

Tableau 5 : Pourcentages d'occurrences des différents taxons du plancton aquatique.

Taxons	Pisciculture	Rizipisciculture	Riziculture
<i>Micrasterias</i>	-	-	+
<i>Pleurotaenium</i>	±	-	-
<i>Cosmarium</i>	±	±	-
<i>Pediastrum</i>	++	-	±
<i>Scenedesmus</i>	++	++	+
<i>Spirogyra</i>	-	±	±
<i>Tetraedron</i>	±	±	±

Euglenophytes	<i>Phacus</i>	++	++	++
	<i>Euglena</i>	++	-	±
	<i>Strombomonas</i>	+	+	-
	<i>Trachelomonas</i>	+	+	±
Cyanobactéries (cyanoschizophytes)	<i>Chrocooccus</i>	+	+	±
	<i>Coelospharium</i>	±	±	±
	<i>Cyanosarcina</i>	±	±	+
	<i>Merismopodia</i>	++	±	±
	<i>Microcystis</i>	+	+	+
	<i>Oxillatoria</i>	-	±	-
Bacillariophytes	<i>Pseudanabaena</i>	+	+	-
	Diatomées	++	++	++
Zooplanctons	Cladocères	+	+	+
	Copépodes	++	+	++
	Rotifères	++	+	++

Absence (-) ; Accidentelle (±) ; Accessoire (+) et constantes (++)

Les Euglénophytes constituent un groupe accessoire à l'exception des *Phacus* qui sont presque constantes dans tous les milieux. Les Cyanobactéries comme les *Coelospharium*, *Cyanosarcina* et *Oxillatoria* figurent de façon accidentelle dans tous les milieux alors que les *Chrocooccus*, *Pseudanabaena* et *Microcystis* sont des taxons accidentels seulement en milieux piscicole et rizipiscicole. Il y a une absence totale des *Micrasterias*, *Pleurotaenium*, *Pediastrum* et *Euglena* dans le milieu rizipiscicole. Les Diatomées sont présentes de façon constante dans tous les milieux. Les Copépodes et les Rotifères sont apparus comme des groupes constants dans les milieux de pisciculture et de riziculture alors

qu'ils sont accessoires en milieu rizipiscicole. Les Cladocères sont accessoires dans tous les milieux.

Richesse en organismes biotiques : La figure 3 représente la richesse en taxon par milieu de culture. Il y'a un plus grand nombre de phytoplanctons et de mollusques respectivement en milieux de pisciculture et de rizipisciculture, et les insectes sont plus nombreux dans les milieux de riziculture. Cependant, le test de χ^2 ($p \geq 0,96$) montre qu'il n'existe pas de différence significative entre les nombres de taxons observés au niveau des différentes catégories d'éléments biotiques d'un milieu à un autre.

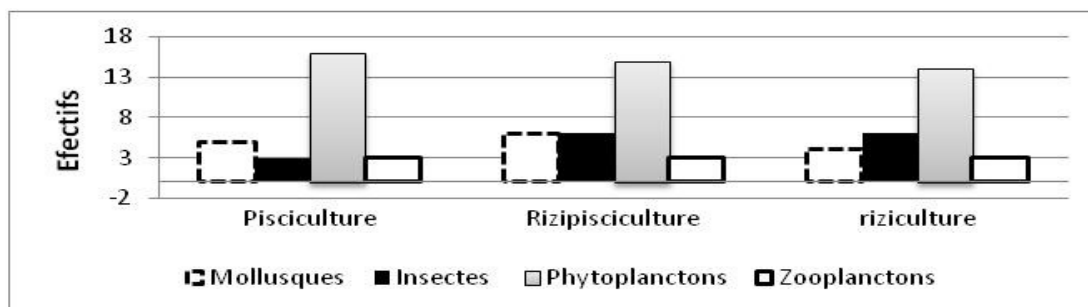


Figure 3 : Richesse relatives en groupes d'organismes par milieu de culture.

Paramètres zootechniques.

