



Analyses multivariées et polymorphisme phénotypique des souches de Tilapia du Nil (*Oreochromis niloticus* Linné, 1758) du Cameroun

Kpoumie Nsangou Amidou^{1, 2*}, Fonkwa Georges^{1, 2}, Tonfack Achille Peguy^{2, 3}, Tsoupou Kuete Suzy Gladys^{2, 3}, Tadakeng Djoukeng Yanick⁵, Njoukou Salifou², Nyadjeu Paulin¹, Fotsa Jean Claude³, Efole Ewoukem Thomas^{4, 2}, Tomedi Eyango Minette¹, Manjeli Yacouba⁵

¹Laboratory of Aquaculture and Demography of Aquatic Resources, Department of Aquaculture, Institute of Fisheries and Aquatic Sciences, University of Douala, P.O. Box 7236 Douala-Cameroon

²Applied Hydrobiology and Ichthyology Research Unit, Department of Animal Science, Faculty of Agronomy and Agricultural Science, University of Dschang, P.O. Box 222, Dschang-Cameroon

³Animal and Fish Production Program, Institute of Agricultural Research for Development (IRAD), B.P. 27, Foumbot, Cameroun

⁴Department of Aquatic Ecosystem's Management, Institute of Fisheries and Aquatic Sciences, University of Douala. P.O. Box 7236 Douala-Cameroon

⁵Laboratoire de génétique et de bio-informatiques, Département des Productions Animales, FASA, 188, Dschang-Cameroon

*Corresponding author: kpnsangou@yahoo.fr, 00237691359704, kpoumiensangou02@gmail.com

Submission 11th October 2023. Published online at <https://www.m.elewa.org/Journals/> on 31st December 2023. <https://doi.org/10.35759/JABs.192.5>

RÉSUMÉ

Objectif : Contribuer à une meilleure connaissance de la biodiversité des ressources génétiques halieutiques du Cameroun et notamment de l'espèce *Oreochromis niloticus*, à l'effet de sa préservation, de sa valorisation et de son amélioration génétique.

Méthodologie et résultats : Dix-neuf caractéristiques biométriques et méristiques, collectées sur 301 spécimens de *Oreochromis niloticus*, ont été soumises à l'analyse des composantes principales, à la classification ascendante hiérarchisée et à l'analyse factorielle discriminante. Les principaux résultats ont montré que les deux premières composantes principales, respectivement pour les variables métriques et méristiques, ont expliqué à plus de 41,44% et 44,23% la variabilité phénotypique totale observée.

Conclusion et application des résultats : Les variables ayant majoritairement contribué à cette variabilité ont été : Longueurs totale, standard, pré-pectorale, de la tête et les nombres d'épine anale, des branchiospines, des écailles de la ligne inférieure gauche et de rayons dorsaux. Les longueurs standard, totale, prépectorale, les nombres d'écailles de la ligne supérieure gauche, des rayons anaux ont été les plus discriminantes. La population étudiée serait constituée de trois types génétiques, groupables en deux sous-groupes sur la base des variations intra/inter populations et des distances génétiques. La typologie génétique a révélé que toutes les caractéristiques biométriques considérées ainsi que certaines caractéristiques méristiques ont mieux caractérisé les souches étudiées de tilapia. L'amélioration génétique de cette ressource est donc envisageable de

par la diversité phénotypique de cette ressource halieutique. Une caractérisation moléculaire et de la résistance aux maladies de cette ressource serait nécessaire pour une vue globale de ses aptitudes.

Mots clés : Tilapia du Nil, analyse multivariée, caractéristiques morphobiométriques, types génétiques, Cameroun.

Multivariate analyses and phenotypic polymorphism of Nile tilapia strains (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758) from Cameroon

ABSTRACT

Objective: Contribute to a better knowledge of aquatic biodiversity resource, for its sustainable conservation and its genetic improvement in Cameroon in general and particularly for *Oreochromis niloticus* species.

Methodology and results: Nineteen biometric and meristic characteristics, collected from 301 specimens of *Oreochromis niloticus*, have been submitted to principal component analysis, hierarchical ascending classification and to discriminant factor analysis. The main results showed that the first two principal components, respectively for the metric and meristic variables, explained more than 41.44% and 44.23% of the total phenotypic variability observed.

Conclusion and application of results: The variables having mainly contributed to this variability were: Total, standard, pre-pectoral, head lengths and the numbers of anal spine, gill rakers, scales of the lower left line and dorsal rays. The standard, total, prepectoral lengths, the numbers of scales of the upper left line, of the anal rays were the most discriminating. The population studied would be made up of three genetic types, which can be grouped into two subgroups on the basis of intra/inter population variations and genetic distances. The genetic typology revealed that all the considered biometric characteristics as well as some meristic characteristics better characterized the studied strains of tilapia. The genetic improvement of this aquatic resource is possible in view of its phenotypic diversity. A molecular and diseases resistance characterization of this resource would be necessary for a global view of its abilities.

Keywords: Nile Tilapia, multivariate analysis, morphobiometric characteristics, genetic types, Cameroon

INTRODUCTION

La caractérisation de la diversité phénotypique des populations animales en général et des poissons en particulier dans les pays en voie de développement joue un rôle majeur dans la préservation des ressources génétiques et conséquemment dans l'amélioration des productions aquacoles. Cette amélioration doit se baser sur une meilleure connaissance des ressources génétiques endogènes (Lazard, 2009). En Afrique sub-saharienne, le poisson représente 22% de l'offre en protéine animale et 50% au Cameroun (FAO 2018). Au Cameroun, la demande en poissons de table se situe annuellement à près de 500 000 tonnes alors que l'offre nationale n'est estimée qu'à 335 000 tonnes avec moins de 4,5 % provenant de l'aquaculture (MINEPIA, 2021). Pour combler ce déficit de production, environ 200 000 tonnes de poissons supplémentaires, parfois de qualité douteuse, sont importés ; ce qui engendre une dépense annuelle de 150 milliards (MINEPIA, 2021). Dans l'optique de la résorption du déficit de production de poisson tributaire de la stagnation des débarquements des pêches et à la démographie galopante FAO (2009) recommande l'implémentation d'un programme d'amélioration génétique des poissons, gage du développement d'un élevage performant. Cependant, l'amélioration de la productivité des espèces animales et donc des poissons, leur utilisation et leur conservation durable nécessitent la connaissance de leurs caractéristiques génétiques (Melesse *et al.*, 2013). C'est à cette suite que, l'étude sur la diversité génétique et sa caractérisation sont devenues les préoccupations majeures des généticiens (Okpeku *et al.*, 2011). La diversité génétique est étudiée en comparant les performances de différentes populations/souches naturelles ou d'élevage (Quillet *et al.*, 2007; Lazard, 2009). En outre, la plus grande diversité génétique du monde des populations animales se trouve dans les

pays en développement. Ces derniers, avec très peu de laboratoires spécialisés, ont des populations endogènes encore mal caractérisées d'où une perte significative de la biodiversité entraînant la baisse de la variation génétique des populations. La caractérisation phénotypique des animaux est donc indispensable au développement des stratégies durables de gestion et de conservation des ressources génétiques locales ainsi qu'à leur amélioration génétique (Lauvergne, 1982 ; FAO, 2013). En outre, les données morphologiques permettent d'expliquer la mise en place des communautés piscicoles (Bitjanyom, 2012). Toutefois, en aquaculture, la plupart des travaux ont été restreints à l'utilisation de l'analyse des variances à un ou deux facteurs, alors que la tendance actuelle en matière de classification des populations ou souches implique l'utilisation d'outils statistiques. Les analyses multifactorielles discriminantes se sont avérées être plus appropriées pour évaluer la variation au sein d'une espèce et pour discriminer différents types de souches lorsque toutes les variables sont considérées conjointement (Dogmo *et al.*, 2020 ; Dossa *et al.*, 2007). L'espèce de poisson *Oreochromis niloticus*, communément appelée tilapia du Nil, est la principale ressource halieutique utilisée en aquaculture dans les eaux continentales d'Afrique (Soara, 2005). Elle représente la majeure source de revenus des pisciculteurs africains (ADB, 2005 ; Adebo et Alfred, 2008). Souvent surnommé « poulet aquatique » (Lazard, 1987), grâce à ses caractéristiques zootechniques intéressantes, le tilapia du Nil joue un rôle appréciable dans la vie des pisciculteurs et des consommateurs camerounais. Or, au cours de ces dernières décennies, une détérioration des performances zootechniques de cette espèce est observée entraînant la faible productivité de son élevage (Soara, 2005 ; Lazard, 2009). Dans l'optique de rechercher des solutions aux différents

problèmes que rencontre cette ressource halieutique, Lazard (1987) et la FAO (2009) ont recommandé une amélioration génétique de la souche à travers la sélection des meilleurs caractères pour la reproduction et la croissance. Cette amélioration des productions doit se baser sur les ressources génétiques endogènes et commencer par une meilleure connaissance de celles-ci (Lazard, 2009 ; Youssao *et al.*, 2010). Ainsi, grâce aux outils statistiques précis, les caractères biométriques et méristiques seraient d'excellents moyens d'identification et de mesure des rapports entre les stocks en vue de leur amélioration génétique (Costa *et al.*, 2003

