

*Contribution à la Mise au Point de Trois Formules Alimentaires Commerciales à Base des Sous-produits Agricoles Locaux Disponibles à Kinshasa (R.D Congo) pour L'élevage des Alevins, Juvéniles et Géniteurs de Poissons *Clarias gariepinus* B., 1882*

*[Contribution to the Development of Three Commercial Feed Formulas Based on Local Agricultural By-products Available in Kinshasa (DR Congo) for Rearing *Clarias gariepinus* B., 1882 Fry, Juveniles and Broodstock]*

Willy LUSASI SWANA ^{1*}, Etychan MBWANZIME MAKENGO ², Christian YAGA NZEGE¹, Clément MUNGANGA Kilingwa ¹, Valérie MADIANGANU MANTALA ³, Rodrigue TUMENGA PANDI ⁴, Santos KAVUMBU Mutanda¹ & Victor PWEMA KIAMFU¹

¹ Laboratoire de Limnologie, Hydrobiologie et Aquaculture, Mention Sciences de la Vie, Faculté des Sciences et Technologies, Université de Kinshasa (UNIKIN), B.P. 190 Kinshasa XI, RD Congo

² Mention Sciences de la Vie, Faculté des Sciences et Technologies, Université de Kinshasa (UNIKIN), B.P. 190 Kinshasa XI, RD Congo

³ Faculté des Sciences Agronomiques, Université de Kikwit (UNIKIK), B.P. 76 Kikwit, Kwilu, R.D Congo

⁴ Option de Français Langues Africaines, Section des Lettres et Sciences Humaines, Institut Supérieur Technique de Lobo (ISPT Lobo), Kwango, R.D Congo

*Correspondance : willy.lusasi@unikin.ac.cd ; +243 813 662 026



Résumé – Cette étude a pour objectif général de mettre au point trois formules alimentaires pour l'élevage des poissons *Clarias gariepinus* B., 1822 des différents stades de croissance avec de sous-produits agricoles locaux à des fins commerciales. Trois lots des rations alimentaires destinées à l'élevage des alevins, juvéniles et géniteurs de *C. gariepinus* ont été mises au point. Après la formulation, les aliments ont fait l'objet des analyses bromatologiques de leur composition nutritionnelle. Les résultats obtenus ont montré que les granulés secs et frais des rations alimentaires formulées présentent des valeurs de référence de base qui couvrent le besoin nutritionnel des alevins, des juvéniles et des géniteurs de poissons *C. gariepinus*. Le taux de protéines brutes de l'aliment A1, destiné à l'alimentation des géniteurs est de 38±1,66% contre 42±1,66% de protéines brutes pour l'aliment A2 destiné à l'alimentation des juvéniles et 48±1,66% du taux de protéines brutes pour l'aliment A3 destiné à l'alimentation des alevins. Les teneurs en énergie varient sensiblement entre les différentes rations alimentaires : A1 = 359,13±72,84 Kcal, A2 = 284,93±54,31 Kcal et A3 = 547,33±84,71 Kcal. Les granulés des aliments formulés présentent une durée moyenne de flottaison acceptable à la surface de l'eau. Les analyses de l'aspect

économique des rations alimentaires mises au point ont montré qu'il est moins coûteux de produire un kilogramme d'aliment à base des sous-produits agro-industriels en faisant recours aux intrants localement disponibles. En termes du coût de production, l'aliment A3 (3,862 FC) suivi de l'aliment A2 (3,621 FC) ont été le plus coûteux à formuler que l'aliment A1 (3,183 FC). Les résultats de cette étude sont d'une importance capitale dans la mise en place des chaînes d'approvisionnement des sous-produits et de production des aliments destinés à l'élevage des poissons en République Démocratique du Congo.

Mots clés – Aliments granulés flottants, Sous-produits agricoles, Nutrition, Pisciculture congolaise, *Clarias gariepinus*, Approche économique

Abstract – The overall aim of this study was to develop three feed formulas for rearing *Clarias gariepinus* B., 1822 fish of different growth stages with local agricultural by-products for commercial purposes. Three batches of feed rations for rearing *C. gariepinus* fry, juveniles and broodstock were developed. After formulation, the feeds were subjected to bromatological analyses of their nutritional composition. The results showed that the dry and fresh pellets in the formulated feed rations have basic reference values that cover the nutritional requirements of *C. gariepinus* fry, juveniles and broodstock. The crude protein content of feed A1, intended for broodstock, is $38\pm 1.66\%$, compared with $42\pm 1.66\%$ crude protein content for feed A2, intended for juveniles, and $48\pm 1.66\%$ crude protein content for feed A3, intended for fry. Energy content varied significantly between the different feed rations: A1 = 359.13 ± 72.84 Kcal, A2 = 284.93 ± 54.31 Kcal and A3 = 547.33 ± 84.71 Kcal. The pellets of the formulated feeds have an acceptable average floating time on the water surface. Analyses of the economics of the feed rations developed showed that it is cheaper to produce one kilogram of feed from agro-industrial by-products using locally available inputs. In terms of production cost, feed A3 (3.862 FC) followed by feed A2 (3.621 FC) were the most expensive to formulate than feed A1 (3.183 FC). The results of this study are of vital importance in setting up by-product supply and feed production chains for fish farming in the Democratic Republic of Congo.

Keywords – Pelleted floating feeds, Agricultural by-products, Nutrition, Congolese fish farming, *Clarias gariepinus*, Economic approach.

I. INTRODUCTION

L'aquaculture a un rôle prépondérant à jouer de nos jours dans la fourniture aux populations en poissons de qualité. C'est ce qui justifie le développement spectaculaire de cette aquaculture ces 30 dernières années (COMHAFAT, 2015). Dans les pays africains au Sud du Sahara, le poisson est la source principale de protéines d'origine animale (FAO, 1991, 2016). Bien que consciente de cette haute valeur nutritive, la population congolaise en générale et kinoise en particulier n'accède pas facilement à cette ressource locale car, le coût du poisson d'eau douce est exorbitant (Lusasi *et al.*, 2019). En plus, la production piscicole jadis développée est moins valorisée, quelquefois négligée (Mbadu *et al.*, 2017 ; Lusasi *et al.*, 2022).

Quelles que soient les méthodes et pratiques d'élevage et les espèces concernées, l'apport nutritionnel nécessaire pour une production piscicole donnée (fertilisation adéquate pour améliorer la productivité naturelle ou aliments composés plus ou moins élaborés) constitue la plus grande part des coûts, allant au-delà de 60% du total des coûts de l'exploitation (FAO, 2007).

La croissance soutenue que connaît l'aquaculture aujourd'hui est accompagnée d'une nette tendance vers des systèmes de production semi-intensifs nécessitant une meilleure maîtrise des intrants, dont notamment les apports d'aliments (Lusasi *et al.*, 2022). A l'heure actuelle, bien que les aliments composés pour l'aquaculture ne représentent qu'une faible proportion (< 5%) du marché mondial des aliments pour animaux, leur utilisation est en augmentation. Même dans les régions où l'élevage de poissons en étangs avec de faibles niveaux d'intrants constitue la pratique traditionnelle, on assiste à une augmentation de l'utilisation d'aliments composés pour améliorer la productivité piscicole (Elonga, 2018).

