

EVALUATION DE LA QUALITE PHYSICO-CHIMIQUE DE L'EAU DANS LES STRUCTURES D'ELEVAGE DE LA FERME KETTIN AAKOUBE, COTE D'IVOIRE : ANALYSE COMPARATIVE AVANT, PENDANT ET APRES L'ELEVAGE

**SAFIATOU COULIBALY¹, N'ZEBO MOÏSE KOUAMENAN², TRESOR FABRICE ESSIGAN TANON^{1,3}, ANGE
MARIE LYDIE GUEI^{1,3}, BOUA CELESTIN ATSE¹**

Département Aquaculture, Centre de Recherches Océanologiques (CRO), BPV 18, Abidjan, Côte d'Ivoire

²UFR- Sciences De la Mer, Université Polytechnique de San-Pédro, 01 BP 1800 San-Pédro 01, Côte d'Ivoire

³Laboratoire d'Hydrobiologie et d'Eco-Technologie des Eaux, UFR-Biosciences, Université Félix Houphouët Boigny, 22
B.P. 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

RESUME

Cette étude vise à évaluer l'impact de l'élevage de *Oreochromis niloticus* sur la qualité physico-chimique de l'eau dans les structures d'élevage de la ferme piscicole Kettin à Akoupé, afin de prévenir les pertes dues à la dégradation de la qualité de l'eau. Des mesures *in situ* des paramètres physico-chimiques ont été effectuées avant, pendant et après l'élevage (novembre 2022 à mars 2024) dans trois étangs utilisant des types d'aliments distincts ainsi que dans le barrage d'alimentation sans ajout d'aliments. Des échantillons d'eau, prélevés mensuellement, ont été analysés pour déterminer les concentrations des sels nutritifs. Les résultats révèlent que les étangs sont légèrement acides, avec une faible teneur en oxygène dissous et une transparence réduite. Des différences significatives apparaissent entre les périodes d'élevage pour la plupart des paramètres, à l'exception de la température et de la conductivité. De plus, des différences significatives sont observées entre le barrage et les étangs pour tous les paramètres sauf la température et le pH. Pendant et après l'élevage, les concentrations en sels nutritifs dans les étangs augmentent, accompagnées d'une baisse du pH, du taux d'oxygène et de la transparence, indiquant un enrichissement en nutriments susceptible de favoriser la prolifération d'algues et de déclencher un processus d'eutrophisation.

Mots clés : Paramètres physico-chimiques, Qualité de l'eau, Ferme piscicole, Côte d'Ivoire

Citation : COULIBALY SAFIATOU, KOUAMENAN N'ZEBO MOÏSE, TRESOR FABRICE ESSIGAN TANON, GUEI ANGE MARIE LYDIE, ATSE BOUA CELESTIN, 2024, Evaluation de la qualité physico-chimique de l'eau dans les structures d'élevage de la ferme kettin à Akoupé, Côte d'Ivoire : Analyse comparative avant, pendant et après l'élevage. Agronomie Africaine 2024, 36 (3), pp 1 - 14.

ABSTRACT

ASSESSMENT OF THE PHYSICO-CHEMICAL WATER QUALITY IN THE REARING STRUCTURES OF KETTIN FARM IN AKOUBE, COTE D'IVOIRE: A COMPARATIVE ANALYSIS BEFORE, DURING, AND AFTER REARING

This study aims to evaluate the impact of rearing Oreochromis niloticus on the physico-chemical quality of water in the aquaculture structures of the Kettin fish farm in Akoupé, in order to prevent losses due to water quality degradation. In situ measurements of physico-chemical parameters were taken before, during, and after rearing (November 2022 to March 2024) in three ponds using different types of feed as well as in the supply reservoir without added feed. Water samples, collected monthly, were analyzed to determine nutrient salt concentrations. The results reveal that the ponds are slightly acidic, with low dissolved oxygen levels and reduced transparency. Significant differences appear between

the rearing periods for most parameters, except for temperature and conductivity. Additionally, significant differences are observed between the reservoir and the ponds for all parameters except temperature and pH. During and after rearing, nutrient salt concentrations in the ponds increase, accompanied by a decrease in pH, oxygen levels, and transparency, indicating nutrient enrichment likely to promote algal growth and initiate an eutrophication process.

Keywords: Physico-chemical parameters, water quality, fish farm, Côte d'Ivoire

Citation : COULIBALY SAFIATOU, KOUAMENAN N'ZEBO MOÏSE, TRESOR FABRICE ESSIGAN TANON, GUEI ANGE MARIE LYDIE, ATSE BOUA CELESTIN, 2024, Assessment of the physico-chemical water quality in the rearing structures of Kettin farm in Akoupe, Côte d'Ivoire ; a comparative analysis before, during, and after rearing. *Agronomie Africaine* 2024, 36 (3), pp 1 - 14.

Soumis : 25/09/2024 | Accepté : 15/12/2024 | Online : 30/12/2024

INTRODUCTION

L'aquaculture est une activité essentielle pour l'économie et la sécurité alimentaire en Côte d'Ivoire, jouant un rôle important dans la création d'emplois et la génération de revenus pour les communautés locales (Fermon, 2010). Cependant, cette filière est confrontée à des défis de taille, dont le plus pressant est la dégradation de la qualité des milieux d'élevage. La qualité de l'eau est cruciale pour la performance de la production piscicole, influençant directement la santé et la croissance des poissons. Des facteurs tels que la proximité des activités agricoles, des exploitations minières, le traitement des produits halieutiques, et l'utilisation de pratiques alimentaires non adaptées peuvent contribuer à cette détérioration.

En effet, les aliments utilisés dans les fermes aquacoles, lorsqu'ils sont mal gérés, entraînent l'accumulation de matière organique non consommée dans l'eau. La décomposition de ces résidus organiques augmente la demande biologique en oxygène (DBO), favorise la libération de nutriments (azote, phosphore, etc.), et stimule la prolifération d'algues, ce qui peut provoquer une eutrophication (Butler *et al.*, 2005). Ces phénomènes conduisent à la dégradation progressive de la qualité de l'eau, impactant les performances de la production aquacole et pouvant même entraîner des mortalités massives de poissons. Les pertes répétées peuvent, à terme, inciter les producteurs à

abandonner leurs fermes.

