

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS	i
LISTE DES TABLEAUX	ii
LISTES DES FIGURES.....	ii
LISTE DES PHOTOS.....	iii
SIGLES ET ABREVIATIONS	iv
RESUME	v
ABSTRACT	vi
INTRODUCTION GENERALE	1
GENERALITES	6
I Présentation de l'espèce d'étude	6
I-1 Systématique et distribution	6
I-2 La morphologie et le milieu de vie	6
I-3 La reproduction	7
II Problématique de l'alimentation des clarias	8
I-MATERIELS ET METHODES.....	10
I-1 MATERIEL.....	11
I-1-1 Matériel technique.....	11
I-1-2 Matériel biologique.....	11
I-1-3 L'aliment	12
I-1-4 Matériel de mesure et de pesée	12
I-2 METHODES	13
I-2-1 Conduite de l'expérimentation	13
I-2-1-1 Les paramètres physico-chimiques	15
I-2-1-2 Les paramètres de croissance	16
I-2-2 Analyses statistiques	17
II-RESULTATS ET DISCUSSION.....	18

II-1 RESULTATS	19
II-1-1 Les paramètres physico-chimiques.....	19
II-1-1-1 Le pH	19
II-1-1-2 La température (°C)	20
II-1-1-3 La conductivité (µs/cm)	20
II-1-2 Les paramètres zootechniques.....	21
II-1-2-1 Le taux de survie.....	21
II-1-2-2 Le poids corporel (g)	21
II-1-2-3 La taille (cm).....	23
II-1-3 Les paramètres de croissance et les indices biologiques	24
II-2 DISCUSSION	26
II-2-1 Les paramètres physico-chimiques.....	26
II-2-2 Les paramètres de croissance.....	27
II-2-3 Les indices biologiques.....	29
CONCLUSION.....	30
RECOMMANDATIONS	31
BIBLIOGRAPHIE.....	32

REMERCIEMENTS

Par ces lignes je voudrais adresser mes vifs remerciements à mon encadreur et Directeur de mémoire, le Professeur Aboubacar TOGUYENI pour avoir dirigé ce travail, pour son apport scientifique et pour sa disponibilité malgré ses multiples occupations ;

Je remercie Monsieur SOURABIE Aboubacar, mon co-maître de stage pour son aide et pour avoir pu trouver du temps pour lire mon document ;

Mes remerciements vont à la Direction des Ecoles Doctorales et aux enseignants qui nous ont tenus, pour la formation reçue et le partage enrichissant de savoir ;

Je suis reconnaissante envers TRAORE Mariam, OUATTARA Romain, SARE Nadia, TANKOANO Boalidioa, POODA Bertrand et SISSAO Rokyatou, ma « petite sœur » pour leur soutien constant et leurs conseils ;

J'ai traversé des moments de stress et j'ai bien souvent été désagréable, mais tu as toujours été présent. YAMEOGO Abdelaziz Béranger, je te dis tout simplement, merci!

Avec COMPAORE Inoussa, SILGA Eric, OUATTARA Arnaud, SANTI Saïdou, SOURABIE Aboubacar, SISSAO Rokyatou et ZOMA Carmela, nous avons partagé des moments de crises mais aussi et surtout des moments de joie et de fous rires. Merci à vous pour la collaboration mes frères et sœurs de la famille UR-ABAQ ;

Mes chers parents, je vous dis infiniment merci pour votre soutien indéfectible et intarissable. Vous n'avez cessé de m'accompagner et de m'encourager malgré ce long chemin que j'ai emprunté. Merci pour votre disponibilité et vos bénédictions. Avec mes sœurs et mon frère, acceptez ce travail comme étant le vôtre.

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : Composition des deux aliments utilisés lors de l'expérimentation.	14
Tableau II : Evolution du poids moyen (g) par régime alimentaire et par bassin	22
Tableau III : Evolution des taux de croissance (TCS) et du quotient nutritif (QN) au cours de l'expérimentation.	24
Tableau IV : Récapitulatif des indices gonado-somatique (IGS), hépato-somatique (IHS) et de graisse péritonéale (IGP) en fonction de l'aliment.	25

LISTES DES FIGURES

Figure 1 : Parade nuptiale de <i>C. gariepinus</i>	8
Figure 2 : Evolution du pH hebdomadaire moyen dans les deux circuits.....	18
Figure 3 : Evolution de la température hebdomadaire moyenne (°C) dans les deux circuits.....	20
Figure 4 : Evolution de la conductivité hebdomadaire moyenne (µs/cm) dans les deux circuits.....	21
Figure 5 : Evolution du poids moyen (g) par aliment.....	21
Figure 6 : Evolution de la longueur totale moyenne (cm) par aliment.	22