Paramètres de croissance des poissons. : Les valeurs des différents paramètres de croissance en milieu de rizipisciculture sont légèrement plus élevées par rapport à celles de la pisciculture (tableau 6). Ainsi, on a un taux de survie qui est de $65,99 \pm 15,57$ en rizipisciculture et $65,02 \pm 4,71$ en pisciculture. Le taux de croissance spécifique est de $0,67 \pm 0,23 \text{ \%} \cdot \text{j}^{-1}$ avec

un Gain de Poids Moyen de $11,19 \pm 0,41\text{g}$ pour la rizipisciculture contre $0,64 \pm 0,06 \text{ \%} \cdot \text{j}^{-1}$ et un GPM plus homogène de $11,04 \pm 0,05\text{g}$ pour la pisciculture. Cependant, les différences observées ne sont pas significatives ($\alpha = 0,05$, test t de Student). L'allométrie des poissons au niveau de tous les milieux est bien corrélée ($0,91$ à $0,98$) et varie de $2,79 \pm 0,23$ à $2,84 \pm 0,14$.

Tableau 6 : Récapitulatif des valeurs moyennes des paramètres de croissance.

Paramètres	Milieux	
	Pisciculture	Rizipisciculture
Survie (%)	65,02 ± 4,71	65,99 ± 15,57
GPM (g)	11,04 ± 0,05	11,19 ± 0,41
TCS (% /j ⁻¹)	0,64 ± 0,06	0,67 ± 0,23
Longueur standard Ls (cm)	6,13 ± 0,05	6,10 ± 0,12
Poids moyens par fingerlings (g)	13,45 ± 0,26	15,44 ± 0,21
Facteur de condition K	0,04 ± 0,002	0,05 ± 0,002
Coefficient d'allométrie	2,84 ± 0,14	2,79 ± 0,23

Taux de féminité. : Les résultats obtenus après le sexage des fingerlings sont consignés dans le tableau 7. Le taux de féminité n'était pas significativement différent d'un milieu à un autre (test de Khi², $\alpha \geq 0,005$). Par ailleurs, le poids moyen des poissons est supérieur

en rizipisciculture qu'en pisciculture notamment au niveau des mâles (18,37±1,44g contre 15,14±1,17g). Aucune corrélation significative n'existe entre les milieux et les poids moyens selon le test de Khi² ($\alpha = 0,05$).

Tableau 7 : Taux de féminité et poids moyens après sexage des fingerlings.

Milieux	Taux (%)		Poids moyens (g)	
	mâles	féelles	mâles	Femelles
Pisciculture	20,18 ± 8,88	79,82 ± 8,88	15,14± 1,17	11,73±0,88
Rizipisciculture	16,60 ± 0,85	83,40 ± 0,85	18,37±1,44	12,52±1,58

Paramètres de croissance du riz.

Evolution des hauteurs des plants du riz : On note dans les deux traitements que les tailles des plants de riz situés au près des moines sont plus grandes (Figure 4). En rizipisciculture, la croissance des pieds de riz à l'entrée d'eau est plus lente que ceux du milieu de l'étang ($p \geq 0,0174$). Contrairement à la riziculture où il n'y a pas de différence significative entre les hauteurs des pieds à l'entrée d'eau et au moine ($p = 0,9168$), qui

présentent une croissance rapide par rapport à ceux du milieu de l'étang ($p \geq ,0472$). Dans un même étang, on note que le nombre de pieds fertiles et le nombre de poquets/m² situés au milieu sont inférieurs à ceux à l'entrée d'eau et au moine (figure 5). Le rapport entre le niveau de l'eau et la hauteur des plants est supérieur à 1/5 pour tous les carrés à l'exception des quadras situés à l'entrée d'eau.

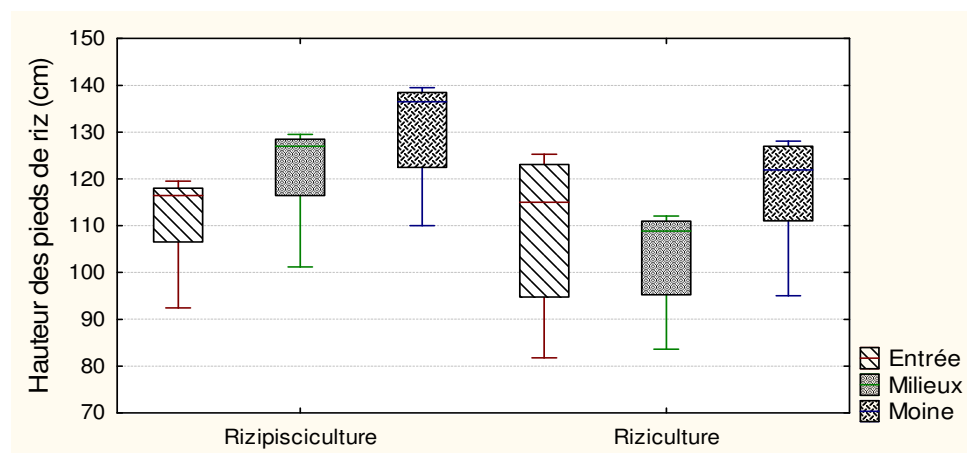


Figure 4: Variation des hauteurs des pieds de riz au niveau des quadras.