Plusieurs études ont mis en évidence les effets néfastes de cette dégradation sur l'aquaculture en Côte d'Ivoire. Les recherches de Coulibaly et Atsé (2018) ont démontré que l'utilisation d'aliments granulés flottants riche en protéine contribue à l'enrichissement des eaux des étangs en nutriments, provoquant un stress accru et une hausse de la mortalité des poissons. Sanou *et al.* (2022), Tanon (2020) et Coulibaly *et al.* (2019) ont, quant à eux, montré que les fluctuations saisonnières de nutriments, comme le nitrate, l'ammonium et l'orthophosphate, ainsi que de la chlorophylle " a ", influencent fortement la qualité de l'eau et, par conséquent, la production piscicole.

Ces travaux soulignent que l'enrichissement excessif en nutriments, associé aux variations saisonnières, constitue un frein majeur au développement durable de l'aquaculture ivoirienne. Il est donc crucial d'approfondir la recherche sur les impacts des pratiques d'élevage sur les niveaux de nutriments (nitrate, ammonium, orthophosphate) et sur les paramètres environnementaux tels que la température, le pH et l'oxygène dissous.

Dans cette optique, cette étude vise à déterminer l'impact de l'élevage de *Oreochromis niloticus*, avec différents types d'aliments, sur la qualité physico-chimique des eaux du barrage et des étangs de la ferme piscicole Kettin à Akoupé, afin de prévenir les pertes liées à une dégradation de l'environnement d'élevage.

MATERIEL ET METHODES

PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

Les travaux de cette étude ont été réalisés au sein de la ferme piscicole Kettin, située à Yadio dans le département d'Akoupé (coordonnées géographiques : 6°25'11.02" N, 3°52'81.03" O), à 142 km d'Abidjan (Figure 1). La période d'étude s'étend de novembre 2022 à mars 2024. La ferme piscicole du Kettin est équipée de dix étangs, chacun couvrant une superficie de 600 m², ainsi que d'un barrage d'un peu plus d'un hectare qui alimente les étangs en eau (Figure 2). L'approvisionnement en eau des étangs s'effectue par gravité à partir du barrage, via un système de canalisations à ciel ouvert complété

par des tuyaux en PVC enterrés. Ces tuyaux sont équipés de toiles moustiquaires de protection (maille de 1 mm) pour prévenir l'intrusion d'insectes et autres organismes indésirables. Un débit d'eau minimal, compris entre 16 et 20 m³ par seconde, est maintenu dans les étangs afin d'assurer une circulation adéquate et de maintenir la qualité de l'eau. Le barrage est alimenté par un bras de la rivière Agbo (Agnéby) en dérivation, garantissant ainsi un approvisionnement constant en eau tout au long de l'année.

Pour les besoins de cette étude, trois étangs ont été sélectionnés. Dans chacun de ces étangs, 2 400 alevins mâles de *Oreochromis niloticus* (souche Brésil), pesant environ 2 g chacun, ont été introduits. Les régimes alimentaires appliqués sont les suivants :

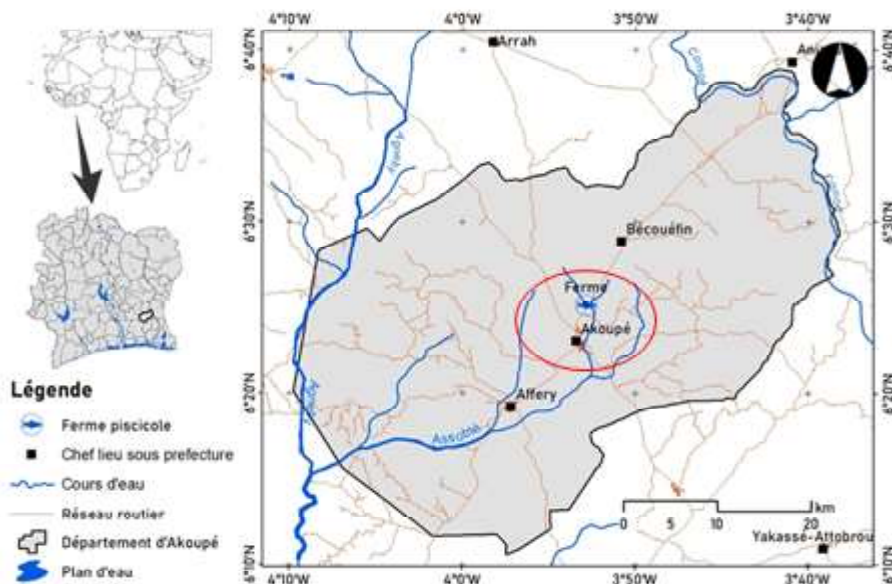


Figure 1 : Localisation de la ferme Kettin à Akoupé.

Location of the Kettin farm in Akoupé.



Figure 2 : Les structures d'élevage de la ferme Kettin : a) étangs ; b) barrage.

The breeding structures of the Kettin farm: a) ponds; b) dam.

Étang 1 : alimenté avec l'aliment 3A amélioré du CNRA

Étang 2 : alimenté avec l'aliment SAP LA ME

Étang 3 : alimenté avec l'aliment AISA-PARFACI

MESURE DES PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES *IN SITU*

La qualité du milieu d'élevage a été évaluée par le suivi mensuel des paramètres suivants : température, pH, oxygène dissous, conductivité, taux de solides dissous, potentiel d'oxydo-réduction (ORP), et transparence dans le barrage et les trois étangs de la ferme. Les mesures ont été réalisées une fois par mois, entre 8h et 9h, de novembre 2022 à mars 2024. Les relevés ont été effectués à l'aide d'un multi-paramètre portable de marque Hanna, modèle 9828, pour tous les paramètres physico-chimiques sauf la transparence, qui a été mesurée avec un disque de Secchi. Les mesures *in situ* ont été réalisées à une profondeur d'environ 0,5 m dans chaque étang et dans le barrage, après calibration et étalonnage de l'appareil. La sonde du multi-paramètre a été plongée dans l'eau, et les valeurs de chaque paramètre ont été automatiquement affichées à la demande. Pour mesurer la transparence de l'eau, le disque de Secchi a été immergé jusqu'à disparition totale, puis remonté lentement jusqu'à réapparition. La profondeur de transparence a été notée en utilisant une corde graduée.