Le développement d'aliments équilibrés sur les plans nutritionnel et de la durabilité comme sur les plans économique et environnemental est un enjeu majeur pour l'aquaculture, comme pour d'autres. Selon le comité des pêches et de l'aquaculture de la FAO (2008), le plus grand défi pour le développement de l'aquaculture est, en effet, la disponibilité en aliments de bonne qualité en quantités suffisantes ayant peu recours aux ingrédients d'origine marine. Le défi est de disposer d'aliments permettant de couvrir les besoins nutritionnels, d'assurer le bien-être physiologique tout au long du cycle de vie (des larves aux géniteurs) des animaux, de maîtriser la valeur nutritionnelle et organoleptique des produits, tout en prenant en compte des enjeux environnementaux tant au niveau des systèmes d'élevage que sur le plan plus global de la gestion de ressources alimentaires (Corraze et Kaushik, 2009).

Au nombre de contraintes majeures reconnues comme entrave au développement de cette activité en République Démocratique du Congo, on note le manque, sur le marché local, d'aliments performants à prix accessible aux pisciculteurs (Lusasi *et al.*, 2022). En effet, la taxation importante à l'importation sur les produits destinés à l'alimentation animale restreint les importations d'aliments pour poissons, ainsi que celles des farines nécessaires à la fabrication sur place des aliments. Face à cette situation, il s'avère nécessaire de mettre en place de formule alimentaire adaptée à la situation socio-économique des employeurs, des espèces de poissons à nourrir mais surtout en fonction de la disponibilité des sous-produits agro-industriels disponibles localement.

Cependant, ces contraintes sont vues globalement pour l'ensemble du secteur aquacole, et non exclusivement pour une seule espèce de poissons. Ainsi, si l'aquaculture est sans doute la meilleure alternative possible pour pallier la baisse des ressources halieutiques (FAO, 2004), les poissons requièrent pour leur croissance, un apport élevé en protéine, rendant presque indispensable l'utilisation des matières premières d'origine animale comme la farine de poisson dans les régimes alimentaires (Edéa *et al.*, 2019).

La difficulté liée au manque d'aliment sur le marché local pour l'élevage des poissons pousse à entreprendre des recherches pour la mise au point des aliments performants à un prix accessible pour contribuer à pallier ce problème mais aussi, permettre aux pisciculteurs de réduire les coûts de production de poissons et, assurer une meilleure rentabilité aux entreprises aquacoles.

Cette étude est consacrée à la mise au point trois formules alimentaires pour l'élevage des poissons *Clarias gariepinus* des différents stades de croissances (alevins, juvéniles et géniteurs) à base des sous-produits agro-industriels disponibles à Kinshasa en République Démocratique du Congo.

II. MATERIEL ET METHODES

II.1. Cadre d'étude

Les sous-produits agro-industriels utilisés ont été achetés dans les différents marchés de la ville de Kinshasa, plus précisément les marchés de la Liberté dans la commune de Masina ; Baramoto dans la commune de la Gombe ainsi qu'aux provenderies d'aliments piscicoles installées au quartier Kemi dans la commune de Lemba (figure 1).

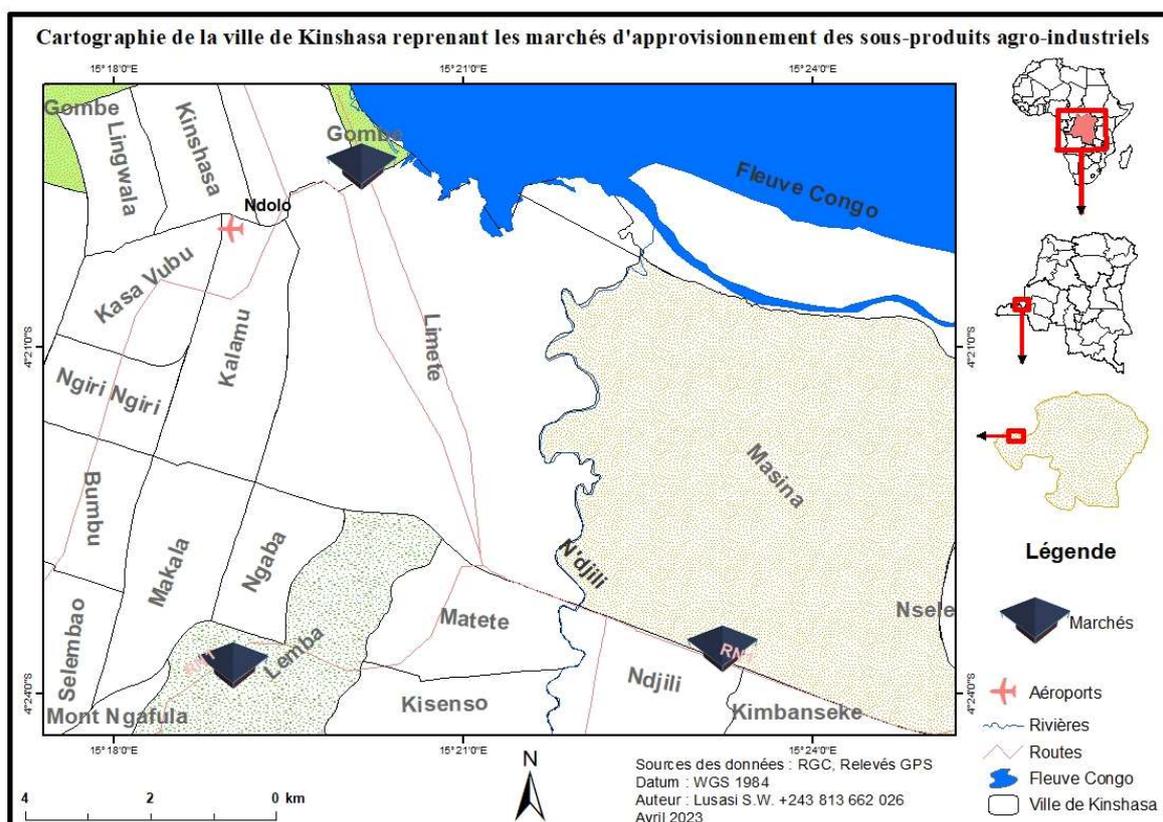


Figure 1 : Cartographie de la ville de Kinshasa reprenant les sites d'approvisionnement des ingrédients utilisés dans la formulation d'aliments pour poissons *Clarias gariepinus*

Les expériences de mise au point des différents types d'aliments ont été effectuées au Laboratoire de Limnologie, Hydrobiologie et Aquaculture de la Mention des Sciences de la Vie, de la Faculté des Sciences et Technologies de l'Université de Kinshasa en République Démocratique du Congo.