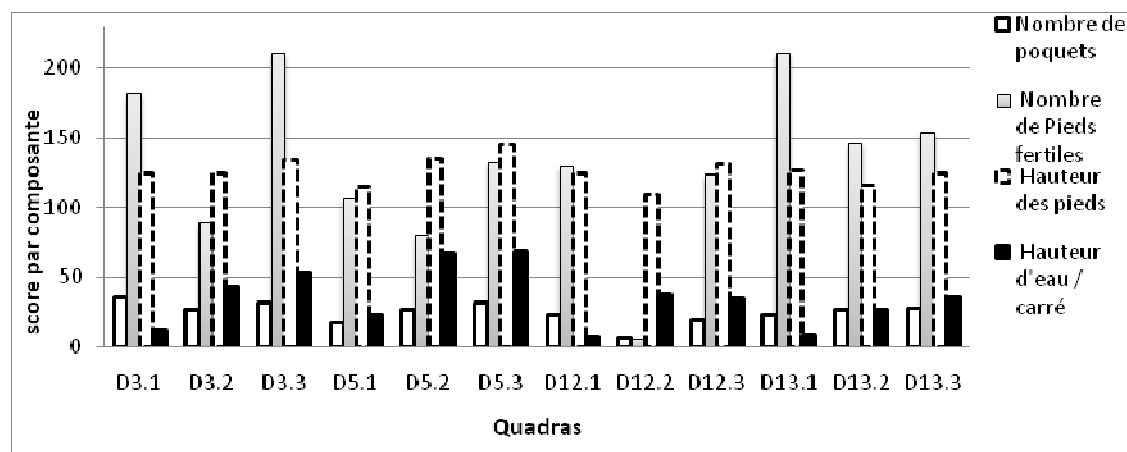


Figure 5 : Mesures des composantes du rendement du riz des étangs D3, D5, D12 et D13 dans les différents quadras. (1) arrivée d'eau, (2) milieu et (3) moine.

Rendement du riz : A l'issue de la récolte, le test *U* de Mann-Whitney ne donne pas de différence significative ($p \geq 0,5$) entre les différents rendements du riz. Le rendement du riz cultivé en milieu de rizipisciculture est

de $3,68 \pm 0,51$ t/ha et celui du riz cultivé en milieu de riziculture qui est de $3,08 \pm 0,68$ t/ha (Tableau 8).

Tableau 8: Récapitulatif de la récolte du riz par étang et par milieu de culture.

Étangs	Milieux	Poid sec (kg)	Superficie (m ²)	Rdt/étang (t/ha)	Rdt (t/ha)
D3	Rizipisciculture	42	192	2	3,68
D5	Rizipisciculture	38	207	1,3	
D12	Riziculture	36	207	0,9	3,08
D13	Riziculture	39	207	1,9	

Légende : Rdt : Rendement, t : tonne, ha : hectare.

DISCUSSION

L'analyse des paramètres physiques et chimiques nous montre que les variations de la température de l'eau (allant de 24,9 à 27,7°C) observées dans les différents milieux au cours de l'essai restent compatibles avec l'intervalle thermique favorable à une meilleure croissance de *O. niloticus* (24 à 28°C) comme indiquées par Malcolm et al. (2000). Pour le pH, les valeurs sont comprises entre 6,39 et 6,94 restent dans les limites recommandées pour la survie de *O. niloticus* et du riz qui évoluent respectivement entre 5 et 11 selon Malcolm et al. (2000) et entre 5,5 et 7,5 selon Arraudeau (1998). Les valeurs extrêmes de la conductivité observées (222 μ S/cm et 288 μ S/cm) sont incluses dans la fourchette de conductivités propices pour la pisciculture qui vont de 150 à 450 μ S/cm selon Mamadou (1998). La variation de la turbidité moyenne de l'eau (allant de 12,1 à 32 UNT) est incluse dans l'intervalle de 5 à 30 UNT qui caractérise une eau