; Quilang *et al.*, 2007 ; Amon *et al.* 2013). L'objectif général de la présente étude a été de contribuer à une meilleure connaissance de la biodiversité des ressources génétiques halieutiques du Cameroun pour une production durable. Plus spécifiquement, sur la base des caractères biométriques et méristiques, il s'est agi d'utiliser les composantes principales et les analyses multifactorielles discriminantes pour analyser la variabilité génétique, déterminer la structure de la population, établir les relations phylogénétiques et identifier chaque type génétique de la population de *Oreochromis niloticus* du Cameroun en vue de son amélioration génétique et de sa préservation.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Zones d'étude : L'étude a été effectuée au Cameroun, pays situé entre le 2^{ème} et le 13^{ème} degré de latitude Nord et le 8^{ème} et 16^{ème} degré de longitude Est. Le climat est du type tropical sec et tempéré respectivement au Nord et au Centre tandis qu'il est pluvieux et sec sur la bordure littorale et équatorial sur le plateau. Le potentiel hydrographique du Cameroun est estimé à environ 285,5 kilomètres cubes. Les cours d'eau du pays se répartissent en cinq grandes unités hydrographiques à savoir les bassins de l'atlantique, du Congo, du Niger, du lac Tchad et le bassin du Nyong et des fleuves côtiers (PANGIRE, 2009).

Sites d'échantillonnage : En fonction de l'importance qu'accordent les producteurs au site d'échantillonnage des poissons en milieu naturel et de la logistique disponible, les poissons ont été collectés dans les bassins hydrographiques du Niger (barrage de Lagdo) et de la Sanaga (barrage de la Mapé). Ainsi, 6

groupes de pêcheurs, représentant 6 points distincts de pêche ont été échantillonnés dans chaque bassin. La souche domestiquée a été collectée à la Station de l'Institut Recherche Agricole pour le Développement (IRAD) de Foumban, Département du Noun, par vidange complète des étangs de stockage. Tous les échantillons ont été collectés et analysés entre mars et septembre 2019 au laboratoire vétérinaire et d'aquaculture de la Station de l'IRAD de Foumban.

Matériels biologiques : Un total de 331 spécimens de Tilapias, provenant des sites susmentionnés, dont 163 mâles et 168 femelles ont été collectés puis transportés dans des glacières réfrigérées et analysés immédiatement dès leur arrivée au Laboratoire Vétérinaire et d'Aquaculture de l'IRAD. Les données ont été collectées en prenant en compte l'origine et le sexe des poissons (Tableau 1).

Tableau 1 : Caractéristiques des échantillons de poissons en fonction des sites de récolte et leur physico-chimie

Sites et sexes des poissons		Poids moyen (g)	Effectif total	Physicochimie	
				Température (°C)	Oxygène (mg/l)
Niger	Mâle (♂)	129,50 ± 36,95	55	31	6
	Femelle (♀)	130,60 ± 23,95	48		
	♂+♀	130,05 ± 30,45	103		

Sanaga	Mâle (♂)	127,70 ± 17,96	62	27	7
	Femelle (♀)	129,10 ± 10,88	52		
	♂+♀	128,40 ± 14,42	114		
Domestique	Mâle (♂)	135,40 ± 48,53	46	26	4
	Femelle (♀)	61,20 ± 9,72	68		
	♂+♀	98,30 ± 29,13	114		

Collecte des données biométriques et méristiques :

Les poissons collectés ont été sexés manuellement et pesés individuellement au gramme près à l'aide d'une balance électronique de marque BF-400. Leurs longueurs ont été également mesurées au millimètre près grâce à un ichtyomètre. Au total, vingt-neuf (29) descripteurs dont 19 métriques et 10 méristiques ont été relevés sur chaque spécimen selon Adépo-Gourène *et al.* (2008), BitjaNyom (2012) et Amoussou *et al.* (2017). Pour ce qui est des données biométriques, les mensurations ont été faites à l'aide d'un pied-à-coulisse de type TIKUYO. Les caractères métriques analysés ont été : les longueurs totale (LT), standard (LS), de la tête (Ltête), du museau (Lmu), pré-anale (LPrA), pré-dorsale (LPrD), prépectorale (LPrPC), pré-pelvienne (LPrP), du pédoncule caudal (LPC), de la base de la nageoire dorsale (LbnD), de la nageoire anale (LbnA), de la nageoire pectorale (LnPc), les diamètres de l'œil (DO) et inter-orbitaire (DIO); les plus longues épines pelvienne (LepP), anale (LepA) et dorsale (LepD); la hauteur maximale du corps (HMC) et la hauteur du pédoncule caudal (HPC). Les données biométriques prises sur le corps et la tête ont été rapportées respectivement en pourcentage de la longueur standard et de la tête. Les caractéristiques méristiques étudiées quant à elles ont été : ont été les nombres de branchiospines, de rayon à la dorsale (Rdors) et à l'anale (Ranal), d'écaillés autour du pédoncule caudal (EAPC), d'épines dorsales (EpD) et anales (EpA), d'écaille sur la ligne latérale supérieure (ELSG) et inférieure (ELIG) du côté gauche, d'écaille sur la ligne latérale supérieure (ELSD) et inférieure (ELID) du côté droit. Le comptage des diverses pièces anatomiques a

été réalisé sous une loupe binoculaire de type OLYMPUS SZ.30.

Analyses statistiques : Sur la base de 19 mensurations biométriques et de 10 caractéristiques méristiques, les analyses en composantes principales (ACP) ont été effectuées afin d'évaluer la variabilité génétique de la population étudiée (FAO, 2016). L'analyse de la structure de la population a été réalisée à l'aide de l'analyse factorielle discriminante (AFD) moyennant le même nombre de mensuration et de paramètre méristique (FAO, 2013) à l'effet d'identifier les caractères qui distinguent au mieux les Tilapias du Nil échantillonnés. Pour identifier les types génétiques, la construction de l'arbre phylogénétique ou dendrogramme a été réalisée suivant le protocole de la classification ascendante hiérarchisée (CAH), et la corrélation de Pearson par lien complet a permis de déterminer les relations qui existent entre les variables (Roux 2006). La distance de Mahalanobis, entre les centres de gravité des différents groupes, a été aussi déterminée. La typologie des souches de Tilapia du Nil a été mise en évidence au moyen de l'analyse de la variance (ANOVA). Lorsque les effets des facteurs ont été significatifs, le test de Duncan a permis la comparaison des moyennes. Le modèle statistique utilisé pour l'analyse des données a été le suivant :

$$Y_{ik} = \mu + \alpha_i + \alpha\beta_i + \varepsilon_{ik}, \text{ où :}$$

- Y_{ik} = observation sur l'animal k d'origine i ;
- μ = moyenne générale de la population ;
- α_i = effet moyen de la souche i ($i = 1, 2, 3$);
- ε_{ij} = erreur résiduelle sur l'individu j de souche j .

Toutes ces analyses ont été effectuées à l'aide du logiciel XLSTAT-Pro version 10.5.2.

RÉSULTATS

Variabilité génétique des populations du tilapia du Nil du Cameroun : Les poids factoriels, la valeur propre et la variance cumulée des différentes composantes principales à l'analyse de la variabilité observée au sein de la population de Tilapia du Nil sont résumés dans les Tableaux 2 et 3 et illustrés par la Figure 1 respectivement pour les variables biométriques et méristiques. Il en ressort que les 2 premières composantes principales (F1 et F2) ont des valeurs propres de 4,83 et 3,04 puis 2,67 et 1,75

respectivement pour les variables métriques et méristiques. Respectivement pour les variables métriques et méristiques, ces 2 composantes représentent cumulativement 41,44% et 44,23% de la variabilité phénotypique totale observée au sein des populations de Tilapia du Nil du Cameroun. Autrement dit, une représentation de ces variables sur 2 axes montrera toujours une préservation de plus de 41% et 44% de la variabilité totale respectivement pour les données métriques et méristiques.