PRELEVEMENT ET CONSERVATION DES ECHANTILLONS D'EAU

Les échantillons d'eau ont été collectés entre novembre 2022 et mars 2024 dans les mêmes étangs ainsi que dans le barrage de la ferme "Kettin". Le prélèvement s'est fait à l'aide de bocaux en plastique de 300 ml, soigneusement rincés au préalable avec l'eau à échantillonner pour éviter toute contamination. Les bocaux ont ensuite été immergés juste sous la surface de l'eau du barrage et des étangs sélectionnés pour cette étude. Une fois remplis, les bocaux ont été hermétiquement fermés, étiquetés et numérotés de manière indélébile. Ils ont ensuite été emballés dans du papier aluminium et conservés dans une glacière à environ 4°C, conformément aux recommandations de l'AFNOR (1997).

DOSAGE DES SELS NUTRITIFS

Les sels nutritifs dans les échantillons d'eau ont été dosés à l'aide du spectromètre d'absorption moléculaire DR 3900. L'orthophosphate (PO_4^{3-}) a été mesuré selon la méthode de Murphy et Riley (1962), et les nitrates (NO_3^-), nitrites (NO_2^-) et l'ammonium (NH_4^+) ont été analysés par colorimétrie, en suivant la méthode de Koroleff (1976) décrite par Aminot et Chaussepied (1983). Pour le nitrate, un échantillon de 10 ml a été mélangé avec 0,5 ml d'azoture de sodium et 0,2 ml d'acide acétique glacial, agité, puis évaporé au bain-marie avant d'ajouter 1 ml de salicylate de sodium. Après une seconde évaporation, 1 ml d'acide sulfurique et 15 ml d'eau distillée ont été ajoutés, suivis de 10 ml de solution alcaline. L'absorbance a été mesurée à 415 nm, et la concentration a été calculée à l'aide d'une courbe d'étalonnage. Pour les nitrites, 1 ml de sulfanilamide est ajouté à 10 ml d'échantillon, agité, puis 1 ml de N-1 naphthyl-éthylène diamine a été incorporé. Après 15 minutes, l'absorbance a été mesurée à 543 nm, et la concentration en nitrites a été déterminée via une courbe d'étalonnage. Pour l'ammonium, 1 ml de chaque réactif est ajouté à 20 ml d'échantillon, conservé à l'abri de la lumière pendant au moins 6 heures, puis dosé au spectromètre à 630 nm. Enfin, les orthophosphates ont été analysés en ajoutant 1 ml d'un mélange réactif (molybdate d'ammonium, oxytartrate d'antimoine et potassium, acide sulfurique et acide ascorbique) à 10 ml d'échantillon. L'absorbance a été mesurée à 885 nm après 5 minutes de repos, et les concentrations en orthophosphates ont été calculées à partir de la courbe d'étalonnage.

RESULTATS ET DISCUSSION

RESULTATS

EVOLUTION DES PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES MESURES *IN SITU* DANS LES STRUCTURES D'ELEVAGE

Les données des paramètres physico-chimiques mesurés *in situ* dans les structures d'élevage de la ferme Kettin avant, pendant et après l'élevage sont exposées dans le Tableau 1 et 2. La température et la conductivité ne révèlent aucune différence significative ($p > 0,05$) entre les tableaux.

différentes périodes pour l'ensemble des structures d'élevage. La température moyenne varie de $29,35 \pm 0,25$ à $30,72 \pm 0,22^\circ\text{C}$ avant l'élevage, de $29,02 \pm 1,29$ à $29,90 \pm 1,20^\circ\text{C}$ pendant l'élevage, et de $30,43 \pm 0,60$ à $30,66 \pm 0,59^\circ\text{C}$ après l'élevage. La conductivité moyenne oscille entre $119,75 \pm 13,67$ et $176,50 \pm 13,92$ $\mu\text{S/cm}$ avant l'élevage, de $118,38 \pm 39,83$ à $151,88 \pm 33,20$ $\mu\text{S/cm}$ pendant l'élevage, et de $110,33 \pm 11,15$ à $150,75 \pm 17,93$ $\mu\text{S/cm}$ après l'élevage.

Cependant, l'oxygène dissous, le taux de solides dissous, le pH, l'ORP, et la transparence présentent une différence significative ($p < 0,05$) entre les phases avant, pendant, et après l'élevage, uniquement dans les étangs où des aliments sont ajoutés. Pendant l'élevage, on observe des valeurs basses pour l'oxygène dissous, le pH, et la transparence. En contraste avec ces paramètres, le TDS et l'ORP affichent des valeurs plus élevées pendant et après l'élevage.

Les moyennes générales des paramètres physico-chimiques mesurées in situ des eaux des étangs et du barrage pendant toute la période d'étude sont résumées dans le Tableau 3. La

température moyenne reste élevée dans l'ensemble des structures d'élevage, variant de $29,39 \pm 1,10^\circ\text{C}$ à $30,26 \pm 0,97^\circ\text{C}$. L'oxygène dissous présente des valeurs basses ($2,57 \pm 1,00$ - $3,94 \pm 1,28$ mg/l) dans les étangs et élevées ($5,74 \pm 1,22$ mg/l) dans le barrage. Les taux de solides dissous varient entre $62,73 \pm 16,64$ et $73,47 \pm 11,95$ mg/l dans les étangs, avec une valeur de $82,20 \pm 12,38$ mg/l dans le barrage. La conductivité oscille entre $120,33 \pm 31,70$ et $155,00 \pm 15,67$ $\mu\text{S/cm}$ dans les étangs, atteignant $155,27 \pm 30,22$ $\mu\text{S/cm}$ dans le barrage. Le pH des eaux des étangs varie de $6,92 \pm 0,52$ à $7,20 \pm 0,78$, tandis que celui du barrage ($7,62 \pm 0,34$) est légèrement basique. L'ORP présente des valeurs basses ($83,70 \pm 48,66$ - $108,14 \pm 21,66$) dans les étangs par rapport au barrage ($46,53 \pm 8,10$). La transparence est faible dans tous les étangs ($26,80 \pm 13,07$ - $30,93 \pm 10,67$ cm), tandis que la valeur moyenne dans le barrage est plus élevée ($46,53 \pm 8,10$ cm). L'analyse statistique (ANOVA) révèle une différence significative ($p < 0,05$) entre les structures pour la plupart des paramètres physico-chimiques, à l'exception de la température et du pH.