légèrement trouble propice au développement de *O. niloticus*. Cependant, la teneur minimale de l'oxygène dissous (1,42 mg/l) observée le matin en milieu de rizipisciculture est en deçà de 3 mg/l, valeur à partir de laquelle un stress respiratoire se manifeste chez *O. niloticus* (Hamouda, 2005). En plus, les teneurs en composés nutritifs dissous (NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ et PO_4^{3-}) restent inférieures aux seuils décrits par Ballarin & Haller (1982) qui sont de 2,1 mg/l pour les nitrates, 2,1 mg/l pour les nitrites, 2,3 mg/l pour l'ammoniaque et de 0,5 mg/l pour le phosphate [valeur à ne pas dépasser pour éviter une prolifération d'algues (FAO, 2011)]. Les faibles moyennes remarquées pour l'oxygène dissous dans les étangs comportant le riz seraient liées à une utilisation de l'oxygène de ces étangs par les poissons et les micro-organismes aquatiques comme les zooplanctons et phytoplanctons pour leurs différentes activités biologiques comme la respiration.

L'observation des variations des différents paramètres physico-chimiques montre qu'il y a une variation similaire de ces derniers dans les différents milieux dans l'ensemble à l'exception de l'oxygène dissous. Ce résultat montre que ces variations n'étaient pas liées aux traitements des étangs.

En ce qui concerne les paramètres de croissance, les différences observées entre les différents traitements au niveau du gain de poids moyens et de la taille peuvent être dues à l'hétérogénéité des peuplements initiaux lors de l'empoissonnement des étangs. Les poissons ayant grandi en milieu rizipiscicole présentaient un taux de croissance spécifique ($0,67 \pm 0,23 \text{ \%} \cdot \text{j}^{-1}$) plus élevé même s'ils ne sont pas significativement différents de ceux du milieu piscicole. Ce gain de croissance pondérale serait dû à une alimentation plus importante fournie par les organismes épibiontes (algues ou organismes qui se fixent sur les substrats, tiges immergées du riz ou des brindilles diverses) et des macroinvertébrés (mollusques et insectes). C'est ce que confirment les examens des échantillons d'eau prélevés dans ce milieu qui indiquent une richesse importante en micro-organismes (phytoplancton et zooplancton) notamment une occurrence des zooplanctons qui consomment les phytoplanctons avant d'être consommés par les alevins. Cependant, ce taux de croissance est faible comparativement à l'essai d'Iga-Iga (2008) qui obtenait un taux de croissance spécifique de $1,5 \text{ \%} \cdot \text{j}^{-1}$ avec des alevins de *O. niloticus* qu'il nourrissait avec de la farine de poissons fumés dans un milieu piscicole. Ce faible taux pourrait être dû au fait que les poissons n'étaient pas nourris avec un complément d'aliment dans le cas de notre essai. Ce taux peut être lié à l'insuffisance de la quantité d'aliment naturel disponible pour les poissons au regard de notre densité de mise en charge qui était de 20 poissons/m² telle que préconisée pour un élevage de *O. niloticus* avec complément d'aliment.

Les facteurs de condition des poissons montrent qu'il n'y a pas de différence significative au seuil de 5% entre les deux milieux de culture. Cependant, les poissons du milieu de la rizipisciculture présentent une valeur de K ($0,05 \pm 0,002$) supérieure qui serait imputable au nouveau milieu écologique créé par la présence du riz avec l'apparition de micro-organismes planctoniques comme des taxons que nous avons observés durant toute la période d'expérimentation appartenant aux groupes des Chlorophytes (4 taxons), Euglenophytes (3 taxons), Cyanobactéries (7 taxons), Baccillariophytes (Diatomées), des zooplanctons et des macroinvertébrés (mollusques et insectes) profitables