Tableau 2 : Poids factoriels, valeurs propres, variances et variances cumulées des variables métriques sur les 8 premiers axes de l'ACP

Variables	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
LT	0,757	0,093	0,018	0,010	0,073	0,014	0,009
LS	0,774	0,084	0,014	0,004	0,044	0,014	0,023
LPc	0,213	0,335	0,194	0,000	0,006	0,024	0,000
LbnA	0,233	0,312	0,007	0,039	0,116	0,054	0,000
LbnD	0,207	0,070	0,234	0,024	0,012	0,009	0,115
LPrPC	0,385	0,397	0,033	0,005	0,004	0,009	0,002
LPrP	0,259	0,268	0,012	0,000	0,037	0,009	0,050
LPrA	0,005	0,112	0,002	0,004	0,033	0,593	0,170
LPrD	0,069	0,168	0,344	0,012	0,007	0,006	0,000
HMC	0,057	0,007	0,639	0,001	0,008	0,084	0,020
HPC	0,002	0,174	0,301	0,000	0,099	0,005	0,000
LPC	0,010	0,013	0,012	0,651	0,003	0,001	0,011
LepP	0,223	0,001	0,046	0,322	0,021	0,000	0,150
LepA	0,459	0,227	0,003	0,051	0,003	0,006	0,003
LepD	0,010	0,000	0,134	0,192	0,020	0,124	0,304
Ltete	0,413	0,416	0,065	0,001	0,006	0,018	0,003
Lmu	0,256	0,041	0,038	0,287	0,046	0,047	0,037
DIO	0,016	0,314	0,024	0,042	0,459	0,076	0,001
DO	0,480	0,011	0,001	0,049	0,300	0,000	0,004
Valeur propre	4,830	3,040	2,120	1,690	1,290	1,090	0,900
Variabilité (%)	25,420	16,020	11,170	8,910	6,820	5,760	4,760
% cumulé	25,420	41,440	52,600	61,510	68,330	74,090	78,860

F = composante principale ; % = pourcentage. Longueur totale ; longueur standard ; hauteur du pédoncule caudal ; longueur du pédoncule caudal ; hauteur maximale du corps ; Longueur de la tête ; longueur du museau ; distance interorbitaire ; diamètre de l'œil, longueur de l'os préorbitaire, largeur de l'os pharyngien inférieur, longueur prédorsale, longueur préanale, longueur prépelvienne, longueur prépectorale, longueur de la base de la nageoire dorsale, longueur de la plus longue épine dorsale, longueur de la base de la nageoire anale, longueur de la plus longue épine anale, longueur de l'épine pélvienne, longueur de la nageoire pectorale.

Tableau 3 : Poids factoriels, valeurs propres, variances et variances cumulées des variables méristiques sur les 8 premiers axes de l'ACP

Variables	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
ELSG	0,044	0,319	0,047	0,056	0,361	0,010	0,131
ELIG	0,396	0,137	0,009	0,027	0,126	0,079	0,178

ELSD	0,050	0,046	0,034	0,577	0,160	0,028	0,004
ELID	0,292	0,242	0,010	0,000	0,079	0,316	0,015
EAPC	0,306	0,202	0,064	0,124	0,006	0,041	0,048
Rdors	0,373	0,055	0,232	0,026	0,160	0,032	0,006
Ranal	0,074	0,334	0,255	0,079	0,013	0,073	0,086
EpD	0,178	0,249	0,409	0,032	0,038	0,002	0,005
EpA	0,488	0,134	0,115	0,109	0,006	0,010	0,035
Branchiospines	0,468	0,036	0,086	0,206	0,041	0,065	0,000
Valeur propre	2,668	1,754	1,261	1,237	0,988	0,656	0,506
Variabilité (%)	26,684	17,544	12,608	12,369	9,876	6,563	5,059
% cumulé	26,684	44,228	56,836	69,205	79,081	85,644	90,702

F= axe de l'ACP, nombre de rayons à la dorsale et à l'anale, nombre d'écaillés en ligne latérale et autour du pédoncule caudal, nombre d'épine dorsales, épines anales, nombre d'écaillage sur la ligne latérale supérieure et inférieure du côté gauche et droite, les écaillés sur la ligne latérale inférieure, écaillés pré-dorsales.

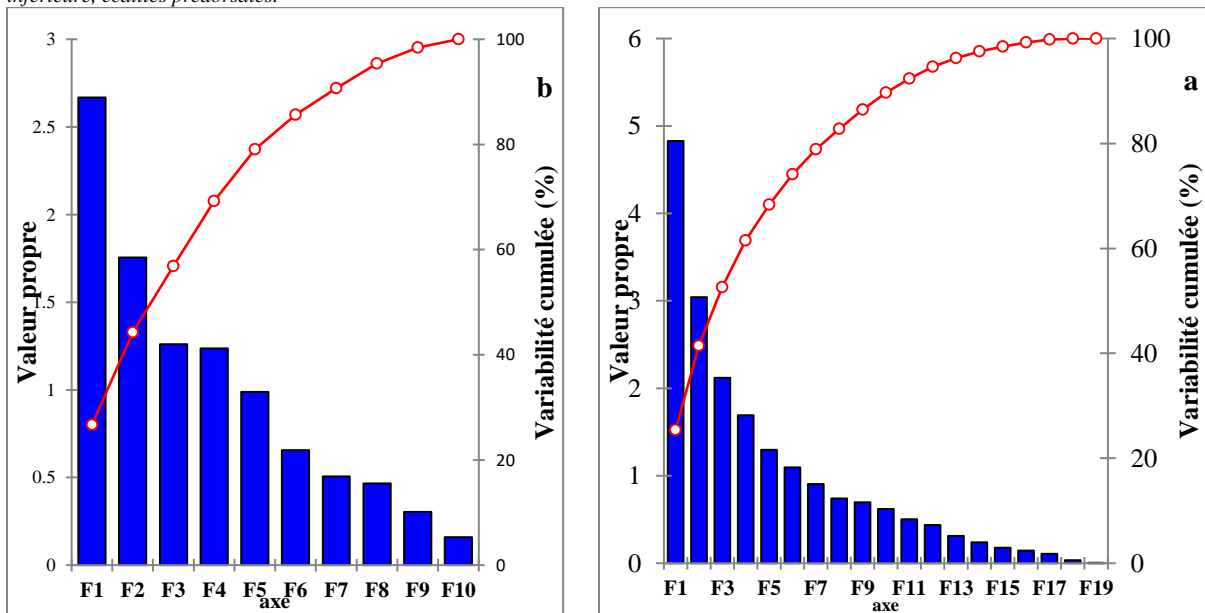


Figure 1 : Contribution des composantes principales biométriques (a) et méristiques (b) à la variabilité génétique au sein des souches de *Oreochromis niloticus*

À chaque valeur propre correspond un facteur et ces facteurs, n'étant pas corrélés entre eux, peuvent néanmoins être en association avec les variables. De manière générale, le facteur indiquant la dimension de l'ACP est égal à l'axe de ce dernier. Le facteur étant une combinaison linéaire des 19 ou des 10 variables quantitatives de départ, il est ainsi nécessaire de mettre en évidence la contribution de chaque variable à l'explication de la variabilité phénotypique totale observée et les corrélations entre les variables. Les cosinus carrés des variables métriques et méristiques de la population de Tilapia du Nil sont récapitulés dans le Tableau 4 tandis que les corrélations entre les variables par rapport

aux axes F1 et F2 sont illustrées par la Figure 2. Considérant les données biométriques, il apparaît que les variables ayant contribué le plus à la variabilité totale observée au sein de la population du tilapia du Nil sont les longueurs totale et standard pour la composante principale F1 tandis que la composante F2 est constituée principalement des longueurs pré-pectoral, de la tête et du pédoncule caudal (Tableau 4). Pour ce qui est des variables méristiques, les nombres d'épines anales et de branchiospines, les écaillés de la ligne inférieure gauche et le nombre de rayons dorsaux contribuent le plus à la variabilité totale observée au sein de la population des tilapias pour la composante F1

alors que la composante F2 est déterminée essentiellement par les écailles des lignes supérieures gauche et le nombre de rayons anaux.