II.2. Matériel

II.2.1. Matériel biologique

Le matériel biologique de cette étude est constitué des sous-produits agro-industriels localement disponible d'origine végétale (farine de manioc, farine de maïs, son de blé et de l'huile de palme) et animale (farine de poissons et de chenilles) qui ont été sélectionnés pour la mise au point des formules alimentaires des alevins, juveniles et géniteurs de poissons *Clarias gariepinus*.

II.2.2. Instruments et appareils de mesure

Au cours de cette expérience, nous avons utilisés :

- Une machine à moudre (moulin à manioc) ;
- Une machine à granuler manuelle (hachoir d'aliments) marque POKER 32 ;
- Une balance électronique de précision (0,01 prêt) de marque LIFETEC.

II.3. Méthodologie

II.3.1. Obtention des matières premières

Les ingrédients utilisés pour élaborer les rations alimentaires de poissons d'élevage ont été sélectionnés en fonction de leur teneur théorique en protéines naturelles et leur taux de conversion alimentaire selon Bocek (2007) ; Newkrik *et al.* (2010), leur cout d'acquisition ainsi que leur disponibilité sur le marché local (Lusasi *et al.*, 2019 ; Pwema *et al.*, 2020).

II.3.2. Préparation d'aliments expérimentaux

Trois types d'aliments à des formules et teneurs des paramètres nutritionnels variables destinés à l'alimentation des alevins, juvéniles et géniteurs des poissons *Clarias gariepinus* ont été mises au point. Les teneurs de protéines ont été retenues en se référant aux exigences notionnelles de chaque stade ontogénique de l'espèce *C. gariepinus* telles par De Graaf et Janssen (1996) ; Ducarme et Micha (2003) sur les besoins en paramètres notionnels de ce poisson. Les différentes rations alimentaires ont été fabriquées en suivant les étapes suivantes :

- Sélection des sous-produits agro-industriels ;
- Achat des ingrédients dans les différents marchés ;
- Séchage au soleil des ingrédients humide ;
- Broyage des ingrédients grossiers avec le moulin à manioc ;
- Pesée avec une balance de précision des proportions des ingrédients (en poudre) ration par ration ;
- Mélange des ingrédients pesés pour chaque ration jusqu'à l'obtention d'une poudre homogène ;
- Mélange de façon homogène de la poudre ainsi obtenue avec les proportions d'huiles fixées dans les formules alimentaires ;
- Réalisation d'une pâte assez tendre par mélange de cette poudre homogène avec de l'eau tiède;
- Compactage de la pâte en des spaghettis de 1 à 2mm de diamètre à l'aide d'un hachoir manuel (marque POKER 32) (figure 2) ;
- Séchage à l'étuve des aliments compactés sous forme des spaghettis à une température de 50°C pendant 48 heures ;
- Conditionnement des aliments dans des emballages de 1000 grammes bien étiquetés suivant la catégorie de poissons à nourrir avec les aliments.



Figure 2 : Granulation en spaghettis des aliments fabriqués pour l'alimentation des poissons piscicoles (photo Lusasi S.W., 2023)

II.3.3. Analyses bromatologiques des rations alimentaires

Les analyses bromatologiques ont été effectuées pour tester la composition bromatologique des rations alimentaires formulées. Elles ont été réalisées au Laboratoire de Nutrition et Diététique de l'Institut Supérieur des Techniques Médicales de Kinshasa, ISTM/KIN en sigle. Ces analyses ont été faites en deux temps : (1) la matière sèche et (2) la matière fraîche. Les analyses de la matière sèche se différencient avec celles de la matière fraîche par un paramètre, la teneur en humidité. Pour avoir la matière sèche, la matière fraîche a été étuvée à 105°C pendant 24 heures. Au total, sept (7) paramètres nutritionnels ont été ciblés et évalués de la manière suivante :

- **L'humidité (%)** : l'échantillon frais de poids connu est séché à l'étuve à une température de 105°C, pendant 24 heures jusqu'au poids constant. De la différence des poids de l'échantillon frais et de l'échantillon sec, on déduit le pourcentage de l'humidité (Gbogouri *et al.*, 2019) ;
- **La cendre (%)** : la détermination est basée sur l'incinération d'une quantité bien connue de l'échantillon dans un four à moufle à une température de 550°C, jusqu'à la destruction de toute particule charbonneuse et donne une cendre blanche qui sera ensuite pesée (Mbemba et Remarche 1992) ;
- **La cellulose brute (%)** : selon KURSCHNER, cette méthode consiste à digérer les composés organiques autres que les fibres par un mélange d'acide nitrique et acétique. Les fibres non digérées sont ensuite séchées et pesées (Muteba, 2014) ;
- **Les lipides (%)** : la méthode est celle d'une extraction à froid répétée. Le solvant d'extraction que nous avons utilisé est l'éther de pétrole. Cette méthode consiste à déterminer le poids de la matière grasse extraite et séchée (Amon *et al.*, 2009) ;
- **Les glucides (%)** : d'après la méthode de De Groot, la teneur en glucides consiste à retrancher de 100 de la somme des teneurs moyennes obtenues pour l'humanité, les fibres, les protéines, les lipides et les cendres (Muteba, 2014) ;
- **Les protéines brutes (%)** : Selon la méthode de KJELDAHL, la détermination de la teneur en protéines brutes s'effectue en trois étapes : La minéralisation, la distillation et la titration (Amon *et al.*, 2009) ;
- **L'énergie (Kcal)** : Selon Gbogouri *et al.* (2019), un gramme de protéine apporte 4 kilocalories à l'organisme, qu'un gramme de glucide apporte également kilocalories, tandis que un gramme de lipide en apporte 9 kilocalories ; d'où la valeur énergétique égale à Σ (kcal = (protéine brute \times 4) + (lipide totaux \times 9) + (glucide assimilable \times 4) (Foulon *et al.*, 1991).

II.3.4. Essais de flottaison des granulés formulés

Les aliments en granulés destinés à l'élevage des poissons doivent flotter à la surface de l'eau pendant au moins 60 secondes en vue de permettre aux poissons de bien les consommer et éviter au même moment le gaspillage de la nourriture. Les essais de flottaison ont été effectués avec des granulés bien séchés. Cette expérience a consisté à jeter 50 grammes de granulés dans un bac en béton hors sol (destiné à l'élevage de poissons) de 3x3x0,8 mètres suivis du calcul de la durée où les granulés sont restés en surface de l'eau grâce à un chronomètre. Pour chaque type d'aliment, les essais ont été effectués en triplicata.

II.3.5. Aspect économique des rations alimentaires

L'aspect économique des aliments formulés s'est basé sur le coût financier de production de chaque type d'aliment en fonction des proportions des différents ingrédients incorporés. Le prix d'un ingrédient donné dans un kilogramme d'aliment est obtenu en multipliant le prix d'un kilogramme de cet ingrédient par son taux d'incorporation divisé par 100 (Lusasi *et al.*, 2019). Le prix total de production d'un kilogramme d'une ration alimentaire est la somme des prix de chaque ingrédient qui constitue cette dernière (Iga-Iga, 2008).