au régime alimentaire des juvéniles de *O. niloticus*. Cette observation est similaire à plusieurs études menées sur le régime alimentaire de cette espèce. Mukankomeje (1992), affirme que dans différents lacs Est-africains, l'alimentation de l'espèce est basée sur le plancton, notamment les cyanobactéries, les algues benthiques (Chlorococcales, Volvocales, Euglénophycées et Diatomées), les cladocères, les rotifères, les copépodes, les oligochètes, les larves de Chironomides (Diptères), les insectes et les détritiques. Dans la rivière de Kaduna au Nigeria, Abdulrahman (1997) note qu'elle se nourrit d'un grand nombre d'algues (Chlorophytes, Cyanophytes et Chrysophytes). Dans le lac Victoria, Balirwa (1998) note que le régime alimentaire de cette espèce est constitué essentiellement de détritiques (43 %) et de *Chironomidae* (22 %). Ce facteur de condition peut être aussi imputable à l'amélioration des facteurs physiques du milieu comme la baisse de la variation de la température et du pH en corrélation avec la présence du riz par rapport au milieu piscicole où une grande variation de ces facteurs est notée selon nos résultats. Les taux de survie observés pour les milieux de la pisciculture ($65,02 \pm 4,71 \text{ \%}$) et de la rizipisciculture ($65,99 \pm 15,57 \text{ \%}$) sont loin de ceux rapportés par Watanabé et al (1996) pour *O. niloticus* qui était de 78 % dans des bassins d'eau douce. Lors de l'expérimentation peu de poissons morts ont été observés quel que soit l'étang, ce qui laisse suggérer d'une part, que la plupart des mortalités étaient dues à l'action des prédateurs que sont les batraciens et les oiseaux au regard du nombre important de grenouilles (environ 8 par étang) aperçues dans les étangs lors de la récolte. C'est ce que confirme une étude de la FAO (1990) qui montrait que les grenouilles sont de grands prédateurs de poissons. Ce faible taux de survie peut être soit une conséquence des opérations de transport et de mensuration effectuées sur les larves avant leur mise en charge qui pourraient les affaiblir. Aussi, ce taux peut être en relation avec les fuites probables des poissons au niveau du trop plein du moins en considérant les débordements de l'eau qu'il y a eu à ce niveau. C'est ce qu'a fait remarquer une étude de la FAO (1989) qui stipulait que les poissons fuyaient des étangs quand le niveau de l'eau débordait le trop plein. Par ailleurs, quel que soit le milieu de culture, les valeurs du coefficient d'allométrie restent toutes inférieures à 3 donc une croissance allométrique minorante, c'est-à-dire que le poids croît moins vite que le cube de la longueur. Ce coefficient est identique à celui obtenu dans plusieurs milieux comme celui du lac

Mouhoun des hauts-bassins de la Volta (Coulibaly, 2003) qui est de 2,71 avec des tailles plus grandes de 4 ans. Au regard de ce qui précède, nous pouvons supposer que la présence du riz et encore moins le stade de développement n'affectent pas le mode de croissance de *O. niloticus*. Le sexage opéré dans tous les étangs a montré que les milieux n'ont pas fortement influencé le sexe des fingerlings. Ces valeurs allant de 16,6 % à 83,4 % sont assez éloignées des résultats de 50 % mâles pour 50 % femelles attendus dans un croisement de géniteurs de souches pures de *O. niloticus* décrite par les études de Baroiller et Jalabert (1990) et celles de Mamadou (1998). On pourrait donc affirmer que les alevins utilisés pour l'empoissonnement des étangs provenaient de géniteurs différents. Par ailleurs, ce taux en faveur des femelles pourrait être lié à la période de reproduction qui donne un taux favorable aux femelles pendant la période d'intense activité reproductrice (mars-juin) comme le montre les études de Ould (2005) dans le fleuve Sénégal. Les poids moyens des mâles obtenus dans tous les étangs étaient supérieurs à ceux des femelles et ne diffèrent pas significativement d'un milieu à un autre (test χ^2 , $p \geq 0,05$). Ces résultats concordent avec ceux obtenus par Mair & Van Dam (1996), Gomez-Marquez (2003) et Ould (2005) qui montrent que dans les étangs d'élevage, les mâles immatures présentent une croissance plus rapide que les femelles.

En outre, pour les composantes du rendement du riz, les meilleures performances ont été notées à l'entrée d'eau qu'à la sortie du moine où les mouvements de l'eau sont faibles. Les différences sont observées avec les quadrats situés au milieu sur la diagonale des étangs où il y a une forte circulation de l'eau. Au regard de la configuration de nos structures d'expérimentation qui n'ont pas un fond uniforme, on peut en déduire que