Tableau 4 : Cosinus carrés des variables métriques et méristiques des populations de Tilapia du Nil

Métriques	F1	F2	Méristiques	F1	F2
LT	15,666	3,069	ELSG	1,633	18,154
LS	16,033	2,763	ELIG	14,851	7,795
LPc	4,412	11,008	ELSD	1,878	2,646
LbnA	4,816	10,253	ELID	10,957	13,819
LbnD	4,296	2,314	EAPC	11,457	11,537
LPrPC	7,965	13,046	Rdors	13,983	3,134
LPrP	5,371	8,815	Ranal	2,756	19,044
LPrA	0,110	3,671	EpD	6,664	14,204
LPrD	1,424	5,514	EpA	18,297	7,637
HMC	1,184	0,236	branchiospines	17,524	2,029
HPC	0,050	5,711			
LPC	0,211	0,429			
LepP	4,616	0,030			
LepA	9,500	7,463			
LepD	0,210	0,000			
Ltete	8,542	13,676			
Lmu	5,310	1,337			
DIO	0,338	10,320			
DO	9,947	0,345			

Longueur totale ; longueur standard; hauteur du pédoncule caudal; longueur du pédoncule caudal; hauteur maximale du corps; longueur de la tête; longueur du museau; distance inter-orbitaire; diamètre de l'œil, longueur de l'os pré-orbitaire, largeur de l'os pharyngien inférieur, longueur pré-dorsale, longueur pré-anale, longueur pré-pelviennne, longueur pré-pectorale, longueur de la base de la nageoire dorsale, longueur de la plus longue épine dorsale, longueur de la base de la nageoire anale, longueur de la plus longue épine anale, longueur de l'épine pelviennne, longueur de la nageoire pectorale. F= axe de l'ACP, branchiospines, nombre de rayons à la dorsale et à l'anale, nombre d'écailles en ligne latérale et autour du pédoncule caudal, nombre d'épine dorsales, épines anales, nombre d'écaille sur la ligne latérale supérieure et inférieure du côté gauche et droite, les écailles sur la ligne latérale inférieure, écailles pré-dorsales,

Les cercles des corrélations (Figure 2) correspondent à une projection des variables initiales sur un plan à deux dimensions constituées par les deux premiers facteurs. Ils montrent ainsi que la longueur totale et standard sont fortement et positivement corrélées entre elles tandis que le diamètre inter-orbitaire et de l'œil sont moyennement et négativement associés aux longueurs totale et standard. Quant aux variables méristiques, les nombres des épines anales et de branchiospines sont fortement et positivement corrélés entre

eux. Il peut également être constaté à partir des résultats de la Figure 2 confirmant ceux du Tableau 3 que les variables longueurs totales (15) et standard (16) et les nombres d'épines anales (18) et de branchiospines (17) sont associées à l'axe F1 alors que l'axe F2 est essentiellement lié aux longueurs prépectorale (13) et de la tête (13), les nombres des écailles de la ligne supérieure gauche (18) et le nombre des rayons anaux (1). En effet, les cosinus carrés de ces variables en valeurs absolue sont particulièrement plus élevés.

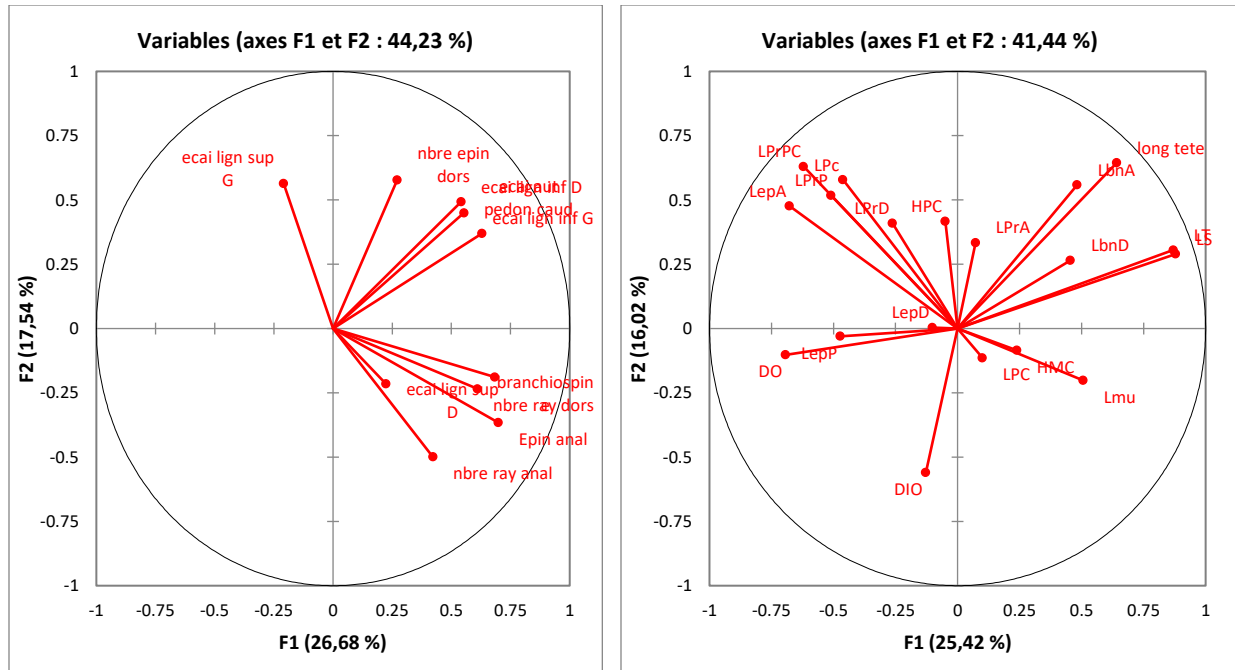


Figure 2 : Cercle des corrélations des variables méristiques et biométriques

Structure de la population des tilapias du Nil du Cameroun : L'analyse factorielle discriminante (AFD) a permis de déceler graphiquement que les classes ou souches de tilapias du Nil sont distinctes. Elle a ensuite permis d'identifier les caractéristiques des différents groupes sur la base de variables explicatives. Les caractéristiques biométriques et méristiques moyennes de 3 types génétiques ainsi résumées dans les Tableaux 5 montrent que, indépendamment des variables

considérées, les types génétiques 1 (individus du bassin de la Sanaga) sont caractérisés par les mensurations élevées tandis que les types génétiques 2 (souche domestique) et 3 (souche du bassin du Niger) ont respectivement des mensurations moyennes et faibles. Les différences observées peuvent être dues aux facteurs d'ordre génétique d'une part (souche, sexe) ou d'ordre exogène d'autre part (physicochimie, conduite de l'élevage) et/ou de l'interaction entre les deux facteurs.

Tableau 5 : Caractéristiques morphobiométriques des 3 types génétiques de l'espèce *Oreochromis niloticus* du Cameroun

Variables Métrique	Types génétiques			Variables Méristiques	Types génétiques		
	C1	C2	C3		C1	C2	C3
LT	19,023	17,488	18,813	ELSG	22,417	22,353	22,769
LS	15,423	13,871	15,342	ELIG	14,649	14,752	15,308
LPc	35,980	39,995	38,538	ELSD	22,654	22,726	22,615
LbnA	17,654	17,584	18,377	ELID	14,057	14,305	15,462
LbnD	59,088	57,081	59,432	EAPC	14,404	15,461	16,308
LPrPC	31,143	34,594	34,209	Rdors	29,154	29,961	29,769
LPrP	38,859	40,510	40,670	Ranal	16,961	17,002	17,077
LPrA	73,805	73,916	73,940	EpD	12,154	12,445	11,846
LPrD	32,932	34,173	36,797	EpA	2,908	2,995	02,923
HMC	39,806	37,108	40,371	branchiospines	24,991	27,297	26,923
HPC	14,333	14,356	15,279				
LPC	13,186	12,415	13,113				
LepP	15,171	15,387	15,955				
LepA	14,423	16,085	16,817				
LepD	14,923	15,461	15,626				
Ltete	04,808	04,759	05,133				
Lmu	30,670	27,352	28,967				
DIO	50,984	52,780	46,766				
DO	26,727	29,935	28,199				

Longueur totale ; longueur standard; hauteur du pédoncule caudal; longueur du pédoncule caudal; hauteur maximale du corps; longueur de la tête; longueur du museau; distance inter-orbitaire; diamètre de l'œil, longueur de l'os pré-orbitaire, largeur de l'os pharyngien inférieur, longueur pré-dorsale, longueur pré-anale, longueur pré-pelviennne, longueur pré-pectorale, longueur de la base de la nageoire dorsale, longueur de la plus longue épine dorsale, longueur de la base de la nageoire anale, longueur de la plus longue épine anale, longueur de l'épine pelviennne, longueur de la nageoire pectorale. F= axe de l'ACP, branchiospines, nombre de rayons à la dorsale et à l'anale, nombre d'écaillés en ligne latérale et autour du pédoncule caudal, nombre d'épine dorsales, épines anales, nombre d'écaillage sur la ligne latérale supérieure et inférieure du côté gauche et droite, les écaillés sur la ligne latérale inférieure, écaillés pré-dorsales

Les valeurs propres et le pourcentage de variance correspondant sont consignées dans le Tableau 6 tandis que la Figure 3 construite à partir des coordonnées des variables du Tableau 6 montre les corrélations entre les 29 variables. Il en découle de cette figure que le facteur F1 est plus corrélé à la hauteur maximale du corps, le diamètre inter-orbitaire

et la hauteur du pédoncule caudal, pendant que F2 est plus corrélé à la longueur prépectorale (LPrPc), la plus longue épine anale (LepA) et la longueur du pédoncule caudale (LpC). La hauteur maximale du corps, la hauteur du pédoncule caudal et le diamètre inter-orbitaire semblent être les variables les plus discriminantes.