LISTE DES PHOTOS

Phtoto 1 : Clarias gariepinus.....	6
Photo 2 : Circuits d'élevage avec le bio-filtre et les bacs d'élevage	11
Photo 3 : Aliment à base de tourteau de coton et de tourteau de sésame	12
Photo 4 (a) : Farine de poisson.....	14
Photo 4 (b) : Tourteau de coton	14
Photo 4 (c) : Tourteau de sésame.....	14
Photo 5 : fabrication de l'aliment	15

SIGLES ET ABREVIATIONS

$\mu\text{S/cm}$: micro Siemens par centimètre

BHA : Butyl-hydroxy-anisole

BHT : Butyl-hydroxy-toluène

CMC : Carboxyméthyl cellulose

COFI : Committee on Fisheries

FAO : Food and Agriculture Organization

IGP : Indice de Graisse péritonéale

IGS : Indice Gonado-Somatique

IHS : Indice Hepato-Somatique

QN : Quotient Nutritif

TCS : Taux de Croissance Spécifique

TS : Taux de Survie

RESUME

La présente étude a été réalisée à l'Unité de Recherche en Aquaculture et Biodiversité Aquacole (UR-ABAQ) du Laboratoire d'Etudes des Ressources Naturelles et des Sciences de l'Environnement (LERNSE). Elle a été menée sur une période de 60 jours avec des juvéniles de *Clarias gariepinus* d'un poids moyen de $57,44 \pm 12,78$ g et d'une longueur totale moyenne de $19,90 \pm 1,70$ cm. Dans le but de valoriser les sous-produits agro-industriels, l'étude avait pour objectif d'évaluer l'effet de la substitution du tourteau de coton par le tourteau de sésame dans l'alimentation sur les paramètres de croissance des fingerlings de *C. gariepinus*. A cet effet, deux aliments isoprotéiques à 40% ont été fabriqués en substituant partiellement la farine de poisson par du tourteau de coton et du tourteau de sésame. Il s'agissait de ce fait de contribuer à la mise au point d'un aliment moins coûteux fabriqué à base de sous-produits locaux qui sera facilement accessible aux producteurs de poissons. A l'issue de l'expérimentation, les poids moyens finaux obtenus étaient de $95,92 \pm 32,91$ g pour les poissons nourris avec de l'aliment à base de tourteau de coton et de $103,14 \pm 32,12$ g pour ceux nourris avec de l'aliment à base de tourteau de sésame. Le taux de croissance spécifique (TCS) était de 0,87 %/j et de 1 %/j respectivement pour le tourteau de coton et le tourteau de sésame. Le quotient nutritif (QN) était de 3,83 pour les poissons nourris avec l'aliment à base de tourteau de coton et de 3,69 pour les poissons nourris avec l'aliment à base de tourteau de sésame. A l'issue de l'expérimentation, une différence significative au niveau du poids ($p < 0,05$) a été observée en faveur des poissons nourris avec l'aliment à base de tourteau de sésame. Par ailleurs, les indices gonado-somatique, hépato-somatique et de graisse péritonéale ont été calculés et aucune différence significative ($p > 0,05$) n'a été observée selon l'aliment ingurgité. Nous pouvons dire à l'issue de cette étude que le tourteau de sésame peut remplacer le tourteau de coton et la farine de poisson dans l'alimentation des juvéniles de *C. gariepinus* et donner de meilleures performances de croissance par rapport au tourteau de coton.

Mots clés : *Clarias gariepinus*, Tourteau de coton, Tourteau de sésame, Substitution, Paramètres zootechniques.

ABSTRACT

A study of 8 weeks was conducted to evaluate the effect of replacing cotton seed meal with sesame meal on the growth performance on fingerlings of *Clarias gariepinus*. The experiment held at the Aquatic Biodiversity and Aquaculture Research Unit (UR-ABAQ). It concerned fingerlings with an average weight and length of 57.44 ± 12.78 g and 19.90 ± 1.70 cm respectively. The objective of the study was to provide by-products of agriculture in the diets of *C. gariepinus*. This will permit to make low cost aqua feeds in order to expand aquaculture. In order to that, two isoproteic diets were formulated and both were equal in crude protein (40%). In these diets, fish meal was partially replaced by cotton seed meal and sesame meal. At the end of the experiment, the final mean weight was 95.92 ± 32.91 g for fishes fed with cotton seed meal diet and 103.14 ± 32.12 g for fishes fed with sesame meal diet. The fishes fed with diet containing sesame meal present a significant difference ($p < 0.05$) for the weight. The specific growth rate was 0.87% /j and 1%/j and the nutritive quotient was 3.83 and 3.69 respectively for fishes fed with cotton seed meal and fishes fed with sesame meal. The gonado-somatic, the hepato-somatic and the peritoneal fat indexes do not present a significant difference ($p > 0.05$) for the both diets. The study reveals that sesame meal can replace both cotton seed meal and fish meal in the diet of *C. gariepinus* fingerlings and give good growth rate.