les pentes relativement fortes, occasionnant un grand débit de ruissellement, ont eu une repercussion sur le développement du riz et donc directement sur le rendement comme on le remarque au niveau de l'étang E5 (riziculture) où il y avait un faible nombre de pieds, de poquets et un namisme des pieds. Les rendements obtenus au niveau des deux milieux ($3,68 \pm 0,51$ t/ha pour la rizipisciculture et $3,08 \pm 0,68$ t/ha pour la riziculture) sont loin des 7,5 t/ha obtenus en riziculture intensive avec fertilisation par Bouet *et al.* (2005). Ce faible rendement serait, en partie, en corrélation avec les hauteurs d'eau moyennes des étangs qui sont presque toutes supérieures au seuil de 1/5 (0,20) de la hauteur de la tige du riz. Ces hauteurs observées pourraient entraver l'activité photosynthétique du riz durant son cycle. Ce même constat a été fait par une étude de la FAO (1989) sur les conditions d'amélioration de la rizipisciculture. En effet, il est préconisé un abaissement important du niveau de l'eau pendant la phase de maturation du riz, ce qui n'est pas possible dans notre cas à cause de la présence des poissons. Les rendements du riz montrent que le meilleur rendement a été obtenu avec le milieu de la rizipisciculture. Cela peut être lié au réseau écologique créé par l'association du riz et du poisson. Dans ce système, les poissons, par leurs déjections recyclent les éléments nutritifs comme le phosphore et les matières organiques indispensables pour le développement du riz. Ces derniers stimulent le développement des micro-algues (Kraft, 1992) qui sont à leur tour utiles à la nutrition naturelle des poissons. A cela, on peut ajouter le fait que le poisson présente aussi l'avantage de consommer des ravageurs du riz comme les mineuses des feuilles et des tiges, et certains invertébrés comme les larves de crabe et de mollusque (Fagi, 1990).

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS.

Ce travail a permis de caractériser l'environnement biotique, abiotique et d'évaluer les différents paramètres de croissance du prégrossissement de *O. niloticus* et du WITA 12 en rizipisciculture. Il ressort de cette étude que les paramètres physiques et chimiques de l'eau (pH, conductivité, température, turbidité et composés nutritifs), n'étaient pas négativement influencés par l'association riz-poisson à l'exception de l'oxygène dissous, où l'on note une forte réduction avec le temps. La composition biotique du milieu de la rizipisciculture est marquée par une présence de taxons planctoniques bénéfiques à la

prolifération de la faune secondaire. On note une meilleure croissance des alevins en milieu de rizipisciculture quoique les performances restent en deçà des normes dans le cas d'un élevage avec nourrissage.

Il ressort qu'il est possible de faire le prégrossissement de *O. niloticus* dans les conditions de rizipisciculture. Pour l'amélioration des performances, il serait intéressant d'utiliser des larves issues de géniteurs de souches homogènes pure afin d'obtenir un plus grand nombre de mâles, de créer des zones de refuge des poissons afin de les protéger en cas de diminution du

niveau de l'eau et faciliter la récolte des poissons. Il faudrait aussi utiliser des grilles de protection à l'entrée d'eau et au moins pour limiter les fuites de poissons et l'intrusion des prédateurs et des espèces sauvages. Il serait utile d'apporter un complément alimentaire de moindre cout et toujours maintenir le niveau de l'eau à 1/5 de la hauteur de la tige du riz afin de limiter les

pertes en aliments naturels synthétisés et d'optimiser l'activité photosynthétique. On pourrait utiliser des variétés de riz à longues tiges (au moins 100 cm) et réduire les densités de mise en charge des larves afin d'offrir une lame d'eau assez importante pour les poissons.

REMERCIEMENTS.

Ce travail a été réalisé dans le cadre du projet intitulé «Evaluation de la performance des techniques par *alternance* et par *association* en étang de rizipisciculture » financé par le Programme d'Appui