Tableau 6 : Valeurs propres et pourcentage de variance des variables biométriques et méristiques.

	Variables			
	Méristique		Biométrique	
	F1	F2	F1	F2
Valeur propre	1,368	0,615	10,117	3,380
Discrimination (%)	68,991	31,009	74,958	25,042
% cumulé	68,991	100,000	74,958	100,000

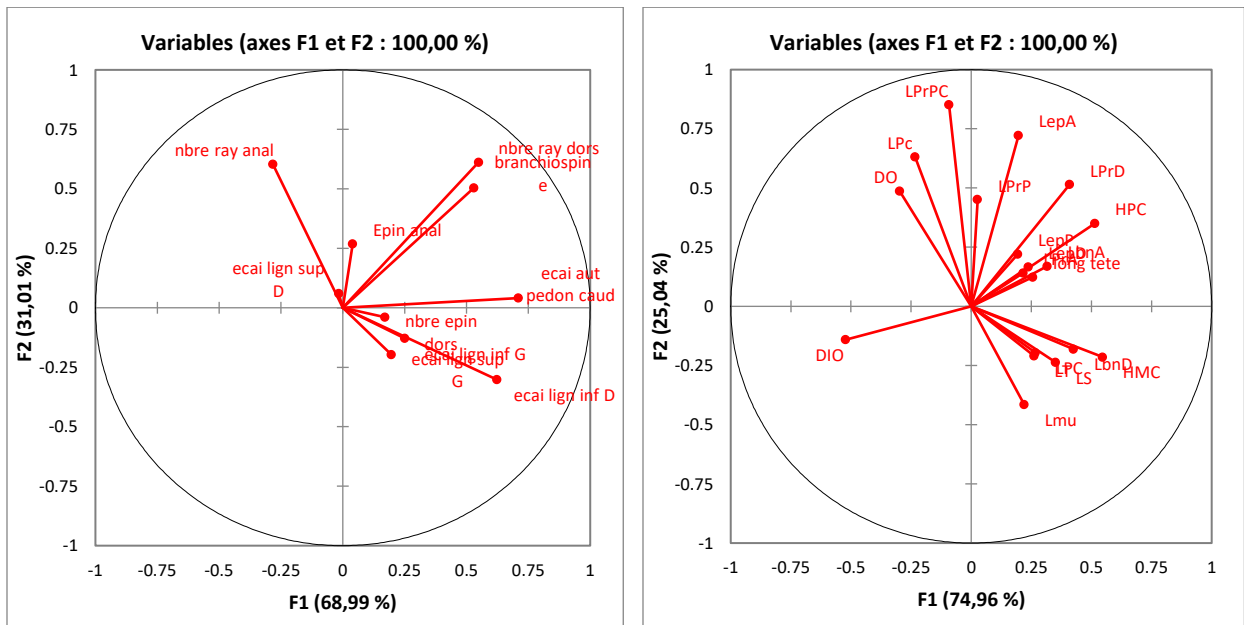


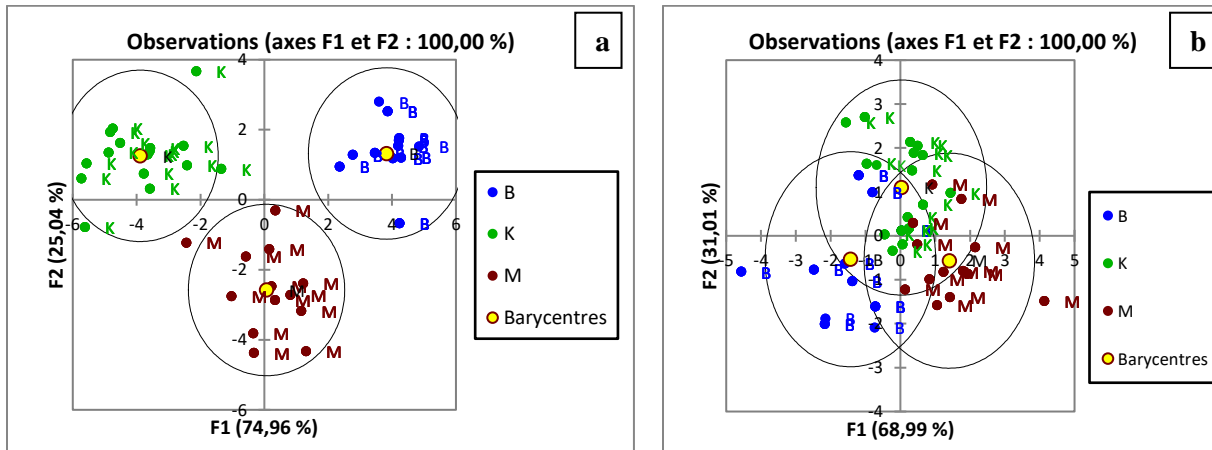
Figure 3 : Corrélations variables-facteurs

La répartition des types génétiques de tilapia du Nil sur les axes factoriels (F1 et F2) est illustrée par la Figure 4. Il apparaît que les individus sont bien différenciés sur les axes factoriels obtenus à partir des 29 variables explicatives initiales. Ainsi, l'axe F1 discrimine le mieux les trois types génétiques. Le groupe constitué par les individus du bassin de la Sanaga sur la base des données métriques, est isolé dans la partie négative de l'axe 1 contrairement aux autres groupes qui sont

situés dans la partie positive du même axe. Par ailleurs, la souche du bassin de Niger et la souche domestique forment deux groupes distincts par rapport à l'axe F2. Les individus du bassin de Niger sont plus resserrés autour du barycentre tandis que ceux des autres types sont plus dispersés. En ce qui concerne les données méristiques, les groupes représentant les individus du bassin de Niger et du bassin de la Sanaga sont isolés dans la partie négative de l'axe 1 (F1) contrairement au groupe de la

souche domestique situé dans la partie positive du même axe. Il ressort également que le groupe constitué de la souche domestique et celui du bassin de la Sanaga sont situés sur la partie positive du second axe (F2). Cependant, il est noté que les individus du bassin de Niger et ceux domestiques forment deux groupes distincts par rapport à l'axe 2 (F2). En effet, la souche du bassin de Niger forme un groupe très distinct et l'éloignement entre ce groupe et

les individus des groupes du bassin de la Sanaga et la souche domestique est considérable par rapport à la distance qu'entretiennent ces derniers entre eux. Néanmoins, certains individus des différents groupes appartiennent à la zone d'intersection ou zone commune entre les cercles limitant les différents groupes ; ce qui suggère un échange probable des spécimens entre les souches issues des différentes origines.