Key words: *Clarias gariepinus*, Cotton seed meal, Sesame meal, Replacement, Zootechnic parameters

INTRODUCTION GENERALE

Le poisson et les produits de la pêche sont une source importante de protéines animales, de micronutriments et d'acides gras indispensables (Beveridge *et al.*, 2013 ; FAO, 2014). Que le poisson soit issu des pêches de capture ou de l'aquaculture, il représente une source importante d'apport en protéines facilement accessibles et à faible coût pour les populations rurales, notamment celles des pays en développement (Katikiro et Macusi, 2012 ; COFI, 2013 ; FAO, 2014). En 2010, le poisson a assuré près de 17,8% de l'apport mondial en protéines animales dans les pays en développement (FAO, 2014). Les principales sources d'approvisionnement de cette denrée sont les pêches de capture et l'aquaculture mais les stocks mondiaux pour certaines espèces de poissons ont atteint le niveau de production équilibrée. Face à cette diminution des stocks, la préservation des ressources marines par la croissance du secteur aquacole s'impose. L'aquaculture est en effet un secteur dynamique de production d'aliments d'origine animale qui évolue avec la croissance démographique (FAO, 2010). La production aquacole mondiale est ainsi passée d'à peine 1 million de tonne au début des années 50 à environ 66,6 millions en 2012 (FAO, 2014). Des années 1980 à 2010, cette production a été multipliée par 12 avec un accroissement annuel de près de 8,8% (FAO, 2012). L'aquaculture pourrait donc être un facteur important dans la lutte contre l'insécurité alimentaire et la pauvreté (Brummett *et al.*, 2008 ; Katikiro et Macusi, 2012 ; Beveridge *et al.*, 2013).

L'aquaculture a été introduite en Afrique entre les années 1940 et 1950 pour diversifier les sources de protéines animales et favoriser l'autosuffisance alimentaire. En plus d'être un secteur important dans la production d'aliments à fort taux de protéines animales, elle contribue à l'amélioration des conditions de vie dans les pays en voie de développement (FAO, 2012).

Les principales familles de poissons essentiellement utilisées pour la production piscicole en Afrique de l'ouest sont les *Cichlidae* et les *Clariidae* (Lazard et Légendre, 1994). Les espèces de *Clariidae* d'élevage les plus utilisées sont *Clarias gariepinus* et *Heterobranchus longifilis* qui sont très appréciées dans de nombreux pays d'Afrique. Elles ont des capacités de croissance et de survie fort élevées (Viveen *et al.*, 1985, Lacroix, 2004), s'adaptent facilement en conditions de production intensive et tolèrent

des conditions extrêmes de leur milieu de vie (Hecht *et al.*, 1988). *C. gariepinus* est une bonne espèce de culture de par son alimentation éclectique et omnivore, sa capacité de croissance rapide, sa résistance aux manipulations ainsi qu'au stress (De Graaf et Janssen, 1996 ; Lacroix, 2004). Sa domestication a débuté dans les années 1970 mais sa production stagne en Afrique alors qu'elle se développe en Europe, en Asie et en Amérique latine (Hecht *et al.*, 1996 ; Ducarme et Micha, 2003). Cette situation pourrait s'expliquer par: la non maîtrise des techniques de production, la rareté des semences de bonne qualité, les raisons socioculturelles, les difficultés économiques et celles liées à la disponibilité de l'aliment adéquat pour poisson et à moindre coût.

L'émergence de l'aquaculture rencontre en effet une contrainte majeure qui est le coût élevé des aliments pour poissons, notamment dans les pays en développement. Il semble donc important de privilégier une disponibilité abondante en aliments pour accompagner cette production.

Ainsi, en aquaculture intensive notamment, l'un des facteurs les plus importants est l'aliment qui pourtant constitue l'intrant le plus coûteux. Le principal ingrédient utilisé pour la fabrication de l'aliment industriel est la farine de poisson. C'est une importante source de protéines de qualité pour les poissons en plus de son appétence et sa digestibilité (Yildirim *et al.*, 2009 ; FAO, 2012 ; Medale, 2010 ; Medale *et al.*, 2013). En effet pour de nombreuses espèces de poissons, la farine de poisson, de par sa composition en acides aminés indispensables, en acides gras essentiels, en vitamines et en minéraux, couvre la plupart des besoins nutritionnels (Medale et Kaushik, 2008 ; COFI, 2013 ; FAO, 2014 ; Burel et Medale, 2014). Les aliments destinés aux animaux doivent avoir un équilibre nutritionnel et du reste assurer un apport conséquent en protéines, en énergies et en vitamines (Peyronnet *et al.*, 2014). La farine de poisson est donc un ingrédient très important dans la formulation d'aliments, notamment pour poissons. Mais son coût élevé augmente le prix des aliments et par ricochet, celui des poissons à l'étalage.