Stratégique à la Recherche Scientifique (PASRES). Les auteurs tiennent à remercier toutes les personnes qui ont facilité le projet.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abdulrahman A. K., 1997. Food, size and condition of *Oreochromis niloticus* in Nigeria (Pisces: Cichlidae). *Rev. Biol. Trop.*, 44/45: 655-658.
- Aerni P., 2001. Public attitudes towards agricultural biotechnology in developing countries: A comparison between Mexico and Philippines. Cambridge, USA: Centre for international development at Harvard University. The times of India, New Delhi, 47 p.
- Anagnostidis K. & Komarck J., 2002. Cyanoprokaryota, 2. Teil : Oxillatoriales. Spektrum, Berlin, 759 p.
- Arraudeau M., 1998. Le riz irrigué, le technicien d'agriculture tropicale. Maisonneuve et Larose, Paris, 1: 58-102.
- Balirwa J. S., 1998. Lake Victoria Wetlands and the ecology of Nil tilapia, *Oreochromis niloticus* (L). PhD. Thesis, University of Rotterdam, 247 p.
- Ballarin J. D. & Haller R. D., 1982. The intensive culture of Tilapia in tanks, raceways and cages. In: Muir & Roberts. Recent Advances in Aquaculture, (1): London, 155p.
- Baroiller J. F. & Jalabert B., 1990. Physiologie de la reproduction des Tilapias : Bilan des connaissances et perspectives de recherche d'intérêt appliqué. In : Lazard, Jalabert et Doudet . *L'aqua. Tilapias du dév. Rech.* Cahiers scientifiques du CTFT (10) : 39-62.
- Bony K., 2008. Biodiversité et écologie des mollusques gastéropodes en milieu continental ivoirien (bassins de la Mé, de l'Agnéby et du Banco). Traits d'histoire de vie d'une espèce invasive *Indoplanorbis exustus* (Deshayes, 1834). Thèse de doctorat, de l'Ecole Pratique des Hautes Etudes (EPHE, France) et de l'Université d'Abobo-Adjamé, Côte d'Ivoire 217p.
- Bouet A., N'cho A. L., Keli Z. J., Yoboue N., Yayha C. M. & N'guessan P., 2005. Bien cultiver le riz irrigué en Côte d'Ivoire. DPRAD, CNRA, 4 p.
- Bourrelly P., 1966. Les algues d'eau douce. Initiation à la systématique. Tome I : Les algues vertes. Bourie et Cie, Paris, 511 p.
- Brown D. S., 1994. : Freshwater Snails of Africa and their Medical Importance. Ed. Taylor and Francis Ltd, London, 608 p.
- Compere P., 1975. Algues de la région du lac Tchad. II. Cyanophycées. Cahier de l'ORSTOM, S. *Hydrobiol.* 3(4) : 165-198.
- Compere, P., 1974. Algues de la région du lac Tchad. IV. Diatomophycées. Cahier de l'ORSTOM, S. *Hydrobiol.* 9(4) : 203-290.
- Coulibaly N. D., 2003. Length-weight relationships of 11 fish species of Burkina Faso in fish biodiversity: local studies as basis for global inferences. *Fish. Res.* 14, 29 p.
- d'alevins de tilapias rouges (*Oreochromis* sp.) dans des bassins d'eau saumâtre sous divers régimes alimentaires et de densité de charge. 176 -184 In R. S. V. Pullin, J. Lazard, M. Legendre, J. B. Amon Kothias et D. Pauly (eds.) le Troisième symposium international sur le tilapia en aquaculture. *ICLARM Conf. Proc.* 41, 630 p.
- De Moor I J, Day J A, De Moor F C., 2003. Guides to the Freshwater Invertebrates of Southern Africa Volume 7 Insecta I Ephemeroptera, Odonata & Plecoptera 301p.
- De Moor I J, Day J A, De Moor F C., 2003. Guides to the Freshwater Invertebrates of Southern Africa Volume 8 Insecta II 219p.