II.3.6. Analyse et traitement statique des données

Les différentes valeurs obtenues sur la composition nutritionnelle des rations alimentaires mises au point ont été encodées sur le tableau Excel 2013. Les moyennes des différents paramètres évalués ont été calculées puis comparées par l'analyse de la variance à un critère de classification (ANOVA 1) (Scherrer, 1984) associé aux tests de Fisher et Tukey HSD (Saville, 1990) à l'intervalle de 95% de confiance pour relever la plus petite différence significative entre les moyennes de chaque traitement

considéré. Les résultats obtenus sont présentés sous forme des tableaux, des figures et des graphiques. La cartographie des marchés d'acquisition des sous-produits agro-industriels utilisés dans la fabrication des aliments a été élaborée grâce au logiciel ArcGIS (version 10.8) à l'aide des coordonnées géographiques (latitude, longitude et altitude) relevées dans les différents points d'acquisition des intrants.

III. RESULTATS

III.1. Taux d'incorporation de protéines théoriques brutes des rations alimentaires

Le taux d'incorporation des différents ingrédients ainsi que le taux de protéines théoriques brutes des différentes rations alimentaires formulées sont repris dans le tableau 1 ci-dessous.

Tableau 1 : Taux d'incorporation et de protéines brutes naturelles des rations alimentaires

Ingrédients	Types d'aliments		
	A1	A2	A3
Son de blé	7	4	3
Farine de maïs	0,9	0,9	1,3
Farine de manioc	0,3	0,4	0,8
Farine de chenille	10,8	21,6	15,5
Farine de poisson	16,25	13,8	24,7
Huile de palme	-	-	-
Sel de table	-	-	-
Total (%) des P.N dans la ration	35,25	40,7	45,3

Légende : **A1** = Alimentaire à base végétale pour les géniteurs ; **A2** = Alimentaire à base ; animale pour les juvéniles, **A3** = Alimentaire à base animale pour les alevins, - = néant et **P.N** = Protéines Naturelles

D'après les résultats repris au tableau 1 ci-dessus, il ressort que le taux des protéines brutes des rations alimentaires mis au point (figure 3) se présente varie d'un aliment à l'autre. La ration alimentaire A1 (aliment destiné pour l'élevage des géniteurs et constitué en grande partie par des ingrédients d'origine végétale) est moins protéique (soit 35,25%) que l'aliment A2 (aliment destiné pour l'alimentation des juvéniles et constitué en grande partie par les ingrédients d'origine animale) avec 40,7% et l'aliment A3 (destiné à l'alimentation des alevins et constitué des ingrédients d'origine animale) avec 45,3%.



Figure 3 : Aliments des poissons fabriqués, étiquetés et conditionnés dans des emballages de 1000 grammes (photo Lusasi S.W., 2023)

III.2. Composition bromatologique pratique de la matière sèche des rations alimentaires formulées

La composition bromatologique pratique de la matière sèche des rations alimentaires formulées est consignée au tableau 2.

Tableau 2 : Composition bromatologique pratique de la matière sèche des rations alimentaires formulées

Paramètres	Types d'aliments			ANOVA 1		
	A1	A2	A3	F	p	Tukey HSD
Protéines brutes (%)	38±1,66	42±1,66	48±1,66	12,2	0,0077	6,2663
Lipide totaux (%)	20±6,66	10±6,66	30±6,66	3	0,125	25,065
Cendres totaux (%)	11±0,66	10,33±0,44	10±0,66	1	0,4219	2,2105
Fibres brutes (%)	25±3,33	20±3,33	15±3,33	3	0,125	12,533
Glucides digestibles (%)	7±3,66	22,66±4,77	3,66±3,88	9,76	0,013	14,099
Energie (Kcal)	361±50,66	348,66±47,55	476,66±82,22	1,35	0,3269	217,2

Les résultats repris au tableau 2 ci-haut renseignent que, la composition pratique des différentes rations alimentaires mises au point varie significativement d'un paramètre à l'autre et d'un aliment à l'autre :

- En termes du taux de protéines brutes, les rations A1 (38±1,66 %), A2 (42±1,66 %) et A3 (48±1,66%) présentent des teneurs moyennes en protéine proches en protéines brutes significativement différents (F = 12,2 ; p = 0,0077) ; la valeur critique de comparaison (Tukey HSD = 6,2663) montre que l'aliment A3 est plus protéiques que l'aliment A2 et A1.
- Quant à la teneur en lipides totaux, l'analyse de la variance à un facteur montre aucune différence significative (F = 3 ; p = 0,125) entre les rations alimentaires bien que la valeur critique de comparaison (Tukey HSD = 25,065) révèle que la ration A3 présente une valeur moyenne élevée (30±6,66%) des lipides par rapport aux deux autres rations alimentaires A1 (20±6,66%) et A2 (10±6,66%).
- Pour la teneur en cendres totaux, il s'est révélée qu'aucune différence significative (F=1,00 ; p = 0,4219) existe entre les teneurs moyennes des différentes rations alimentaires ; le test de Tukey HSD (2,2105) montre que les rations A2 et A3 présentent des valeurs moyennes proches (10,33±0,44 et 10±0,66%) qui sont inférieures à celle de la ration alimentaire A1 (11±0,66%).
- La ration alimentaire A1 présente une valeur moyenne élevée (25±3,33%) de la teneur en fibres brutes (F = 3,00 ; p = 0,1250 ; Tukey HSD = 12,533) que les rations alimentaires A2 (20±3,33%) et A3 (15±3,33%).
- La teneur moyenne la plus élevée en glucides totaux avec une différence significative (F = 9,76 ; p = 0,0130 ; Tukey HSD = 14,099) est observée à la ration alimentaire A2 (22,66±4,77%) avec des teneurs relativement inférieures observées aux rations A1 (7±3,66%) et A3 (3,66±3,88%).
- De ce qui est de la teneur en énergie, l'analyse de variance à un facteur montre que les trois rations alimentaires présentes de teneurs en énergie non significativement différentes (F = 1,35 ; p = 0,3269). La valeur critique de comparaison du test de Tukey HSD (217,2) montre que la ration A3 présente une valeur moyenne élevée (476,66±82,22 Kcal) que les rations alimentaires A1 (361±50,66 Kcal) et A2 (348,66±47,55 Kcal).

III.3. Composition bromatologique de la matière fraîche des rations alimentaires formulées

Les valeurs moyennes de la composition bromatologique de la matière fraîche des rations alimentaires formulées sont reprises au tableau 3.