Tableau 1 : Valeurs moyennes de la température (T° en $^\circ\text{C}$), de l'oxygène dissous (O_2 en mg/l), du Taux de Solide Dissous (TDS en mg/l) et de la conductivité (Cdt en $\mu\text{S/cm}$) des eaux des étangs et du barrage de la ferme kettin avant (Av), pendant (Pd) et après (Ap) l'élevage.

Average values of temperature (T° in $^\circ\text{C}$), dissolved oxygen (O_2 in mg/l), dissolved solid rate (TDS in mg/l) and conductivity (Cdt in $\mu\text{S/cm}$) of the waters of the ponds and the dam of the kettin farm before (Av), during (Pd) and after (Ap) breeding.

Structures	périodes	Paramètres physico-chimiques			
		T°	O_2	TDS	Cdt
Barrage sans aliment	Av	$29,35 \pm 0,25$	$6,23 \pm 1,03$	$87,00 \pm 4,55$	$176,50 \pm 13,92$
	Pd	$29,02 \pm 1,29$	$6,11 \pm 0,92$	$75,75 \pm 13,48$	$151,88 \pm 33,20$
	Ap	$30,43 \pm 0,60$	$5,10 \pm 0,84$	$93,00 \pm 4,36$	$136,00 \pm 27,22$
Etang 1 aliment 3A amélioré	Av	$30,67 \pm 0,34$	$5,38 \pm 1,47^b$	$79,50 \pm 5,26^a$	$157,50 \pm 6,66$
	Pd	$29,90 \pm 1,20$	$3,32 \pm 0,91^a$	$99,25 \pm 22,41^b$	$123,00 \pm 32,83$
	Ap	$30,66 \pm 0,59$	$3,77 \pm 0,67^a$	$87,33 \pm 6,03^b$	$110,33 \pm 11,15$
Etang 2 aliment SAP LA ME	Av	$30,68 \pm 0,35$	$5,99 \pm 1,72^b$	$63,75 \pm 4,57^a$	$119,75 \pm 13,67$
	Pd	$29,84 \pm 1,24$	$3,29 \pm 1,31^a$	$98,13 \pm 22,96^b$	$118,38 \pm 39,83$
	Ap	$30,62 \pm 0,34$	$3,13 \pm 0,56^a$	$93,66 \pm 6,11^b$	$126,33 \pm 33,72$
Etang 3 PARFACI-AISA	Av	$30,72 \pm 0,22$	$4,39 \pm 0,48^b$	$77,00 \pm 4,08^a$	$154,25 \pm 8,62$
	Pd	$29,82 \pm 1,14$	$2,63 \pm 1,31^a$	$97,25 \pm 12,81^b$	$150,75 \pm 17,93$
	Ap	$30,59 \pm 0,50$	$2,67 \pm 0,73^a$	$85,33 \pm 3,06^b$	$167,33 \pm 13,50$

Valeurs de la même colonne portant des lettres a, b en exposant présentent une différence significative entre les périodes (avant, pendant et après l'élevage) ($p < 0,05$) pour une structure d'élevage donnée.

Values in the same column with superscript letters a, b present a significant difference between the periods (before, during and after breeding) ($p < 0.05$) for a given breeding structure.

Tableau 2 : Valeurs moyennes du pH, du Potentiel d'Oxydoréduction (ORP en mV), et de la transparence (Trp en cm) des eaux des étangs et du barrage de la ferme kettin avant (Av), pendant (Pd) et après (Ap) l'élevage.

Average values of pH, Oxidation Reduction Potential (ORP in mV), and transparency (Trp in cm) of the waters of the ponds and the dam of the Kettin farm before (Av), during (Pd) and after (Ap) breeding.

Structures	Période	Paramètres physico-chimiques		
		pH	ORP	Trp
Barrage sans aliment	Av	7,14 ± 0,30	167,26 ± 6,2	55,50 ± 3,87
	Pd	7,97 ± 0,31	156,17 ± 25,49	41,63 ± 6,59
	Ap	7,75 ± 0,47	133,46 ± 11,87	47,67 ± 5,03
Etang 1 Aliment 3A amélioré	Av	7,40 ± 0,49 ^b	99,51 ± 20,41 ^a	43,00 ± 6,38 ^b
	Pd	6,71 ± 0,34 ^a	100,29 ± 5,17 ^a	23,63 ± 2,88 ^a
	Ap	6,81 ± 0,72 ^a	140,57 ± 24,36 ^b	28,67 ± 9,02 ^a
Etang 2 Aliment SAP LA ME	Av	7,67 ± 0,70 ^b	88,75 ± 41,95 ^a	42,25 ± 4,43 ^b
	Pd	6,96 ± 0,50 ^a	105,04 ± 40,61 ^b	24,13 ± 7,77 ^a
	Ap	6,92 ± 0,56 ^a	119,73 ± 26,71 ^b	24,00 ± 8,54 ^{as}
Etang 3 Aliment PARFACI-AISA	Av	7,43 ± 1,03 ^b	21,94 ± 7,71 ^a	43,25 ± 8,85 ^b
	Pd	7,37 ± 0,62 ^b	98,23 ± 37,94 ^b	19,75 ± 5,65 ^a
	Ap	6,64 ± 0,51 ^a	127,31 ± 12,38 ^c	23,67 ± 14,57 ^a

Les valeurs de la même colonne portant des lettres a, b, c en exposant présentent une différence significative entre les périodes (avant, pendant et après l'élevage) ($p < 0,05$) pour une structure d'élevage donnée.

Values in the same column with superscript letters a, b present a significant difference between the periods (before, during and after breeding) ($p < 0.05$) for a given breeding structure.

Tableau 3 : Valeurs moyennes générales des paramètres physico-chimiques des eaux des étangs et du barrage de la ferme kettin durant toute la période de l'étude.

General average values of the physico-chemical parameters of the waters of the ponds and the dam of the Kettin farm during the entire period of the study.