En dépit de ses qualités nutritives et digestives, la farine de poisson est de plus en plus remplacée par d'autres sources de protéines, notamment végétales, en remplacement ou en incorporation en plus de la farine de poisson, du fait de leur disponibilité et surtout de leur faible coût (Nyinawamwiza, 2007 ; Zheng *et al.*, 2010 ;

Ble *et al.*, 2011 ; Nogales Meride *et al.*, 2011 ; Jiang *et al.*, 2012 ; Pallabi *et al.*, 2013 ; Kumar *et al.*, 2014). Ces protéines végétales qui sont notamment des sous-produits agricoles ont été introduits dans l'alimentation des poissons dans les pays en développement et concernent principalement les tourteaux d'oléagineux qui sont des sources d'énergie et de protéines (Sauvant *et al.*, 2004 ; Ble *et al.*, 2011). Par ailleurs, les sous-produits de céréales tels que le son de maïs constituent également des composés énergétiques. En effet, les céréales et leurs sons contiennent de l'amidon qui pourrait être utilisé comme source d'énergie pour le métabolisme des poissons (Peyronnet *et al.*, 2014). L'utilisation de produits locaux dans l'alimentation des poissons permettrait ainsi de diminuer les importations d'aliments et rendre cette activité plus rentable (Pallabi *et al.*, 2013).

Le tourteau de coton, un sous-produit agro-industriel, a une teneur en protéines évaluée entre 36 et 43% (Sauvant *et al.*, 2004). Il peut remplacer la farine de poisson dans les provendes aquacoles en substitution partielle ou totale sans réduire significativement les performances de croissance (Viveen *et al.*, 1985 ; Nyinawamwiza, 2007 ; Bamba *et al.*, 2008 ; Imorou Toko *et al.*, 2008 ; Monentcham *et al.*, 2010 ; Zheng *et al.*, 2010 ; Ble *et al.*, 2011 ; Jiang *et al.*, 2012 ; Kumar *et al.*, 2014). Par ailleurs, les facteurs antinutritionnels, la quantité non négligeable de parois végétales et de fibres qu'il contient peuvent provoquer des troubles digestif et métabolique chez le poisson (Médale *et al.*, 2013).

Le tourteau de sésame est également un tourteau d'oléagineux riche en protéines et susceptible de remplacer le tourteau de coton comme ingrédient dans la fabrication d'aliments pour poissons. Il a un taux élevé en protéines brutes, comparable à celui du tourteau de coton (43%) (Sauvant *et al.*, 2004). Aussi, sa teneur en huiles résiduelles reste plus élevée que celle du tourteau de coton. Cet aspect de sa composition pourrait en faire un produit de remplacement efficace du tourteau de coton car serait une source d'énergie plus élevée pour le métabolisme des poissons ; la couverture de leurs besoins énergétiques pouvant conduire à l'épargne des protéines pour la constitution de la chair (Médale et Kaushik, 2008). En plus, il ne contient pas de parois végétales et sa teneur en fibres est plus faible que celle du tourteau de coton (Sauvant *et al.*, 2004).

La disponibilité d'un aliment moins coûteux et fabriqué localement pourrait contribuer à l'expansion de l'aquaculture au Burkina Faso. Sur le plan local, le tourteau de coton est accessible car l'huile de coton est la principale huile fabriquée au Burkina Faso. Mais ce tourteau est très sollicité car il est utilisé dans l'alimentation du bétail. La fabrication industrielle ou semi-industrielle d'huile de sésame quant à elle, est une toute nouvelle activité au Burkina Faso. L'utilisation potentielle du tourteau de sésame dans l'alimentation du poisson pourrait être explorée au regard de sa teneur en protéines qui est similaire à celle du tourteau de coton.

Cette étude a été initiée pour comparer le tourteau de coton au tourteau de sésame dans la formulation d'un régime alimentaire pour poisson, d'où le thème de notre travail: « effet de la substitution partielle de la farine de poisson par le tourteau de coton et le tourteau de sésame dans l'alimentation sur les paramètres zootechniques des fingerlings de *C. gariepinus* (Burchell, 1822) ». L'objectif de cette étude est d'évaluer la possibilité de substituer partiellement une protéine animale (la farine de poisson) par une protéine végétale (le tourteau de sésame ou le tourteau de coton) dans l'alimentation de *C. gariepinus*.