Tableau 3 : Composition bromatologique pratique de la matière fraîche des rations alimentaires formulées

Paramètres	Types d'aliments			ANOVA 1		
	A1	A2	A3	F	p	Tukey HSD
Humidité (%)	12,53±0,22	17,33±0,22	18,33±0,22	309	0,0001	0,7658
Protéines brutes (%)	38±1,66	42±1,66	48±1,66	12,2	0,0077	6,2663
Lipide totaux (%)	20±6,66	10±6,66	30±6,66	3	0,125	25,065
Cendres totaux (%)	11±0,66	10,33±0,44	10±0,66	1	0,4219	2,2105
Fibres brutes (%)	25±3,33	20±3,33	15±3,33	3	0,125	12,533
Glucides digestible (%)	6,533±5,044	6,733±3,088	21,33±4,511	6,2	0,0347	14,8
Energie (Kcal)	359,13±72,84	284,93±54,31	547,33±84,71	5,53	0,0436	249,80

Il ressort des résultats repris au tableau 3 ci-haut que la composition bromatologique pratique de la matière fraîche des rations alimentaires formulées varie d'un paramètre à l'autre et d'un aliment à l'autre :

- L'analyse de la variance appliqué aux teneurs de l'humidité montre une différence très significative (F = 309 ; p = 0,0000) entre les trois rations alimentaires. Le test de Tukey HSD (0,7658) révèle que la ration alimentaire A1 (12,53±0,22) présente une teneur moyenne en humidité inférieur à celles de la ration alimentaire A2 (17,33±0,22%) et A3 (18,33±0,22%).

- Les teneurs en protéines les plus élevées avec une différence significative ($F = 12,2$; $p = 0,0077$; Tukey HSD = 6,2663) sont obtenues à la ration alimentaire A3 ($48 \pm 1,66\%$: alimentation destinée pour les alevins) suivie de l'aliment A2 ($42 \pm 1,66\%$: alimentation destinée pour les alevins) et enfin A1 ($38 \pm 1,66\%$: alimentation destinée pour les alevins).
- La teneur en lipides totaux la plus élevée avec une différence non significative ($F = 3,00$; $p = 0,1250$; Tukey HSD = 25,065) entre les trois lots d'aliments est obtenue à la ration A3 ($30 \pm 6,66\%$) suivie de la ration A1 ($20 \pm 6,66\%$) et A2 ($10 \pm 6,66\%$).
- La teneur en cendres totaux ne varie pas de manière significative ($F=1,00$; $p = 0,4219$; Tukey HSD = 2,2105) entre les différentes rations alimentaires où, la ration alimentaire A1 présente une valeur moyenne légèrement élevée ($11 \pm 0,66\%$) suivie de l'aliment A2 ($10,33 \pm 0,44\%$) et A3 ($10 \pm 0,66\%$).
- L'analyse de la variance appliquée aux teneurs de fibres brutes dégage une différence non significative ($F = 3,00$; $p = 0,1250$; Tukey HSD = 12,533) entre les valeurs moyennes des différentes rations alimentaires. La ration A1 ($25 \pm 3,33\%$) présente une valeur moyenne élevée que les rations alimentaires A2 ($20 \pm 3,33\%$) et A3 ($15 \pm 3,33\%$).
- Le taux de glucide le plus élevé avec une différence significative ($F = 6,20$; $p = 0,0347$; Tukey HSD = 14,8) est relevé dans l'aliment A3 ($21,33 \pm 4,51$) suivie des rations alimentaires A1 ($6,53 \pm 5,04\%$) et A2 ($6,73 \pm 3,08\%$).
- Il ressort une différence significative ($F = 5,53$; $p = 0,0436$) de teneur en énergie entre les différentes rations alimentaires. La valeur critique du test de Tukey HSD (249,80), montre que la teneur en énergie la plus élevée est relevée à la ration alimentaire A3 ($547,33 \pm 84,71\%$) suivie de la ration A1 ($359,13 \pm 72,84\%$) et A2 ($284,93 \pm 54,31\%$).

III.4. Variation du taux de protéines dans les rations entre la composition théorique et pratique

De manière générale, il ressort des résultats repris sur la figure 4 ci-dessous que la teneur de protéines brutes dans les trois rations alimentaires varie légèrement d'un aliment à l'autre entre la composition théorique et pratique. La composition théorique des rations alimentaires présente un taux de protéine brute faible que la composition pratique ; le taux de protéines brutes de l'aliment A1 augmente de 3% et passe de 35,25 à 38%, celle de l'aliment A2 augmente de 2% et passe de 40,7 à 42% enfin celle de l'aliment A3 augmente de 3% et passe de 45,3 à 48%.

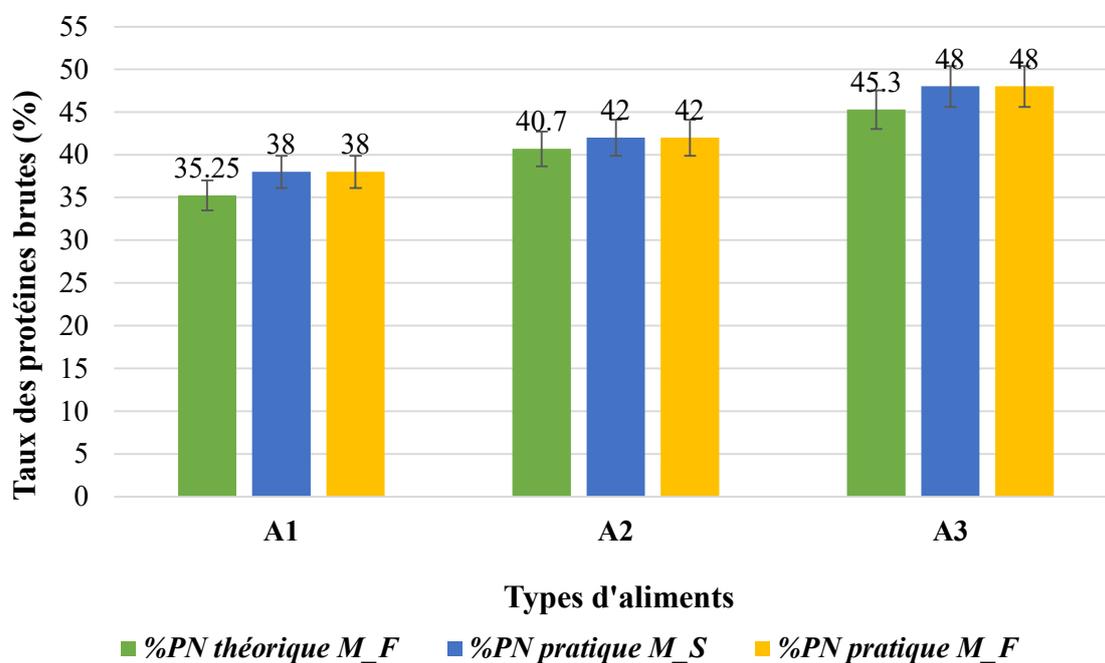


Figure 4 : Variation du taux de protéines brutes dans les rations alimentaires entre la composition théorique et pratique (% = Pourcentage ; P.N = Protéine Naturelle ; M_F = Matière Fraiche ; M_S = Matière Sèche)

III.5. Flottaison des aliments

Les informations sur la flottaison des différents types d'aliments destinés à l'élevage des alevins, juvéniles et géniteurs des poissons *Clarias gariepinus* sont reprises au tableau 4.