Paramètres physico-chimiques	Structures d'élevage			
	Barrage Sans aliment	Etang 1 Aliment 3A amélioré	Etang 2 Aliment SAP LA ME	Etang 3 Aliment PARFACI-AISA
T°	29,39 ± 1,10	30,26 ± 0,97	30,22 ± 0,85	30,21 ± 0,95
O ₂	5,74 ± 1,22 ^b	3,69 ± 1,08 ^b	3,94 ± 1,28 ^b	2,57 ± 1,00 ^a
TDS	82,20 ± 12,38 ^b	67,60 ± 17,82 ^a	62,73 ± 16,64 ^a	73,47 ± 11,95 ^{ab}
Cdt	155,27 ± 30,22 ^b	129,67 ± 29,88 ^a	120,33 ± 31,70 ^a	155,00 ± 15,67 ^b
pH	7,62 ± 0,34	6,92 ± 0,52	7,14 ± 0,62	7,20 ± 0,78
ORP	154,58 ± 22,27 ^c	108,14 ± 21,66 ^b	103,63 ± 37,73 ^b	83,70 ± 48,66 ^a
Trp	46,53 ± 8,10 ^b	29,80 ± 9,81 ^a	30,93 ± 10,67 ^a	26,80 ± 13,07 ^a

Les valeurs de la même ligne portant des lettres a, b, c en exposant présentent une différence significative entre les structures d'élevage ($p < 0,05$) pour un paramètre physico-chimique donnée.

Values of the same line with the letters a, b, c in superscripts present a significant difference between the breeding structures ($p < 0.05$) for a given physico-chemical parameter.

EVOLUTION DES SELS NUTRITIFS DANS LES STRUCTURES D'ELEVAGE

Les données relatives aux sels nutritifs sont exposées dans les Tableaux 4 et 5. Des variations significatives ($p < 0,05$) ont été observées entre les différentes périodes (avant, pendant et après l'élevage) pour tous les sels nutritifs dans toutes les structures d'élevage, à

l'exception de l'orthophosphate dans le barrage. Avant l'élevage, les valeurs des sels sont généralement plus faibles dans les étangs par rapport aux autres périodes. Les concentrations moyennes avant l'élevage sont : $2,60 \pm 0,80$ à $4,18 \pm 1,53$ mg/l (NO_3^-) ; $0,13 \pm 0,01$ à $0,18 \pm 0,05$ mg/l (NO_2^-) ; $0,35 \pm 0,18$ à $0,86 \pm 0,73$ mg/l (NH_4^+) et $0,34 \pm 0,24$ à $1,38 \pm 0,33$ mg/l (PO_4^{3-}). Pendant l'élevage, les concentrations

des sels augmentent : $4,02 \pm 2,03$ à $5,25 \pm 2,61$ mg/l (NO_3^-) ; $1,45 \pm 0,47$ à $1,47 \pm 0,51$ mg/l (NO_2^-) ; $0,75 \pm 0,50$ à $1,06 \pm 0,78$ mg/l (NH_4^+) et $0,35 \pm 0,32$ à $0,53 \pm 0,45$ mg/l (PO_4^{3+}). Après l'élevage, les concentrations demeurent élevées dans tous les étangs : $9,29 \pm 1,04$ à $11,34 \pm 1,23$ mg/l (NO_3^-) ; $1,54 \pm 0,38$ à $2,35 \pm 0,72$ mg/l (NO_2^-) ; $1,07 \pm 0,09$ à $2,09 \pm 0,48$ mg/l (NH_4^+) et $1,18 \pm 0,58$ à $1,60 \pm 0,20$ mg/l (PO_4^{3+}).

Les concentrations moyennes des sels nutritifs varient dans les étangs, oscillant de $5,00 \pm 2,68$ à $6,18 \pm 3,39$ mg/l pour le nitrate, de $1,13 \pm 0,70$

à $1,29 \pm 0,92$ mg/l pour le nitrite, de $0,85 \pm 0,49$ à $1,07 \pm 0,85$ mg/l pour l'ammonium, et de $0,67 \pm 0,55$ à $0,79 \pm 0,58$ mg/l pour l'orthophosphate (Tableau 4). En comparaison, dans le barrage, les concentrations moyennes des sels nutritifs sont de $4,61 \pm 1,85$ mg/l pour le nitrate, $0,96 \pm 0,56$ mg/l pour le nitrite, $1,17 \pm 0,70$ mg/l pour l'ammonium, et $0,52 \pm 0,47$ mg/l pour l'orthophosphate. L'analyse ANOVA a révélé une différence significative ($p < 0,05$) entre le barrage et les étangs pour tous les sels nutritifs, avec des concentrations plus élevées dans les étangs pour le nitrate, le nitrite et l'orthophosphate par rapport au barrage.

Tableau 4 : Concentrations moyennes en mg/l du nitrate (NO_3^-), nitrite (NO_2^-), ammonium (NH_4^+) et orthophosphate (PO_4^{3+}) des eaux des étangs et du barrage de la ferme kettin avant (Av), pendant (Pd) et après (Ap) l'élevage.

Average concentrations in mg/l of nitrate (NO_3^-), nitrite (NO_2^-), ammonium (NH_4^+) and orthophosphate (PO_4^{3+}) in the waters of the ponds and the dam of the Kettin farm before (Av), during (Pd) and after (Ap) breeding.