Plus spécifiquement, il s'agit :

- ✓ de formuler et fabriquer un aliment en substituant partiellement la farine de poisson par le tourteau de coton ou le tourteau de sésame ;
- ✓ de comparer les paramètres de croissance des fingerlings de *C. gariepinus* en fonction des deux types d'aliment.

Les hypothèses émises pour initier cette étude sont :

- ✓ le tourteau de sésame, tout comme le tourteau de coton peut remplacer partiellement la farine de poisson dans l'alimentation des fingerlings de *C. gariepinus* ;
- ✓ les aliments fabriqués avec une substitution partielle de farine de poisson par les tourteaux de coton et de sésame permettent d'avoir de bonnes performances de croissance chez les fingerlings de *C. gariepinus*.

Ce document s'articule autour des points suivants :

- ✓ Introduction,
- ✓ Généralités,
- ✓ Matériel et méthode,
- ✓ Résultats et discussion,
- ✓ Conclusion et recommandations.

GENERALITES

I Présentation de l'espèce d'étude

I-1 Systématique et distribution

Le poisson-chat *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) est une espèce du genre *Clarias* qui appartient à la famille des *Clariidae*, au sous-ordre des *Siluroidea* et à l'ordre des *Siluriformes* (Levêque *et al.* 1992). Il a une distribution presque panafricaine, du Nil en allant vers l'Afrique de l'Ouest et de l'Algérie au Sud de l'Afrique. Par ailleurs, on le rencontre également en Asie mineure dans les pays tels que l'Israël, la Syrie et le sud de la Turquie (De Graaf et Janssen, 1996).

I-2 La morphologie et le milieu de vie

L'espèce *Clarias gariepinus* est caractérisée par un corps anguilliforme recouvert de mucus et dépourvu d'écailles, et une tête large et aplatie pourvu de petits yeux. Sa bouche, large est entourée de quatre paires de barbillons qui jouent un rôle sensoriel. Les nageoires dorsale et anale sont allongées et constituées de rayons mous tandis que les pectorales sont munies chacune d'une forte d'épine (Skelton et Teugels, 1991). Sur la partie dorsale et latérale de son corps, il présente une peau pigmentée de noir tandis que le ventre a une couleur blanchâtre. Ce pigment noir peut présenter un aspect plus ou moins sombre en fonction de son habitat (Skelton et Teugels, 1991 ; Lacroix, 2004).



Photo 1 : *Clarias gariepinus*

Cette espèce a la particularité de posséder un organe supra-branchial arborescent muni de tissus fortement vascularisés qui lui sert d'organe accessoire de respiration. Grâce à cet organe, il peut vivre dans les marais et survivre plusieurs heures hors de l'eau car il lui permet de respirer l'air atmosphérique.

D'un point de vue morphologique, *C. gariepinus* est semblable à une autre espèce de la famille des *Clariidae*, *Clarias anguillaris*. De ce fait, leur identification est surtout basée sur la détermination du nombre de branchiospines situées sur le premier arc branchial. L'espèce *C. gariepinus* est caractérisée par un nombre élevé de branchiospines (24 à 110) par rapport à *C. anguillaris* (Linné, 1758) qui lui, en possède entre 16 et 50 (Levêque *et al.*, 1992).

C. gariepinus vit dans les marécages, dans les eaux calmes des cours d'eau et des lacs dont certains sont sujets à des assèchements saisonniers (De Graaf et Janssen, 1996 ; Lacroix, 2004). Dans son habitat naturel, il a un régime alimentaire omnivore à tendance carnivore car c'est un prédateur. Il a une alimentation éclectique allant des organismes du plancton aux poissons pouvant atteindre 10% son poids (De Graaf et Janssen, 1996). Il se nourrit également de fruits, de graines et de petits mammifères (Hecht *et al.*, 1988).

I-3 La reproduction

Le poisson-chat africain *C. gariepinus* présente un dimorphisme sexuel qui est caractérisé chez les individus adultes. Chez le mâle adulte la papille uro-génitale est allongée et se prolonge vers l'arrière de l'anus tandis que chez la femelle, elle se limite à un orifice ovale.

La reproduction naturelle chez *Clarias* se fait en saison pluvieuse et est sujette à la photopériode et aux changements de température. La maturation des gonades commence en mars et la phase de reproduction s'étend de juillet à octobre (De Graaf et Janssen, 1996). Dans les conditions normales, le processus de reproduction est favorisé par la montée des eaux qui provoque une réaction psychique aboutissant à la maturation finale des ovules. Après une parade nuptiale plus ou moins longue, la ponte a lieu en eau peu profonde ou dans les herbes inondées où les œufs pourront s'adhérer au substrat. La femelle lâche les ovules qui sont immédiatement fécondés par le mâle. Les œufs ainsi obtenus sont vigoureusement éparpillés par les géniteurs pour éviter qu'ils ne se collent entre eux pour favoriser leur bonne adhésion au substrat. L'éclosion des œufs peut avoir lieu entre 24 et 48h après la fécondation et est fonction de la température d'incubation (Hecht *et al.*, 1988).