Tableau 4 : Flottaison des granulés formulés pour l'alimentation des poissons *Clarias gariepinus*

Types d'aliments	Durée de flottabilité (minute)
A1	1,26±0,02
A2	0,54±0,16
A3	0,51± 0,23
Durée moyenne (minute)	0,77±0,32

De manière générale, les trois types d'aliments de poissons formulés sous forme de granulés présentent une durée moyenne (0,77±0,32 minute) de flottaison supérieure à 50 secondes. Les granulés de l'aliment A1 (1,26±0,02 minute) flottent pendant longtemps sur l'eau que les granulés des aliments A2 (0,54±0,16 minute) et A3 (0,51± 0,23) qui flottent pendant moins d'une minute.

III.6. Approche économique des rations alimentaires formulées

Le coût financier exprimé en Franc Congolais (FC) de production d'un kilogramme des différentes rations alimentaires formulées est repris au tableau 5.

Tableau 5 : Coût de production des rations alimentaires mises au point (1 USD = 2.250 FC)

Ingrédients	Prix (FC)	Types d'aliments		
		A1	A2	A3
Farine de poisson	1500	$1500 \times 625/1000 = 937,5$	$2000 \times 500/1000 = 1000$	$2000 \times 875/1000 = 1750$
Farine de maïs	1000	$1000 \times 250/1000 = 250$	$1000 \times 250/1000 = 250$	$1000 \times 250/1000 = 250$
Farine de manioc	1000	$1000 \times 125/1000 = 125$	$1000 \times 125/1000 = 125$	$1000 \times 250/1000 = 250$
Farine de chenille	1500	$1500 \times 500/1000 = 750$	$1500 \times 1000/1000 = 1500$	$1500 \times 625/1000 = 937,5$
Son de blé	1000	$1000 \times 1000/1000 = 1000$	$1000 \times 625/1000 = 625$	$1000 \times 500/1000 = 500$
Huile de palme	2000	$2000 \times 35/1000 = 70$	$2000 \times 35/1000 = 70$	$2000 \times 50/1000 = 100$
Sel de table	1000	$1000 \times 50/1000 = 50$	$1000 \times 50/1000 = 50$	$1000 \times 50/1000 = 50$
Premix vitamino-minéral	5000	$5000 \times 2/1000 = 10$	$5000 \times 2/1000 = 10$	$5000 \times 5/1000 = 25$
Quantité (g)		10,000	10,000	10,000
Coût total en FC		3,183	3,621	3,862

Le coût de production des différents types d'aliments (figure 5) mises au point varie d'une ration à l'autre et reste moins couteux de manière générale. La lecture des données reprises au tableau 4 ci-dessus révèle que la formulation de l'aliment A1 (3,183 FC) coute moins cher que celle des aliments A2 (3,621 FC) et A3 (3,862 FC) à travers une combinaison des différents sous-produits agro-industriels localement disponibles.



Figure 5 : Emballages des différents types des rations alimentaires mises au point dans le cadre de cette étude pour l'alimentation des alevins, juvéniles et géniteurs des poissons *Clarias gariepinus* (Source : Lusasi S.W., 2023)

IV. DISCUSSION

Après analyse et traitement des données des trois rations alimentaires mises au point, les résultats obtenus ont montré que :

- La composition théorique en protéines dans les rations alimentaires mises au point a respecté le taux de protéines brutes conventionnels suggéré de 25-30% pour les géniteurs, de 30-40% pour les juvéniles et de 45 à 55% pour les alevins (De Graaf et Janssen, 1996 ; Bocek, 2007 ; Newkirk, 2010 ; Otchoumou *et al.*, 2011). Dans le cadre de cette étude, l'aliment A1 avec 35,25% de protéine brute a été mise au point pour l'alimentation des géniteurs, l'aliment A2 avec 40,7% du taux de protéines a été destiné à l'alimentation des juvéniles et l'aliment A3 avec 45,3% du taux de protéines a été mise au point pour l'alimentation des alevins. Ces résultats montrent que la mise au point de ces aliments suivant la

méthode empirique proposée par Guillaume (1999) ; Bocek (2007) est l'une des méthodes qui pouvait servir des nombreux pisciculteurs à pouvoir formuler les aliments pour poissons.

- Les résultats de la composition bromatologique des matières sèche et fraîche des rations alimentaires formulées ont montré que de manière générale, les teneurs des différents paramètres nutritionnels évalués n'ont pas présenté de différence significative d'un aliment à l'autre et, les teneurs des paramètres nutritionnels des aliments formulés corroborent avec les valeurs de références de besoin nutritionnel des poissons *Clarias gariepinus* des différents stades de croissance (Pouomogne, 1998). En termes du taux de protéines brutes, les résultats obtenus dans le cadre de cette étude ont montré que l'aliment A1, destiné à l'alimentation des géniteurs renferme $38 \pm 1,66\%$ contre $42 \pm 1,66\%$ de protéine brutes pour l'aliment A2 destiné à l'alimentation des juvéniles et $48 \pm 1,66\%$ du taux de protéines brutes pour l'aliment A3 destiné à l'alimentation des alevins. Nos résultats sont proches de ceux obtenus par De Graaf et Janssen (1996). D'après ces derniers, la fourchette du taux de protéines brutes pour les géniteurs doit être comprise entre 25-30%, de 30-40% pour les juvéniles et de 45 à 55% pour les alevins. Pour Uys (1989), les besoins protéiniques des juvéniles et des adultes de *Clarias gariepinus* sont compris entre 44 et 48%. Le besoin en énergie pour ces poissons est évalué entre 300 et 400 Kcal pour les alevins, de 300 à 400 Kcal pour les alevins et de 250 à 300 Kcal pour les géniteurs (De Graaf et Janssens, 1996). Dans le cadre de cette étude, les teneurs en énergie ont sensiblement varié entre les différentes rations alimentaires : $A1 = 359,13 \pm 72,84$ Kcal, $A2 = 284,93 \pm 54,31$ Kcal et $A3 = 547,33 \pm 84,71$ Kcal. Le taux élevé de protéines et énergies brutes dans les aliments A3 et A2 serait lié à sa composition en termes des sous-produits agro-industriels ; les deux aliments étant constitués en grande partie par des ingrédients d'origine animale (farine de poissons et des chenilles) apportant ainsi de taux très élevé en protéines brutes apportant ainsi une teneur élevée de l'énergie potentiel dans les rations alimentaires.
- En ce qui concerne la variation de la teneur en protéines brutes dans les trois rations alimentaires entre les compositions théoriques et pratiques, les résultats obtenus ont montré une légère variation de teneur protéique d'un aliment à l'autre tendant à augmenter dans la composition pratique. Le taux de protéines brutes de l'aliment A1 est passée de 35 à 38%, celle de l'aliment A2 est passée de 40 à 42% et celle de l'aliment A3 est passée de 45 à 48%. Les différences des teneurs en protéines brutes observées pourraient être dues aux conditions climatiques (Jacquot *et al.*, 1997) et édaphiques des milieux dans lesquels les sous-produits ont été cultivés (<http://www.labocgac.com>). Qu'à cela ne tienne, les teneurs en protéines brutes des rations alimentaires mises au point restent proches de celles recommandées par ADCP (1983) ; Legros (1998), qui stipulent qu'un bon aliment piscicole devrait avoir un taux de protéines brutes située entre 36,81 % et 42,17 % pour le premier auteur et de 35% à 45% pour le second.
- Les essais de flottaison des granulés des différents types d'aliments ont montré que les rations alimentaires formulées présentent une durée moyenne ($0,77 \pm 0,32$ minute) de flottaison acceptable dont le temps de flottaison le plus long a été observé chez les granulés de l'aliment A1 ($1,26 \pm 0,02$ minute). La différence de la durée de flottaison de ces aliments serait due à la teneur en humidité de chaque aliment ; les granulés contenant un pourcentage élevé d'humidité résiduelle présentent de faible capacité à flotter à la surface de l'eau. Ce qui est aussi le cas dans cette étude où, les granulés des aliments A2 et A3 présentent de teneurs élevées d'humidité résiduelle (soit $17,33 \pm 0,22$ et $18,33 \pm 0,22\%$ respectivement) avec des faibles durées de flottaison (soit $0,54 \pm 0,16$ et $0,51 \pm 0,23$ minute respectivement) que les granulés de l'aliment A1.
- Concernant le coût financier exprimé en Franc Congolais de production d'un kilogramme de différent type d'aliment, une variation de prix a été observée d'un aliment à l'autre. Les résultats obtenus ont montré que l'aliment A3 suivi de l'aliment A2 avec respectivement 3,862 FC et 3,621 FC ont été le plus couteux à formuler que l'aliment A1 (3,183 FC). Le coût élevé des aliments A3 et A2 serait due à leur composition, constitués à plus de 60% par la farine de poissons et chenilles, des ingrédients jugés légèrement couteux dans la ville de Kinshasa (Lusasi *et al.*, 2022) que d'autres sous-produits d'origine végétale. Ces observations se rapprochent de celles faites par Blé *et al.* (2007, 2011) ; Corraze et Kaushik (2009) ; Médale et Le Boucher (2013). Dans leur étude, Blé *et al.* (2011) proposent le remplacement de l'huile de poissons par l'huile de palme en vue de minimiser le coût lié à la fabrication de l'aliment piscicole. Médale et Le Boucher (2013) ont fait des analyses sur le remplacement en grande quantité des protéines d'origine animale par des protéines d'origine végétale en vue de palier à la difficulté d'acquisition et coût élevé de la farine de poissons. Lusasi *et*