Structures	Périodes	Sels nutritifs			
		NO_3^-	NO_2^-	NH_4^+	PO_4^{3+}
Barrage Sans aliment	Av	$2,20 \pm 0,77^a$	$0,16 \pm 0,04^a$	$1,93 \pm 0,75^b$	$0,64 \pm 0,49$
	Pd	$5,09 \pm 1,07^b$	$1,33 \pm 0,30^b$	$0,71 \pm 13,48^a$	$0,31 \pm 0,34$
	Ap	$6,56 \pm 0,85^b$	$1,06 \pm 0,09^b$	$1,35 \pm 0,49^b$	$0,88 \pm 0,59$
Etang 1 Aliment 3A amélioré	Av	$3,53 \pm 1,71^a$	$0,16 \pm 0,06^a$	$0,35 \pm 0,18^a$	$0,93 \pm 0,62^{ab}$
	Pd	$4,02 \pm 2,03^a$	$1,47 \pm 0,51^b$	$1,06 \pm 0,78^{ab}$	$0,35 \pm 0,32^a$
	Ap	$10,03 \pm 0,45^b$	$2,04 \pm 0,67^b$	$2,09 \pm 0,48^b$	$1,60 \pm 0,20^b$
Etang 2 Aliment SAP LA ME	Av	$2,60 \pm 0,80^a$	$0,18 \pm 0,05^a$	$0,86 \pm 0,73^{ab}$	$1,38 \pm 0,33^b$
	Pd	$4,59 \pm 1,55^a$	$1,45 \pm 0,47^b$	$0,75 \pm 0,50^a$	$0,35 \pm 0,34^a$
	Ap	$9,29 \pm 1,04^b$	$1,54 \pm 0,38^b$	$1,74 \pm 0,14^b$	$1,18 \pm 0,58^b$
Etang 3 Aliment PARFACI- AISA	Av	$4,18 \pm 1,53^a$	$0,13 \pm 0,01^a$	$0,32 \pm 0,18^a$	$0,34 \pm 0,24^a$
	Pd	$5,25 \pm 2,61^a$	$1,46 \pm 0,50^b$	$1,04 \pm 0,48^b$	$0,53 \pm 0,45^a$
	Ap	$11,34 \pm 1,23^b$	$2,35 \pm 0,72^c$	$1,07 \pm 0,09^b$	$1,47 \pm 0,30^b$

Les valeurs de la même colonne portant des lettres a, b, c en exposant présentent une différence significative entre les périodes (avant, pendant et après l'élevage) ($p < 0,05$) pour une structure d'élevage donnée.

Values in the same column with superscript letters a, b, c present a significant difference between the periods (before, during and after breeding) ($p < 0.05$) for a given breeding structure.

Tableau 5 : Concentrations moyennes en mg/l des sels nutritifs des eaux des étangs et du barrage de la ferme kettin durant toute la période de l'étude.

Average concentration (mg/l) of nutrient salts in the waters of the ponds et the Kettin farm dam throughout the study period.

Sels nutritifs	Structures d'élevage			
	Barrage Sans aliment	Etang 1 Aliment 3A amélioré	Etang 2 Aliment SAP LA ME	Etang 3 Aliment PARFACI- AISA
NO_3^-	$4,61 \pm 1,85^a$	$5,09 \pm 3,05^b$	$5,00 \pm 2,68^b$	$6,18 \pm 3,39^b$
NO_2^-	$0,96 \pm 0,56^a$	$1,24 \pm 0,83^b$	$1,13 \pm 0,70^b$	$1,29 \pm 0,92^b$
NH_4^+	$1,17 \pm 0,70^b$	$1,07 \pm 0,85^b$	$0,98 \pm 0,63^a$	$0,85 \pm 0,49^a$
PO_4^{3+}	$0,52 \pm 0,47^a$	$0,75 \pm 0,63^b$	$0,79 \pm 0,58^b$	$0,67 \pm 0,55^{ab}$

Les valeurs de la même ligne portant des lettres a, b en exposant présentent une différence significative entre les structures d'élevage ($p < 0,05$) pour un sel donné.

Values in the same line with superscript letters a, b present a significant difference between the breeding structures ($p < 0.05$) for a given salt.

DISCUSSION

Cette étude a mis en évidence que la température de l'eau reste élevée dans toutes les structures d'élevage tout au long de la période d'étude. Ces températures élevées peuvent être attribuées à la température ambiante, généralement élevée en Côte d'Ivoire toute l'année (Sanou *et al.*, 2022, Lwamba *et al.*, 2015, Coulibaly *et al.*, 2012). En comparaison, les températures relevées dans cette étude dépassent celles observées par Avit *et al.* (2012) dans des fermes en étangs en Côte d'Ivoire ($26,2 \pm 0,52$ °C à $26,6 \pm 0,44$ °C), ainsi que celles de Wasseem *et al.* (2023) dans un élevage de tilapia en Égypte ($26,12 \pm 2,91$ °C à $28,06 \pm 2,34$ °C). Cependant, ces températures sont favorables à la vie aquatique (Noumon *et al.*, 2015) et correspondent à la plage de température optimale pour l'élevage de *Oreochromis niloticus*, située entre 31 et 36 °C (FAO, 2009). Aucune variation significative n'a été observée entre les périodes avant, pendant et après l'élevage, ni entre le barrage et les étangs pour ce paramètre. Concernant la conductivité, aucune différence significative n'a été notée entre les périodes ou les structures d'élevage, ce qui peut être expliqué par la stabilité des sels dissous dans les eaux de l'Agneby, principale source d'eau des étangs. Selon Diomandé *et al.* (2009), les eaux de l'Agneby présentent une conductivité faible et peu variable. En revanche, l'étude a révélé des différences significatives pour tous les autres paramètres entre les différentes phases. Cette variation est principalement due à l'apport d'aliments pendant l'élevage. La décomposition des aliments non consommés peut réduire la concentration d'oxygène dissous, générer du dioxyde de carbone (CO₂) et acidifier l'eau, entraînant une baisse du pH. De plus, les excréments et résidus alimentaires peuvent réduire la transparence de l'eau (Coulibaly *et al.*, 2019). Une circulation d'eau limitée dans certains étangs peut aussi concentrer les substances dissoutes, influençant ainsi le TDS (Sanou *et al.*, 2022). Le barrage présente des valeurs maximales pour tous les paramètres, probablement en raison de sa profondeur et de son débit de renouvellement continu d'eau, grâce à la rivière et à la nappe phréatique. À l'inverse, les étangs, avec une profondeur maximale de 1,50 m, bénéficient d'un renouvellement contrôlé de l'eau pour une gestion rationnelle des ressources. Cependant, les valeurs de température ($30,21 \pm 0,95$ °C à $30,26 \pm 0,97$

°C), d'oxygène dissous ($2,57 \pm 1,00$ mg/l à $3,94 \pm 1,28$ mg/l) et de pH ($6,92 \pm 0,52$ à $7,20 \pm 0,78$) dans les étangs restent dans des plages tolérables pour *O. niloticus*, avec des tolérances extrêmes pour la température (7-41 °C), l'oxygène dissous (0,1 mg/l) et le pH (5-11) (Plisnier *et al.*, 1988 ; Rakotovao, 2004 ; Hamouda, 2005). De plus, les valeurs de TDS ($62,73 \pm 16,64$ mg/l à $73,47 \pm 11,95$ mg/l) demeurent inférieures aux niveaux extrêmes tolérables pour *O. niloticus*, qui varient entre 500 et 3000 mg/l dans les systèmes d'élevage de tilapia. La transparence de l'eau ($26,80 \pm 13,07$ cm à $30,93 \pm 10,67$ cm) reste également supérieure à la transparence idéale (20 cm) pour l'élevage du tilapia (*O. niloticus*) (Mfossa, 2007).