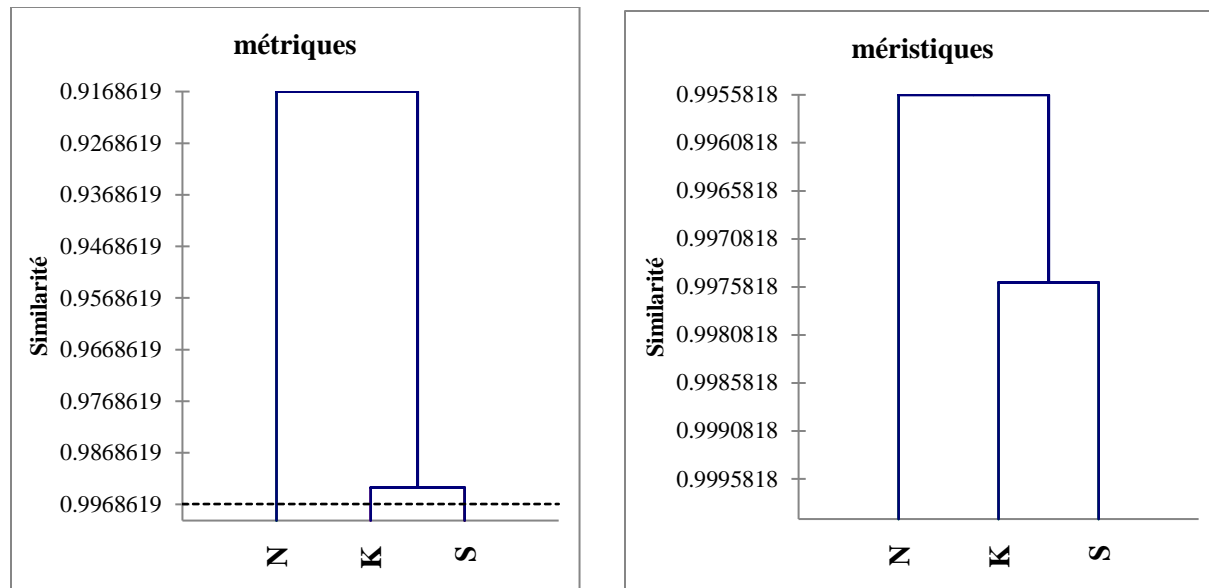


B : bassin du Niger, M : bassin de la Sanaga et K : souche domestique.

Figure 4 : Structures des populations basées sur les variables biométriques (a) et méristiques (b)

Analyse phylogénétique des populations de tilapia du Nil du Cameroun : Les liens entre les 3 types phylogénétique génétiques de la population étudiée en fonction de la similarité sont illustrés par le dendrogramme de la Figure 5. Des relations entre les trois types génétiques y sont établies. La population du tilapia du Nil serait constituée de 2 sous-groupes, soit le premier formé de N (souche de Niger) et le second constitué de K+S (souches de la Sanaga et domestique). Ce rapprochement serait

probablement lié soit à la variation au sein et/ou entre les populations, soit alors aux distances génétiques entre les 3 types. En outre, ce rapprochement se justifierait par les similarités des caractéristiques physico-chimiques des eaux où elles ont été collectées et s'expliquerait par des éventuels échanges du matériel génétique entre les 2 souches dans le passé. Toutefois, les variables méristiques semblent plus discriminant.



N, K et S = types de population ; avec N= bassin du Niger ; K= souche domestique et S= bassin de la Sanaga.

Figure 5 : Dendrogramme illustrant les distances phylogénétiques sur la base des variables biométriques et méristiques

La variation entre les populations est plus élevée que celle observée au sein de la population (Tableau 7) ce qui laisse penser que

les populations de tilapia des zones échantillonnées du Cameroun ne seraient pas apparentées.

Tableau 7 : Décomposition de la variance pour la classification optimale

Variables	Variables			
	Méristique		Biométrique	
	Absolu	Pourcentage (%)	Absolu	Pourcentage (%)
Intra-classe	0,550	15,92	234,000	26,60
Inter-classes	3,005	84,08	801,344	73,40
Total	3,455	100,00	1035,344	100,00

Les distances phylogénétiques de mahalanobis entre les trois souches ainsi résumées dans le Tableau 8 montrent que le groupe du bassin de Niger et celui qui partagent la distance génétique la plus grande (107,28) par rapport à celles séparant les souches des bassins du Niger et de

la Sanaga (65,09). La plus courte distance est observée entre les souches domestiques et celle du bassin de la Sanaga (54,26) supposant ainsi que ces dernières partageraient un plus grand patrimoine génétique.

Tableau 8 : Distances phylogénétiques de mahalanobis entre les trois souches

Souches	Sanaga	Domestique	Niger
Sanaga	0,000	54,264	65,090
Domestique	54,264	0,000	107,285
Niger	65,090	107,285	0,000

Catégorisation des types génétiques : La description des types génétiques qui forment l'espèce *Oreochromis niloticus* du Cameroun est résumée dans les Tableaux 9 et 10 respectivement pour les variables méristiques et biométriques. Il en découle que (Tableau 9) la variabilité en souches de tilapia du Nil du Cameroun est significativement influencée ($p < 0,05$) par le nombre des branchiospines, nombre de rayons à la dorsale et à l'anale, nombre d'écailles en ligne latérale et autour du

pédoncule caudal, nombre d'écaille sur la ligne latérale supérieure du côté gauche, nombre d'écaille sur la ligne latérale inférieure du côté gauche et droite et le nombre d'écailles pré-dorsales. Ces variables permettent ainsi de mieux décrire les tilapias du Nil du Cameroun. A l'exception du nombre de rayon anal, le type génétique 3 ou Bassin de la Sanaga présente les valeurs significatives des caractéristiques les plus élevées ($p < 0,05$) quelle que soit la variable considérée.

Tableau 9 : Répartition des variables méristiques du tilapia du Nil en fonctions des types génétiques au Cameroun.

Variables biométriques	Types génétiques			p
	1 bassin du Niger	2 Souche domestique	3 bassin Sanaga	
	± E.S	± E.S	± E.S	
Écaille ligne supérieure gauche	22,417±0,259 ^b	22,353±0,376 ^b	22,769±0,881 ^a	0,045
Écaille ligne inférieure gauche	14,649±0,465 ^b	14,752±0,143 ^b	15,308±0,643 ^a	0,028
Écaille ligne supérieure droite	22,654±0,687 ^a	22,726±0,634 ^a	22,615±0,333 ^a	0,882
Écaille ligne inférieure droite	14,057±0,078 ^b	14,305±0,876 ^b	15,462±0,743 ^a	0,0001
Écaille autour pédoncule caudal	14,404±0,332 ^b	15,461±0,546 ^b	16,308±0,645 ^a	0,0001
Nombre rayon dorsale	29,154±3,238 ^b	29,961±2,652 ^a	29,769±2,955 ^a	0,0001
Nombre épine dorsale	16,961±0,991 ^a	17,002±1,154 ^a	17,077±1,278 ^a	0,237
Nombre rayon anale	12,154±0,543 ^a	12,445±0,345 ^a	11,846±0,123 ^b	0,0001
Nombre épine anal	2,908±0,566 ^a	2,995±0,876 ^a	2,923±0,764 ^a	0,093
Branchiospines	24,991±0,112 ^b	27,297±0,256 ^a	26,923±0,341 ^a	0,0001

La variabilité en souches de tilapia du Nil du Cameroun est significativement influencée ($p < 0,05$) par toutes les caractéristiques biométriques considérées (Tableau 10). Ces variables permettent ainsi de mieux décrire les populations de tilapia du Cameroun. A l'exception de la distance inter-orbitaire, le type génétique 3 (Bassin de la Sanaga) présente les valeurs significatives des caractéristiques les plus élevées ($p < 0,05$) quelle que soit la variable considérée. Toutefois, les valeurs des longueurs pré-anale,

pré-pelvienne et pré-pectorale des types génétiques 2 et 3 sont comparables ($p > 0,05$). Par contre, le type génétique 1 présente les caractéristiques biométriques (Longueur pré-pectorale, pré-anale, pré-dorsale, les plus longue épines anales et dorsales, le diamètre de l'œil) significativement les plus faibles ($p < 0,05$). Les différences, observées seraient dues aux variations des conditions physico-chimiques et climatiques des différentes origines hydro-géographiques des poissons.

Tableau 10 : Répartition des variables biométriques du tilapia du Nil en fonctions des types génétiques au Cameroun.