al. (2019) suggère des achats à des prix de gros de certains sous-produits agro-industriels utilisables dans la fabrication des aliments piscicoles afin de minimiser d'avantage le coût de production d'aliment, de poissons mais surtout de vente d'un kilogramme d'aliment sur le marché.

V. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

L'objectif général poursuivi dans cette étude était de mettre au point trois formules alimentaires pour l'élevage des poissons *Clarias gariepinus* B., 1822 des différents stades de croissance avec de sous-produits agricoles locaux à des fins commerciales.

Les résultats obtenus ont indiqué qu'il est possible de produire des aliments destinés à l'élevage des poissons *Clarias gariepinus* des trois stades de croissance (alevin, juvénile et géniteur) avec des formulaires alimentaires différentes. La mise au point de ces aliments suivant la méthode empirique ou théorique apparaît comme l'une de possibilité capable de permettre à des nombreux pisciculteurs à pouvoir formuler les aliments pour les poissons sans toutefois créer un écart significative des valeurs nutritionnels pratiques des rations alimentaires. En termes de teneurs des paramètres nutritionnels, il a été constaté que la composition bromatologique des matières sèche et fraîche des rations alimentaires formulées présente les valeurs de référence de base qui couvrent le besoin nutritionnel des alevins, juvéniles et géniteurs de poissons *C. gariepinus*. Les granulés des aliments formulés présentent une bonne durée de flottaison en rapport avec la teneur d'humidité résiduelle des aliments. Les informations obtenues de l'aspect économique des rations alimentaires sont encourageant d'autant plus que les résultats obtenus ont montré qu'il est moins coûteux de produire un kilogramme d'aliment à base des sous-produits agro-industriels en faisant recours aux intrants localement disponibles.

S'inscrivant dans le cadre de la relance des activités piscicoles en République Démocratique du Congo, ces résultats sont d'une grande importance dans la mise en place des chaînes d'approvisionnement des sous-produits et de production des aliments destinés à l'élevage des poissons au pays.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient le personnel du Laboratoire de Nutrition et Diététique de l'Institut Supérieur des Techniques Médicales de Kinshasa, ISTM/KIN en sigle pour nous avoir facilités à effectuer les analyses bromatologiques des aliments formulés.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1]. ADCP (Aquaculture Development and Coordination Programme), 1983. Fish feeds and feeding in developing countries. An interim report on the ADCP feed development programme. *Rome, Italy. FAO-ADC/REP/83/18*. 97 p.
- [2]. Amon A.R., Ahipo D.E., Parfait E.N.K.J. & Kouamé L.P., 2009. Valeur nutritionnelle et caractérisation physicochimique de la matière grasse de la chenille (*Imbrasia oyemensis*) séchée et vendue au marché d'Adjamé (Abidjan, Côte d'Ivoire). *Journal of Animal & Plant Sciences*, 3(3) : 243 - 250.
- [3]. Blé M.C., Arfi R., Yeboua A.F. & Diopoh K.J., 2007. Qualité nutritive de l'alimentation naturelle du Tilapia *Oreochromis niloticus* en élève extensif dans les étangs de barrage (Cote d'Ivoire). *BFPP/Bull. Fr. Peche Pisc.*, 385 :01-16.
- [4]. Blé M.C., Otchoumou K.A., Alla Y.L. & Kaushik S.J., 2011. Utilisation des farines végétales dans l'alimentation des poissons d'élevage en milieu tropical. Centre de Recherches Océanologiques, Département Aquaculture, Côte d'Ivoire, Laboratoire de nutrition des poissons, Unité mixte NRA-IFREMER, Station d'Hydrobiologie. *F. Tech. & Doc. Vulg.* : (2011) : 7-11. 11.
- [5]. Bocek A., 2007. Alimentation du poisson, récolte de l'eau et aquaculture pour le développement des zones rurales. *International Center for Aquaculture and Aquatic Environments Aurburn University*. 12 p.
- [6]. COMHAFAT., 2015. Etudes des industries des pêches et de l'aquaculture dans les pays de la COMHAFAT. Rapport de l'atelier de restitution du 28-29 Décembre 2015, Rabat (Maroc), 20 p.