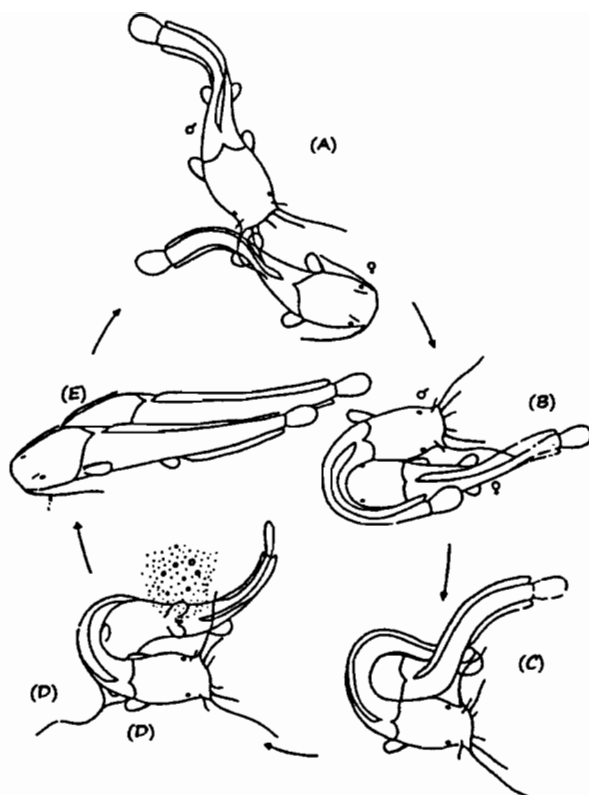


Figure 1 : Parade nuptiale de *C. gariepinus* Source : Bruton in Hetch et al., 1988

Légende : (A) : Rencontre des géniteurs ; (B) : Formation du couple ; (C) : Enlacement des géniteurs ; (D) : Ponte et fécondation ; (E) : Séparation des géniteurs après l'accouplement.

II Problématique de l'alimentation des clarias

La perspective de l'utilisation d'autres ingrédients dans l'alimentation du poisson pour réduire la dépendance de la production piscicole vis-à-vis de la farine de poisson a conduit à des substitutions de cette dernière par des protéines d'origine végétale (Imorou Toko, 2007 ; Nyinawamwiza, 2007 ; Médale et Kaushik, 2008 ; Monentcham, 2009 ; Musiba *et al.*, 2014). D'une manière générale, l'orientation des recherches dans le domaine de la nutrition d'une espèce, se base sur son mode alimentaire naturel (Hecht *et al.*, 1988 ; Van Weerd, 1995 ; Burel et Médale, 2014). Pour *C. gariepinus*, en plus de cet aspect, son adaptation à certains types d'aliment, surtout sur le plan physiologique ont été également pris en compte (Hecht *et al.*, 1988). La structure de son système digestif lui permet de digérer plusieurs types d'aliments, allant du plancton, des fruits, des graines, des mollusques aux poissons (Hecht *et al.*, 1988). D'un point de vue économique, il serait donc bénéfique d'allier les deux sources de protéines (animale et végétale) dans la formulation alimentaire de *C. gariepinus*, vu

qu'il tolère une gamme variée d'aliments d'origine animale et végétale. Cette tolérance est soutenue par une importante activité enzymatique qui repose sur le taux élevé d'amylases, de protéases et de lysozymes gastriques qui lui permettent de digérer efficacement plusieurs types d'aliments (Hecht *et al.*, 1988). Etant donné que les protéines sont des composés complexes formés d'acides aminés et constituant la structure de base des tissus animaux, chaque animal en a besoin en une quantité spécifique pour une croissance optimale. Les besoins en protéines de *C. gariepinus* ont de ce fait été estimés entre 30 et 60% (Viveen *et al.*, 1985 ; Hecht *et al.*, 1988 ; Van Weerd, 1995). Plusieurs ingrédients végétaux ont ainsi été utilisés dans le but d'évaluer leur potentialité, de circonscrire leur limite utilisable et de dégager les teneurs optimales d'utilisation dans l'alimentation des poissons (Fagbenro, 1999 ; Nyinawamwiza, 2007 ; Imorou Toko *et al.*, 2008 ; Amisah *et al.*, 2009 ; Nyinawamwiza *et al.*, 2010 ; Sotolu, 2010 ; Sule et Sotolu, 2010 ; Barnes *et al.*, 2012 ; Musiba *et al.*, 2014).