Variables biométriques	Types génétiques			p
	1	2	3	
	(bassin du Niger)	Station piscicole	(bassin Sanaga)	
	± E.S	± E.S	± E.S	
Longueur totale	19,023±0,167 ^a	17,488±0,77 ^b	18,813±0,866 ^a	0,000
Longueur standard	15,423±0,352 ^a	13,871±0,765 ^b	15,342±0,219 ^a	< 0,0001
Longueur pectorale	35,980±3,078 ^c	39,995±2,578 ^a	38,538±3,183 ^b	< 0,0001
Longueur base nageoire anale	17,654±0,278 ^b	17,584±0,198 ^b	18,377±0,774 ^a	< 0,0001
Longueur base nageoire dorsale	59,088±0,818 ^a	57,081±0,667 ^b	59,432±1,028 ^a	< 0,0001
Longueur pré pectorale	31,143±0,113 ^b	34,594±0,543 ^a	34,209±0,627 ^a	< 0,0001
Longueur pré pelvienne	38,859±0,192 ^b	40,510±0,551 ^a	40,670±0,376 ^a	< 0,0001
Longueur pré anale	73,805±2,466 ^b	73,916±1,815 ^b	73,94,0±2,444 ^a	0,007
Longueur pré dorsale	32,932±2,857 ^c	34,173±1,872 ^b	36,797±2,121 ^a	< 0,0001
Hauteur maximale du corps	39,806±0,312 ^b	37,108±0,688 ^c	40,371±0,197 ^a	< 0,0001
Hauteur du pédoncule caudal	14,333±0,688 ^b	14,356±0,561 ^b	15,279±0,228 ^a	< 0,0001
Longueur du pédoncule caudal	13,186±0,228 ^a	12,415±0,177 ^c	13,113±0,342 ^a	0,000
Longueur de l'épine pelvienne	15,171±1,831 ^b	15,387±0,779 ^b	15,955±2,333 ^a	0,002
Longueur de l'épine anale	14,423±0,69 ^c	16,085±1,101 ^b	16,817±0,656 ^a	< 0,0001
Longueur de l'épine dorsale	14,923±0,044 ^c	15,461±0,671 ^c	15,626±0,459 ^a	0,002
Longueur de la tête	04,808±0,036 ^b	04,759±0,086 ^b	05,133±0,675 ^a	0,002
Longueur du museau	30,670±0,438 ^a	27,352±0,618 ^c	28,967±0,648 ^b	< 0,0001
Distance inter orbitaire	50,984±0,478 ^b	52,780±1,321 ^a	46,766±1,288 ^c	< 0,0001
Diamètre de l'œil	26,727±0,453 ^c	29,935±0,654 ^a	28,199±0,478 ^b	< 0,0001

DISCUSSION

Plusieurs caractéristiques méristiques (rayons dorsaux, épines dorsales, écailles des lignes inférieures gauche et droite, écailles des lignes supérieure gauche et droite, branchiospines) ont permis de différencier les populations étudiées. Parmi ces caractères, les rayons dorsaux, les écailles des lignes latérales supérieure et inférieure et les branchiospines ont déjà été cités par Amoussou *et al.* (2017) comme caractères les plus discriminants chez l'espèce *Oreochromis niloticus*. Pour ce qui est du nombre de branchiospines, le même constat relatif au caractère plus discriminant a été fait par Thys van den Audenaerde (1966) pour séparer les tilapias du Sud-Cameroun et du Gabon. Suivant la classification faite par cet auteur, le tilapia du Nil est une espèce qui possède un nombre élevé de branchiospines soit 23 au total Cette observation corrobore les résultats la présente étude c'est-à-dire plus de 24 branchiospines. Le nombre élevé de branchiospines suggère une meilleure

adaptation des souches de tilapia du Nil du Cameroun à des milieux pauvres en oxygène dissout. Concernant les caractères biométriques, les longueurs de la base de la nageoire anale, pré-anale, de la tête, de l'épine pelvienne, le diamètre de l'œil, la distance inter-orbitale et la hauteur du pédoncule caudal ont permis de distinguer les populations étudiées. Parmi ces caractères, la longueur de la tête et la hauteur du pédoncule caudal ont déjà été évoquées par Konan (2009) comme caractères les plus discriminants de diverses populations des espèces *Sarotherodon melanotheron* et *Ethmalosa fimbriata*. Amoussou *et al.* (2017) ont également retenu trois de ces descripteurs (longueur de la tête, distance inter-orbitale et hauteur du pédoncule caudal) comme caractères à fort pouvoir discriminant lors de la différenciation des populations de l'espèce *Oreochromis niloticus* de celles du Bénin. Cette observation est en accord avec les résultats obtenus par Gourène

et Teugels (1993) sur les souches de tilapia du Nil provenant du bassin du Burkina Faso, du bassin du Nil (Ouganda) et du lac Manzaleh en Égypte. Les différences morphobiométriques observées entre les populations étudiées proviendraient de la variabilité entre souches ou entre sous-espèces de tilapia. En effet, selon Agnèse *et al.* (1998), les populations africaines de l'espèce *Oreochromis niloticus* ont été subdivisées en 7 sous-espèces sur la base des données morphobiométriques. Ces différences seraient tributaires de l'impact de l'environnement à travers les variations des caractéristiques physico-chimiques des eaux des deux bassins (Sanaga et Niger) et de la station piscicole (souche domestique). En effet, Chapman *et al.* (2002) ont relevé que les poissons des zones hypoxiques développent un plus grand nombre de branchiospines (branchies) que ceux venant des zones monoxiques ou hyperoxyques en réponse adaptative à leur biotope. Relativement à la variabilité inter population, il est apparu des différences remarquables sur les caractéristiques biométriques telles que la longueur de la base de la nageoire anale, la longueur pré-anale, la longueur de la tête, la hauteur du pédoncule caudal, la plus longue épine pelvienne, la distance inter-orbitale et le diamètre de l'œil. Cependant, pour les caractères méristiques, les différences ont été observées sur les rayons dorsaux, les épines dorsales, les écailles des lignes inférieures gauches et droite, les écailles des lignes latérales supérieures gauche et droite et les branchiospines. Ces observations sont similaires à celles rapportées par Duponchelle et Panfili (1998) sur l'espèce *Oreochromis niloticus* collectée dans un lac artificiel de la Côte d'Ivoire et par Amoussou *et al.* (2017a) au Bénin ; indiquant ainsi que ces caractéristiques permettent de mieux différencier les stocks de *Oreochromis*

niloticus. Les méthodes et outils d'analyses des données de la présente étude ont permis de montrer clairement que les caractéristiques méristiques ont été plus discriminants que les caractéristiques biométriques. Il s'agit par exemple des branchiospines (Amon *et al.*, 2013). Cependant, des observations contraires faites par Gourène et Teugels (1993) ont été justifiées par le fait que les caractères métriques sont des paramètres écologiques clés et liés à l'habitat du poisson. Ces auteurs ont également montré que les caractéristiques métriques notamment, les longueurs pré-pelvienne, pré-pectorale, de la tête et pré-anale ont été les plus pertinents dans la discrimination de l'espèce *Oreochromis niloticus*. Pour Pante *et al.* (1988), le caractère métrique le plus discriminant chez le tilapia a été la longueur de la tête contrairement à Schliwen *et al.* (2001) qui ont plutôt indiqué le diamètre de l'œil ; Ces observations sont similaires aux résultats de la présente étude, à l'exception des longueurs pré-pelvienne et pré-pectorale. Ainsi, ces les caractéristiques biométriques et méristiques identifiés comme discriminants ont aidé à dissocier les populations étudiées en deux groupes. Le premier étant constitué des individus du bassin de Niger et le deuxième groupe de ceux du bassin de la Sanaga et de la souche domestique de la station piscicole de Koupa. Ceci pourrait être expliqué par le rapprochement ou la proximité géographique de la Station Expérimentale de l'IRAD de Koupa et du bassin de la Sanaga d'une part et de l'éloignement du bassin de Niger d'autre part qui, dans ce sens, est le seul groupe géographiquement isolé. Cette diversité phylogénétique suggérerait une diversité des performances zootechniques et des résistances aux maladies des différentes souches dont il faudrait évaluer.

CONCLUSION ET APPLICATION DES RESULTATS

Au terme de l'étude visant à contribuer à une meilleure connaissance de la biodiversité des ressources génétiques halieutiques du Cameroun et notamment du tilapia du Nil, en vue de sa préservation et de son amélioration génétique, il est apparu que la variabilité phénotypique totale observée au sein de la population de tilapias étudiée a été expliquée par les 2 premières composantes principales, quelle que soit les variables considérées. Les variables ayant contribué le plus à la variabilité totale observée ont été les longueurs totale et standard, les longueurs pré-pectoral, de la tête et du pédoncule caudal, le nombre d'épine anale, le nombre des branchiospines, les écailles de la ligne inférieure gauche et le nombre de rayons dorsaux. Les axes F1 ont été fortement liés aux longueurs totale et standard, aux nombres d'épines anales et de branchiospines tandis que les axes F2 ont été essentiellement constitués des longueurs pré-pectorale et de la tête, des nombres des écailles de la ligne supérieure gauche et le nombre des rayons anaux. Les longueurs

standard et totale ainsi que longueurs pré-pectorale et de la tête, les nombres des écailles de la ligne supérieure gauche et le nombre des rayons anaux ont semblé être les variables les plus discriminantes. La population étudiée serait constituée de 3 types génétiques groupables en 2 sous-groupes sur la base des variations intra/inter populations et des distances génétiques. La typologie génétique a révélé que toutes les caractéristiques biométriques considérées ainsi que certaines caractéristiques méristiques à l'exception des nombres d'épines anales et dorsales, d'écailles de la ligne supérieure droite ont mieux caractérisé les populations de tilapia du Nil des zones échantillonnées du Cameroun. L'amélioration génétique de cette ressource est donc envisageable de par la diversité phénotypique de cette ressource halieutique. Il serait souhaitable de faire une caractérisation moléculaire de cette ressource et d'étudier sa résistance aux maladies pour une vue globale de ses aptitudes.