- Fagi A., 1990. The Sustainable Agriculture Newsletter, Sustainable Agriculture Newsletter, CUSO, Managing, 2, 17 p.
- FAO, 1989. Rapport final sur le deuxième essai de rizipisciculture (campagne 1989), Document Technique, projet PNUD/FAO-MALI/86/001. En ligne sur le site www.fao.org.
- FAO, 1990. Mali : mise en valeur de la rizipisciculture (Octobre 1987-Octobre 1989).
- FAO, 2009. L'état de l'insécurité alimentaire dans le monde. En ligne sur www.fao.org/catalog/inter, consulté le 11 septembre 2010.
- FAO, 2011. Méthodes simples pour l'aquaculture. En ligne sur [www.fao.org/Passion bassin](http://www.fao.org/Passion_bassin).
- Gomez-Marquez J. L., 2003. Age and growth of *Oreochromis niloticus* (Cichlidae) in Mexico. *Rev. Biol. trop* VI, 46 : 929-936.
- Gourene G., Kobena K. B. & Vanga A. F., 2002. Étude de la rentabilité des fermes piscicoles dans la région du moyen Comoé. Université Abobo-Adjamé, Abidjan, Côte d'Ivoire, Rapport Technique, 41 p.
- Gray A. E., Mulligan T. J., & Hannah R. W., 1997. Food habits, occurrence, and population structure of the bat ray, *Myliobatis californica*, in Humboldt Bay. *California. Env. Biol. of Fish.*, 49, 227-238.
- Hamouda A. I., 2005. Contribution à l'étude de l'inversion sexuelle chez une espèce de poisson d'eau douce : tilapia (*Oreochromis niloticus*). Institut des sciences de la mer et de l'aménagement du littoral, Algérie. Mémoire de diplôme d'ingénieur d'état en aquaculture, 37 p.
- Hem S. Curtis M. Y., Sene S. & Sagla C., 2008. Pisciculture Extensive en Guinée Forestière, Modèle de développement intégré et rizipisciculture, projet 7.ACP.GUI.104-Convention CEE/IRD. 85 p.
- Iga-Iga R., 2008. Contribution à la mise au point d'aliments pour tilapia *Oreochromis niloticus* à base d'intrants locaux : cas du Gabon. Mémoire de fin d'études pour l'obtention du Master Sciences Agronomiques et Agroalimentaires, Institut de Recherches Agronomiques et Forestières (IRAF). Gabon, 47 p.
- KRAFT C.E., 1992. Estimates of phosphorus cycling by fish using a bioenergetics approach. *Can. J. Fish. aquat. Sci.*, 49 : 1-9.
- Layachi M., Melhaoui M., Srour A. & Ramdani M., 2007. Contribution à l'étude de la reproduction et de la croissance du Rouget barbet de vase (*Mullus barbatus* L., 1758) de la zone littorale méditerranéenne de Nador (Maroc). *Bulletin de l'Institut Scientifique*, Rabat, section Sciences de la Vie, 29 : 43-51.
- Le Tourneur Y., Kulbicki M. & Labrosse P., 1998. Length-weight relationships of fishes from coral reefs and lagoons of New Caledonia-an update. *Naga, The ICLARM Quarterly*, 21, (4): 9-46.
- Mair G. C. & Van Dam A. A., 1996. The effect of sex ratio at stocking on growth and recruitment in Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) ponds, p. 100-107. In R. S. V. Pullin, J. Lazard, M. Legendre, J. B. Amon Kothias et D. Pauly (eds.) the Third international Symposium on Tilapia in aquaculture. *ICLARM conf. Proc.*, 41, 575 p.
- Malcolm C., Beveridge H. & McAndrew B. J., 2000. Tilapias: biology and exploitation. Institute of aquaculture. University of Stirling, Scotland, 185 p.
- Mamadou E., 1998. Caractérisation zootechnique de *Oreochromis niloticus* (Linné, 1758), *O. hornorum* (Trewavas, 1960) et de l'hybride issu du croisement de *O. niloticus* femelle × *O. hornorum* mâle. Mémoire de DEA, Université de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire, 41 p.
- MINAGRI, 2009. Rapport sur la filière riz en Côte d'Ivoire, Atelier sur et le riz et l'aquaculture. Ministère de l'agriculture de Côte d'Ivoire : 1-2.
- Mukankomeje R., 1992. Production algale et consommation par le tilapia *Oreochromis niloticus* L., au lac Muhazi (Rwanda). Thèse doctorat, Université Notre Dame de la Paix, Namur, Belgique, 254p.
- Ould S. O. A., 2005. Étude écobioécologique de *Oreochromis niloticus* (Téléostéen, Cichlidae) du Fleuve Sénégal. Thèse de Troisième Cycle de Biologie Animale, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, 98 p.
- Paugy D. & Leveque C., 1999. Régimes alimentaires et réseaux trophiques. In: Lévêque, C., et Paugy, D., (Edit.), les poissons des eaux continentales africaines : Diversité, écologie et utilisation par l'homme. Editions IRD, Paris : 167-190.

- Pourriot R., Capblancq J., Champ P. & Meyer J. A., 1982. Ecologie du plancton des eaux continentales. Masson, 16, Paris, 198 p.
- Sendacz S. & Kubo E., 1982. Copepoda (Calanoïda e Cyclopoïda) de reservatorios do estado de Sao Paulo. *B. Inst. Pesca.* 9 (1) : 51-89.
- Siddhuraju P., & Becker K., 2003. Comparative nutritional evolution of differentially processed *mucuna* seeds (*Mucuna pruriens* (L.) DC. Var. *utilis* (Wall ex Wight) (Baker ex Burck) on growth performance, feed utilization and body composition in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). *Aquac. Res.* 34 : 487-500.
- Slembrouck J., Cisse A., & Kerchuen N., 1991. Étude préliminaire sur l'incorporation de liants dans un aliment composé pour poisson d'élevage en Côte d'Ivoire. *J. Ivoir. Océanol. Limnol.*, CRO, Abidjan 1 (1) : 17-22.
- Watanabe, W.O., S.J. S Mith, Head W. D. & Mueller K. W., 1996. Production