- [7]. Corraze G. & Kaushik S., 2009. Nutrition lipidique et remplacement de l'huile de poisson par des huiles végétales en pisciculture. *Cah. Agric.*, 18 :113-118.
- [8]. De Graaf J H et Janssen., 1995-1996. Artificial reproduction and pond rearing of the African Catfish *clarias gariepinus*: in Sub-Sahara Africa-A Hand book FAO, *Fisheries. Technical paper n°362. Rome, FAO*, 37 p.
- [9]. Ducarme C. & Micha J-C., 2013. Technique de production intensive du poisson chat africain, *Clarias gariepinus*. *Tropicultura*, 21(4) : 189-198.
- [10]. Edéa O.G., Hinvi L.C., Abou Y. & Gbangboche A.B., 2019. Synthèse bibliographique sur des paramètres biologiques et zootechniques du poisson-chat Africain *Clarias gariepinus* Burchell, 1822. *European Scientific Journal*, 15(27) : 54-88. *Doi :10.19044/esj.2019.v15n27p54*.
- [11]. Elonga P.R., 2018. Mise au point un aliment performant pour la larviculture de *Clarias gariepinus* Burchell, 1822 à partir des sous-produits disponibles localement à Kinshasa. Mémoire de Licence en Sciences Agronomiques, Université de Kinshasa, R.D Congo, 65 p.
- [12]. FAO. 1991. Pêches, Alimentation et Développement. Stratégies et Programmes d'Action sur les Pêches. FAO: Rome ; 48p.
- [13]. FAO. 2007. The state of world fisheries and aquaculture 2006. Rome, 162 p.
- [14]. FAO., 2004. Situation mondiale des pêches et de l'aquaculture. Rome, 164 p.
- [15]. FAO., 2008. La situation mondiale de pêche et de l'aquaculture 2007.
- [16]. FAO., 2016. La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture : Contribuer à la sécurité alimentaire et à la nutrition de tous. Rome, 224 p.
- [17]. Gbogouri A.G., Bamba S.M., Dogoré Y.D. & BROU K., 2019. Elaboration d'une Farine infantile composée à base d'ingrédients locaux de Côte d'Ivoire : quelles stratégies d'enrichissement en acides gras polyinsaturés oméga 3 ? *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 13(1): 63-75. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v13i1.6>.
- [18]. Guillaume J., Kaushik S., Bergot P. & Metailler R., 1999. Nutrition et alimentation des poissons et crustacés. *INRA Editions*, 489 p.
- [19]. <http://www.labocgac.com> : Fiche sur les impuretés et imperfections du blé
- [20]. Iga-Iga R., 2008. Contribution à la mise au point d'aliments pour tilapia *Oreochromis niloticus* à base d'intrants locaux : cas du Gabon. Mémoire de Master en Sciences Agronomiques et Agroalimentaires, Spécialité de Sciences Halieutiques et Aquacoles Dominante Aquaculture, ARGO CAMPUS Ouest, 37 p.
- [21]. Jacquot M., Guy C., Ghesquière A., Glaszmann J.-C., Guiderdoni E et Tharreau D., 1997. Les riz dans l'amélioration des plantes tropicales. fdi : 010012930. 533-564 pp.
- [22]. Legros D., 1998. Guide technique pour l'élevage du tilapia. *CDI, Bruxelles, 1^{er} édition*. 45 p.
- [23]. Lusasi S.W., Mayoni M.A., Munganga K.C, Lundika N.T, Mogbaka B.Y, Isa M., KAVUMBU M.S. & Pwema K.V., 2022. Synthèse sur l'état de lieu de la pisciculture en République Démocratique du Congo : Enjeux et perspectives. *International Journal of Progressive Sciences and Technologies*, 32(1) :73-91.
- [24]. Lusasi S.W., Pwema K.V. & Mutambwe S., 2019. Mise au point d'un aliment pour *Distichodus maculatus* (Boulenger, 1898) à base des sous-produits d'origine végétale et animale disponibles localement. *Editions Universitaires Européennes, Latvia, Riga, ISBN : 978-613-8-49503-1*, 77 p.
- [25]. Mbadu Z.V., Kakuma L.E., Mutambwe S., Usimesa, N., & Yandju M.C., 2017. Effets de trois types d'aliments sur la croissance des alevins de *Parachanna insignis* Sauvage, 1884 Channidae Perciformes élevés en bacs, *Congo Sciences*, 5(2) 159 - 162.

- [26]. Mbemba F. & Remacle J., 1992. Inventaire et composition chimique des aliments et des denrées alimentaires traditionnels du Kwango - Kwilu au Zaïre. Presse Universitaire de Namur, Belgique, 80 p.
- [27]. Médale F. & Le Boucher R., 2013. Des aliments à base végétale pour les poissons. *INRA Prod. Anim.*, 26 (4):303-316.
- [28]. Muteba K.D., 2014. Caractérisation des modes de consommation alimentaire des ménages à Kinshasa : Analyse des interrelations entre modes de vie et habitudes alimentaires. Thèse de Doctorat en Sciences Agronomiques et Ingénierie Biologique, Université de Liège-Gembloux Agro-Bio Tech, Belgique, 199 p.
- [29]. Newkirk R., 2010. Soja, guide de l'industrie de l'alimentation. 1^{ère} éd. <http://www.cigi.ca/feed.htm>. HYPERLINK "<http://www.cigi.ca/feed.htm.%2052>." 52 p.
- [30]. Otchoumou K.A., Blé M.C., Alla Y.L., et Corraze G., 2011. Utilisation des huiles végétales en pisciculture en remplacement des huiles de poisson: cas de l'huile de palme dans l'alimentation des juvéniles du poisson-chat (*Heterobranchus longifilis*). Centre de Recherches Océanologiques (CRO), Département Aquaculture, Abidjan, Côte d'Ivoire, *INRA, UR 1067 «Nutrition, Métabolisme et Aquaculture, Pôle d'Hydrobiologie, France*. F. Tech. & Doc. Vulg. : 43-47 (2011).
- [31]. Poumogne V., 1998. Pisciculture en Milieu Tropical Africain. Comment produire du poisson à coût modéré. Presse universitaire d'Afrique, Yaoundé, 263 p.
- [32]. Pwema K.V., Mayoni M.A., Kavumbu M.S., Munganga K.C., Bipendu M.N., Kusunika N.A. & Lusasi S.W., 2020. Evaluation of the cost of production of fish *Clarias gariepinus* Burchell, 1822 (*Siluriformes, Clariidae*) with three types of food based on local agricultural by-products in the Democratic Republic of Congo. *Agricultural Science*, 2(1) : 205-216, <https://doi.org/10.30560/as.v2n1p205>.
- [33]. Saville D.J., 1990. Multiple comparaison procedures : the practical solution. *American Statistician*, 44 (2) : 174-180.
- [34]. Scherrer B. 1984. Biostatistique. *Gaëtan Morin: Québec*, 850 p.
- [35]. Uys W., 1999. Aspects of nutritional physiology and dietary requirements of juvenile and adult sharptooth catfish, *Clarias gariepinus* (*Pisces: Clariidae*). Thèse de Doctorat, Rhodes University, Csrhamstown, 190 p.