CONFLITS D'INTERETS

Les auteurs attestent qu'il n'existe aucun conflit d'intérêts entre eux ou autre partie au sujet de cet article.

CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

KNA a conçu le dispositif expérimental. Ce dernier a conduit l'essai et collectée les données avec FG, TAP, TKSG et NS sous la supervision de FJC, EET, TEM et MY. Tous

les auteurs ont participé à la rédaction et/ou à la correction de l'article.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient monsieur Pempeme Nsangou Zacharie et dame Mewouo Pasma qui ont financé ce travail. Ils remercient également les techniciens de la station de l'Institut de Recherche Agronomique pour le Développement (IRAD) de Foumban.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ADB. 2005. An impact evaluation of the development of genetically improved farmed tilapia. Mandaluyong, Philippines: Asian Development Bank, 4 p.

Adebo GM, Alfred SDY. 2008. Economic analysis of contribution of tilapia production and marketing to gender

empowerment in Ondo and Ekiti states, Nigeria. In : 8th *International Symposium on Tilapia in Aquaculture*, 657–664.

Adepo-Gourene B, Gourene G. 2008. - Différenciation morphologique des populations naturelles d'une sous espèce de tilapia *Sarotherodon*

- melanotheron melanotheron* Rüppell, 1852 (Teleostei ; Cichlidae) de Côte d'Ivoire. Sci. Nat., 5(1) : 15-27. <http://dx.doi.org/10.4314/scinat.v5i1.4> 2148
- Agnès JF, Adépo-Gourène B, Abban EK, Fermon Y. 1998. Genetic differentiation among natural populations of the Nile Tilapia *Oreochromis niloticus* (Teleostei, Cichlidae). ORSTOM. Paris. 18 p.
- Amon YN, Yao K, Ouattara M, Kouman YC, Atse BC. 2013. Morphologie des hybrides issus du croisement intergénérique entre *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) et *Sarotherodon melanotheron* (Rüppel, 1852). J. Appl. Biosci., 54-86. DOI:10.4314/jab.v69i0.95073
- Amoussou TO, Toguyeni A, Imorou TI, Chikou A, Mivice B, Youssao AKI. 2017. Analysis of Morphological Parameters of Wild Populations of *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) of the Three Hydrographic Basins of Southern Benin. *Europ. Jour. Acad. Ess.*, 4 (1) : 1-11
- BitjaNyom AR, Gilles A, Pariselle A, Snoeks J, Bilong Bilong CF. 2012. Divergences morphologiques allopatriques et sympatriques de *Tilapia kottae* (Perciformes, Cichlidae) endémique des lacs Barombi Kotto et Mboandong et affinités avec des Tilapias de la Ligne Volcanique du Cameroun. *Cybum* 2012, 36(2): 335-348.
- Chapman LJ, Chapman CA, Nordlie FG, Rosenberger AE. 2002. Physiological refugia: Swamps, hypoxia tolerance and maintenance of fish diversity in the Lake Victoria region. *Comp. Biochem. Physiol.*, 133 (3): 421-437.
- Costa JL, De Almeida PR, Costa MJ. 2003. A morphometric and meristic investigation of Lusitanian toadfish *Halobatrachus didoctylus* (Bloch and Schneider, 1801): evidence of population fragmentation on Portuguese coast. *Scientia. Marina.*, 67 (2): 219-231.
- Dongmo DF, Meutchieye F, Fotsa JC, Mingoas JP, Manjeli Y. 2020. Analyses multi variées des populations de pintade commune (*Numida meleagris*) dans la zone soudano-sahélienne du Cameroun. *World Family Poultry Journal | Journal Mondial de l'Aviculture Familiale | Diario Mundial de la Avicultura Familiar*, Vol.1, No.1 0/57
- Dossa LH, Wollny C, Gaulty M. 2007. Spatial variation in goat populations from Benin as revealed by multivariate analysis of morphological traits. *Small Rumin. Res.*, 73: 150-159. <http://dx.doi.org/10.1016/j.smallrumres.2007.01.003>
- Duponchelle F, Panfili J. 1998. Variations in age and size at maturity of female Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, populations from man-made lakes of Côte d'Ivoire. *Environ. Biol. Fish.*, 52 : 453-465.
- FAO. 2013. Caractérisation phénotypiques des ressources génétiques animales. Directive FAO sur la production et la santé animale. N° 11. Rome : 152p.
- FAO. 2009. Développement de l'aquaculture. 3. Gestion des ressources génétiques. *FAO Directi. techn. pour une pêc. respon.* No. 5 (3) : 160 p.
- FAO. 2018. La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture 2018. Atteindre les objectifs de développement durable. Rome. Licence : CC BY-NC-SA 3.0 IGO., 174 p.
- Gourene G, Teugels GG. 1993. Différenciation morphologique de souches des tilapias *Oreochromis niloticus* et *O. aureus* (Teleostei ; Cichlidae) utilisées en pisciculture. *Cybum*, 17(4) : 343-355.

- Konan KT. 2009. Diversité morphologique des populations d'*Ethmalosa fimbriata* (Bowdich, 1825) de la lagune Ebrié (Côte d'Ivoire). *Diplôme d'Etudes Approfondies en Sciences et Gestion de l'Environnement*. Université d'Abobo-Adjamé, Abidjan, Côte d'Ivoire, 49 p.
- Lauvergne JJ. 1982. Genetics in animal populations after domestication: the consequence for breed conservation. In: *Second World Congress of Genetics Applied to Animal Production*, Madrid. Vol. 6, p. 77–87.
- Lazard J. 2009. La pisciculture des tilapias. *Cah. Agric.*, 18(2–3) : 393–401.
- Melesse A, Banerjee S, Lakew A, Mersha F, Hailemariam F, Tsegaye S, Tafesse M. 2013. Morphological characterization of indigenous sheep in Southern Regional State, Ethiopia. *An. Gen. Res.*, 52 :39 – 50.
- MINEPIA. 2021. Ministère de l'Élevage, des Pêches et des Industries Animales. Situation de la production halieutique au Cameroun. Media terre : hausse de la production halieutique au Cameroun. Fiche technique, Yaoundé, 102-151.
- Okpeku M, Peters SO, Ozoje MO, Adebambo OA, Agaviezor BO, O'Neill MJ, Imumorin IG. 2011. Preliminary analysis of microsatellite-based genetic diversity of goats in southern Nigeria. *Anim. Gen. Res.*, 49 :33– 41. DOI :10.1017/S207863361100035X
- PANGIRE. 2009. Plan d'Action National de Gestion Intégrée des Ressources en eau deuxième édition. Etat des lieux du secteur eau et environnement, 213 p.
- Pante MJR, Lester LJ, Pullin RSV. 1988. A preliminary study on the use of canonical discriminant analysis of morphometric characters to identify cultured tilapias. *In the Proceedings of the 2nd International Symposium on Tilapia in Aquaculture*, 251–257 p
- Quilang JP, Basiao ZU, Pagulayan RC, Roderos RR, Barrios EB. 2007. Meristic and morphometric variation in the silver perch, *Leiopotherapon plumbeus* (Kner, 1864), from three lakes in the Philippines. *J. of Appl. Ichth.*, 23 : 561-567. DOI :10.1111/J.1439-0426.2007.00862.X
- Quillet E, Boudry P, Lapègue S. 2007. Variabilité génétique de la réponse aux organismes pathogènes : un outil pour améliorer la santé des mollusques et poissons d'élevage. *INRA Prod. Anim.*, 20: 239-252
- Schliewen U, Rassmann K, Markmann M, Markert JT, Kocher, Tautz D. 2001. Genetic and ecological divergence of a monophyletic cichlid species pair under fully sympatric conditions in Lake Ejagham, Cameroon. *Mol. Ecol.*, 10 (6) : 1471–1488. DOI :10.1046/J.1365-294X.2007.01276.X
- Soara AE. 2005. Caractérisation génétique des populations de *Oreochromis niloticus*. Mémoire d'Ingénieur, Université de Parakou, Parakou, p. 51.
- Thys Van Den Audenaerde DFE. 1966. Les Tilapia (Pisces, Cichlidae) du Sud-Cameroun et du Gabon : étude systématique. *Annales du Musée Royal de l'Afrique Centrale. Sciences zoologiques* 153. Tervuren, Belgique, p 98.