Tous les sels nutritifs ont montré des variations significatives de concentration entre les différentes périodes d'élevage. Cette variabilité reflète l'instabilité des concentrations de ces sels dans l'environnement d'élevage, influencée par plusieurs facteurs, tels que l'alimentation et le métabolisme des poissons, la circulation de l'eau, les apports externes, ainsi que la température et le pH (Gouni, 1996). Ces éléments peuvent tous impacter la concentration des sels nutritifs dans un élevage de tilapia en étang (PREPICO, 2019). Pendant la période d'élevage, les concentrations des sels nutritifs augmentent. En effet, les déchets produits par les poissons, tels que les excréments et les restes d'aliments non consommés, subissent une décomposition bactérienne (EGSSAA, 2017). Ce processus libère des nutriments, y compris des sels nutritifs, dans l'eau de l'étang. Après la fin de l'élevage, l'absence de poissons pour réguler la concentration des nutriments dans l'eau peut entraîner une accumulation supplémentaire de ces derniers (Coulibaly et Atse, 2018). Dans un barrage, l'eau peut circuler plus librement, favorisant une dilution des nutriments plus efficace. En revanche, dans les étangs d'élevage, la circulation de l'eau étant souvent limitée, des concentrations de nutriments peuvent s'accumuler dans l'eau (Guei, 2020). De plus, la décomposition de la matière organique peut libérer des composés comme le nitrate, le nitrite et l'orthophosphate, accentuant cette accumulation dans les eaux des étangs d'élevage (N'Goran, 2019). Les concentrations élevées d'ammonium observées dans le barrage par rapport aux étangs peuvent être expliquées par une moindre consommation de cet élément par les poissons. En effet, les barrages abritent une variété d'espèces de poissons qui ne

consomment pas autant d'ammonium que les tilapias, poissons omnivores qui contribuent à réduire ces concentrations dans les étangs d'élevage (Thabet, 2017). Les résultats de cette étude montrent que les concentrations de NO_2^- et NH_4^+ dépassent les seuils recommandés pour l'élevage du tilapia, fixés respectivement à 0,5 mg/l pour les nitrites et 0,02 mg/l pour l'ammonium. Des concentrations élevées de nitrites et d'ammonium peuvent être nuisibles aux poissons, entraînant des lésions branchiales, une réduction de leur capacité à transporter l'oxygène, voire la mortalité en cas d'exposition prolongée à ces concentrations (Coulibaly *et al.*, 2019). De plus, les concentrations de PO_4^{3-} dépassent les seuils recommandés pour l'élevage du tilapia, fixés à 0,1 mg/l pour l'orthophosphate. Des niveaux élevés de phosphates peuvent stimuler la prolifération excessive d'algues et d'autres organismes indésirables, perturbant ainsi l'équilibre écologique de l'étang et affectant la qualité de l'eau, ce qui peut nuire à la santé et à la croissance des poissons (FAO, 2011). Cependant, les concentrations de NO_3^- restent inférieures aux seuils recommandés, fixés à 50 mg/l pour les nitrates. Cette faible concentration de nitrate peut être liée à une faible nitrification par des bactéries due à une insuffisance d'oxygène (Ciria *et al.*, 2005).

CONCLUSION

Cette étude met en évidence les variations significatives de paramètres physico-chimiques et de concentrations de sels nutritifs au sein des structures d'élevage de *Oreochromis niloticus* de la ferme Kettin. Les températures élevées enregistrées sont compatibles avec les conditions de vie optimales de *Oreochromis niloticus*. Néanmoins, les fluctuations importantes de certains paramètres, notamment le pH, les niveaux d'oxygène dissous, et les concentrations de nutriments tels que les nitrites, l'ammonium et l'orthophosphate, soulignent les défis de gestion dans les environnements d'élevage en étang de cette ferme. Ces concentrations excessives sont provoquées par le rejet et la décomposition de la matière organique dans les étangs. Il apparaît donc important d'intégrer des stratégies de gestion de la qualité de l'eau pour réguler les concentrations de ces nutriments.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient chaleureusement le PASRES pour le financement de cette étude.

REFERENCES

- AFNOR. 1997. Qualité de l'eau, recueil des normes françaises. AFNOR, Paris, France, 4 p.
- Aminot A. & Chaussepied M. 1983. Manuel des analyses chimiques en milieu marin. CNEXO, Editions Jouve, Paris, France, 395 p.
- AOAC. 1995. Official methods of analysis, 16th edition. Association Of Analytical Chemist. Washington DC, USA, 1094 p.
- Avit J.B.L.F. Bony K.Y. Kouassi N.C. Konan K.F. Assemian O. & Allouko J.R. 2012. Conditions écologiques de production de fingerlings de *Oreochromis niloticus* (Linné, 1758) en association avec le riz WITA 12 en étang, Journal of Applied Biosciences, 59: 4271- 4285.
- Butler R. Reedyk S. Murrell S. & Mah B. 2005. Use of barley straw for algal control in prairie dugouts. final report. Agriculture and Agri-Food Canada, Prairie Farm Rehabilitation Administration, Regina Saskatchewan, 43 p.
- Ciria, M.P. Solano, M.L. Soriano P. 2005. Role of macrophyte *Typha latifolia* in a constructed wetland for wastewater treatment and assessment of its potential as a biomass fuel. Biosystems Engineering, 92 (4) : 535 - 544.
- Coulibaly S. Atse B.C. Koffi K.M. Sylla S. Konan K.J. & Kouassi N.J. 2012. Seasonal Accumulations of Some Heavy Metal in Water, Sediment and Tissues of Black Chinned Tilapia *Sarotherodon melanotheron* from Bietri Bay in Ebrie Lagoon, Ivory Coast. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 128 : 12-522.
- Coulibaly S. & Atsé B.C. 2018. Qualité physico-chimique des eaux de deux fermes de grossissement de *Oreochromis niloticus* utilisant des aliments différents en Côte d'Ivoire, 13th International Scientific Forum, ISF 2018, 4-6 October, Fez, Morocco, Proceedings, 160 - 175.
- Coulibaly S. N'goran V.K. & Atse B.C. 2019. Etude comparative de la qualité des eaux des