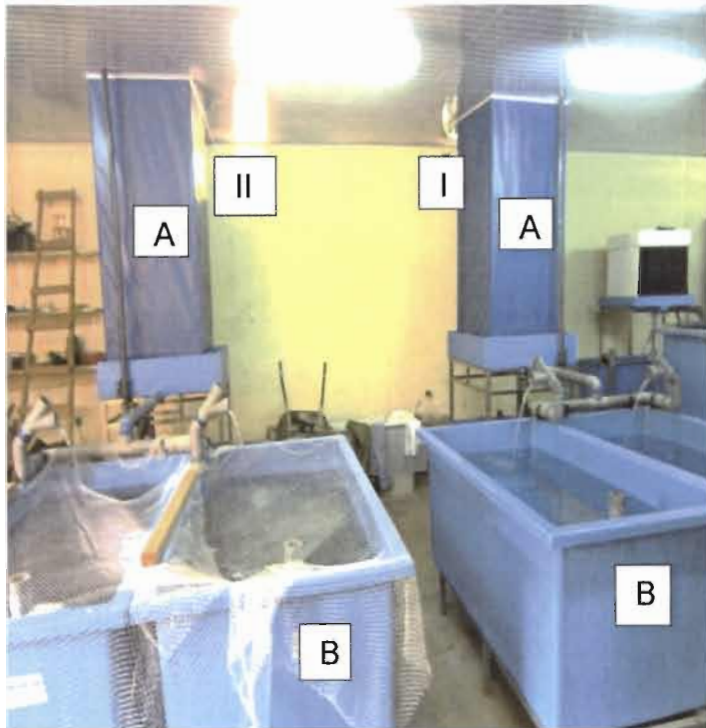
Les produits et sous-produits tels que les tourteaux, les sons de céréales et les huiles végétales ont été utilisés comme composants protéiques et/ou énergétiques en substitution de la farine et de l'huile de poisson dans plusieurs études (Bamba *et al.*, 2008 ; Fiogbe *et al.*, 2009 ; Nyinawamwiza, 2007 ; Pettersson, 2010). Pour un apport supplémentaire en énergie, l'huile de poisson est souvent utilisée dans les aliments industriels pour poisson et sa substitution par des huiles végétales fait également des thèmes de recherche (Montero *et al.*, 2003 ; Médale et Kaushik, 2008). La raréfaction des huiles de poissons sur le marché a aussi orienté les recherches vers sa substitution par des huiles végétales (Médale *et al.*, 2013). Ainsi des huiles végétales comme l'huile de coton, de lupin, de tournesol, de palme, d'arachide ont été utilisées et ont donné des résultats satisfaisants sans incidence négative sur la croissance des poissons (Nasopoulou et Zabetakis, 2012).

I-MATERIEL ET METHODES

I-1 MATERIEL

I-1-1 Matériel technique

Le matériel technique utilisé est composé de systèmes d'élevage qui fonctionnent en circuit fermé. Chaque système est composé de 2 bacs (de volume 1 m³ chacun) pour les poissons, d'un bac de charge, d'une pompe aspirante-refoulante et d'un bio filtre structuré en alvéoles où se développent des bactéries nitrifiantes. La pompe permet d'avoir un débit constant et favorise l'aération de l'eau. Les circuits sont alimentés par de l'eau de forage, puisée à 30 m de profondeur et chacun d'eux dispose d'une arrivée individuelle.



I : circuit I ; II : circuit II ; A : biofiltre ; B : bac

Photo 2: *Circuits d'élevage avec le bio-filtre et les bacs d'élevage*

I-1-2 Matériel biologique

Les poissons utilisés sont des juvéniles de *C. gariepinus* d'un poids moyen de $57,44 \pm 12,78$ g et d'une longueur totale moyenne de $19,90 \pm 1,70$ cm répartis dans les quatre (04) bacs. Ces poissons sont issus d'une reproduction artificielle réalisée à

l'écloserie de l'Unité de Recherche en Aquaculture et Biodiversité Aquacole (UR-ABAQ) du Laboratoire d'Etudes des Ressources Naturelles et des Sciences de l'Environnement (LERNSE).

I-1-3 L'aliment

Pour cette expérimentation, deux formulations d'aliments (tableau I) ont été mises au point :

- Un aliment à base de tourteau de coton, de son de maïs issu de minoterie, de farine de poisson et d'huile de coton ;
- Un second aliment à base de tourteau de sésame, de son de maïs issu de minoterie, de farine de poisson et d'huile de coton.