- étangs et du barrage d'une ferme Piscicole en Etang au Sud-Est de la Côte d'Ivoire. *European Scientific Journal*, 15 (24) : 42 - 58.
- Diomandé D. Kotchi B.Y. Edia O.E. Konan K.F. & Gourène G. 2009. Diversité des Macroinvertébrés Benthiques de la Rivière Agnéby (Côte d'Ivoire; Afrique de l'Ouest), *European Journal of Scientific Research*, 35(3) : 368 - 377.
- EGSSAA. 2017. Pecheries. 2e partie <https://20172020.usaid.gov/sites/default/files/documents/1860/EGSSAA-Fr-Pt2Ch6-.pdf>
- FAO. 2009. *Oreochromis niloticus*. In *Cultured aquatic species fact sheets*. Text by Rakocy, J. E. Edited and compiled by Valerio Crespi and Michael New. CD-ROM (multilingual).
- FAO. 2011. Méthodes simples pour l'aquaculture. En ligne sur [www.fao.org/Passion bassin](http://www.fao.org/Passion_bassin), consulté le 30-11-2023.
- Fermon, Y. 2010. La pisciculture de substance en étang en Afrique. Manuel technique. Bagnolet (France).
- Gouni A. 1996. Performances de croissance du tilapia *Oreochromis mossambicus* élevé seul et en association avec les tortues de mer *Chelonia mydas* en eau de mer. Intérêt économique et impact sur le milieu du d'un aliment. Mémoire de stage diplôme d'études supérieures spécialisées productions animales en régions chaudes. Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort France, 142 p.
- Guei A.M.L. 2020. Niveau d'eutrophisation des étangs piscicoles utilisant des aliments farineux. Mémoire de Master, Université Felix Houphouët-Boigny, Abidjan - Cocody, Côte d'Ivoire, 50 p.
- Hamouda I.A. 2005. Contribution à l'étude de l'inversion sexuelle chez une espèce de poisson d'eau douce: Tilapia (*Oreochromis niloticus*). Mémoire en vue de l'obtention d'un diplôme d'ingénieur d'état en Sciences de la mer <https://www.memoireonline.com/07/09/2320/m>, consulté le 13-11-2023.
- Koroleff F. 1976. Determination of ammonia in natural waters as indophenol blue. ICES, C.M. 1969/C 9 HydrComm, 12 p.
- Lwamba B.J. Katim M.A. Kiwaya A.T, Ipungu L.R. & Nyongombe U.N. 2015. Variations de la température de l'eau des étangs en période froide à Lubumbashi (R.D. Congo) et implications pour la production des poissons. *Journal of Applied Biosciences*, 90: 8429 - 8437
- Mfossa M.D. 2007. Caractérisation des étangs d'inondation de la plaine des Mbô et analyse des facteurs influençant leur production piscicole. Université de Dschang, FASA-Diplôme d'Ingénieur des Eaux, Forêt et Chasses, <https://www.memoireonline.com/03/12/5602/consulté> le 3-01-2024.
- Murphy J. & Riley J.P. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural water. *Analytica Chimica Acta*, 27: 31 - 36.
- N'Goran K.V. 2019. Variations saisonnières des sels nutritifs et de la chlorophylle " a " dans les eaux d'une ferme piscicole en étang au Sud-est de la Côte d'Ivoire. Mémoire de Master II. Université Felix Houphouët-Boigny, Abidjan - Cocody, Côte d'Ivoire, 50 p.
- Noumon C.J. Mama D. Dedjiho C.A. Agbossou E. & Ibouraima S. 2015. Évaluation de la qualité physico-chimique et du risque d'eutrophisation de la retenue d'eau de Kogbétohouè (Sud-Bénin). *Journal of Applied Biosciences*, 85: 7848 - 7861.
- Plisnier P.D. Micha J.C. & Frank V., 1988. Biologie et exploitation des poissons du lac Ihema (Bassin de l'Akagera, Rwanda). Presses Universitaires de Namur, Namur, Belgique, 212 p.
- PREPICO. 2019. Projet de relance de la production piscicole continentale en république de Côte d'Ivoire. Rapport final. 326 p.
- Rakotovafo R.J.N. 2004. Valorisation des tilapias en charcuterie : fabrication semi-industrielle de saucisses à base de tilapias. Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur agronome option Industries Agricoles et Alimentaires. Université d'Antananarivo, Madagascar, 161 p.
- Sanou A. Coulibaly S. Guei A.M.L. Baro M. Tanon E.F.T. Meite N. & Atse B.C. 2022. Assessment of some physico-chemical parameters of the fish farm water in Abengourou, Côte d'Ivoire. *Egyptian Jour-*

- nal of Aquatic Biology & Fisheries Zoology 26 (5): 319 - 343.
- Tanon E. F. T. 2020. Qualité environnementale d'une ferme piscicole en étang: risque potentiel de toxicité pour les poissons d'élevage. Mémoire de Master, Université Felix Houphouët-Boigny, Abidjan - Cocody, Côte d'Ivoire, 48 p.
- Thabet R. 2017. Etude comparative de l'élevage du Tilapia du Nil "*Oreochromis niloticus*" entre les eaux douces et géothermales en Tunisie. Mémoire de Master, Institut Supérieur de Pêche et d'Aquaculture de Bizerte - Tunisie, 72 p.
- Wasseem E. Mohamed E.B. Marwa F.A.K. Mohamed M.A-R. & Radi A. M. 2023. Modifying the Design of Pond Production Systems can Improve the Health and Welfare of Farmed Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus*. Pakistan Journal of Zoology : 1-6.