Tous les deux régimes titrent 40% de protéines avec en plus de ces ingrédients de base, une incorporation de bétaine (comme attractant) et de prémix minéral (adjonction de minéraux dans les aliments).



Photo 3: Aliment à base de tourteau de coton (à gauche) et de tourteau de sésame (à droite). Coloration plus sombre de l'aliment avec le tourteau de coton.

I-1-4 Matériel de mesure et de pesée

Une balance de précision 0,2g est utilisée pour les pesées et un ichtyomètre pour mesurer les longueurs totales.

Les rations quotidiennes sont pesées à l'aide d'une balance de précision 0,001g.

Un multimètre combi a été utilisé pour mesurer les paramètres physico-chimiques de l'eau dans les circuits.

I-2 METHODES

L'expérimentation a été conduite pendant 60 jours en condition d'élevage dans des bacs en plastique montés en circuit fermé.

I-2-1 Conduite de l'expérimentation

Au début de l'expérimentation, 220 poissons ont été répartis en 04 lots de 55 individus. La répartition a été faite en fonction des poids moyens des individus pour homogénéiser les différents lots dès l'entame de l'expérimentation. Dans chaque circuit, les poissons d'un bac sont nourris soit avec l'aliment fabriqué à base de tourteau de coton, soit avec de l'aliment à base de tourteau de sésame. Le nourrissage est effectué à la volée trois fois par jour, entre 8h et 15h, avec un taux de nourrissage de 4,2% de la biomasse. Ce taux de nourrissage a été maintenu constant tout au long de l'expérimentation.

Le tableau I donne la composition des deux aliments utilisés pour cette expérimentation.

Tableau I : Composition des deux aliments utilisés lors de l'expérimentation en circuit fermé avec des poissons de $57,43 \pm 0,04$ g de poids moyen.

Ingrédients	%	Quantité (g)
Farine de poisson	45%	450
Tourteau de coton ou de sésame	25%	250
Huile de coton	1%	12
Son de maïs	23%	226
Prémix minéral	2%	20
Prémix vitaminé	1%	10
CMC	2%	20
BHA	traces	1
BHT	traces	1
Bétaïne	1%	10
TOTAL	100%	1000

BHA : Butyl-hydroxy-anisole ; BHT : Butyl-hydroxy-toluène ; CMC : Carboxyméthyl cellulose



Photo 4 (a) : Farine de poisson



Photo 4 (b) : Tourteau de coton



Photo 4 (c) : Tourteau de sésame



Photo 5 : fabrication de l'aliment ; (à gauche) mélange des ingrédients et (à droite) production des spaghettis d'aliment de 3,5 mm de diamètre.

I-2-1-1 Les paramètres physico-chimiques

Les paramètres physico-chimiques (la température, le pH et la conductivité) ont été mesurés dans chaque bac deux fois par jour. La première mesure est effectuée avant le premier nourrissage et la seconde avant le dernier nourrissage, c'est-à-dire entre 8h50 mns et 8h55 mns et entre 14h45 mns et 14h50 mns respectivement. Aussi, tous les matins, les fèces et résidus d'aliment sont siphonnés des bacs avant le début du nourrissage de la journée.

L'expérimentation a été conduite sous éclairage artificiel avec une photopériode de 12h par jour.

Les poissons sont pesés tous les 15 jours pour réajuster la ration alimentaire et la veille de chaque séance de pesée, ils sont mis à jeun. Cette mise à jeun permet d'avoir une digestion complète de l'aliment avant la pesée pour éviter un biais de poids dû à la prise alimentaire. En effet, si la digestion n'est pas totale, le poids obtenu à la pesée serait un poids apparent car celui de l'aliment ingurgité y serait également compris.

Pour faciliter les manipulations et amoindrir le stress lors des pêches de contrôle, les poissons sont anesthésiés dans une solution de benzocaïne à une dose de 5 ml/l d'eau avant les différentes mesures. Après chaque pêche de contrôle, les circuits sont entièrement nettoyés.

I-2-1-2 Les paramètres de croissance

A la fin de l'expérimentation, tous les poissons sont pesés à jeun et mesurés. Ces données ont servi à calculer les paramètres de croissance suivants :

- taux de croissance spécifique (TCS) qui mesure la croissance moyenne journalière du poisson ; cet indice est fonction des poids moyens final et initial et de la durée de l'élevage ;

$$TCS = 100 \times \frac{\ln(\text{poids final (g)}) - \ln(\text{poids initial (g)})}{\text{temps d'élevage (nombre de jours)}}$$

- quotient nutritif (QN), qui permet d'évaluer le rendement d'une alimentation artificielle en pisciculture ; il est calculé en tenant compte de la quantité d'aliment distribuée et du gain de poids observé chez les poissons à la fin de l'élevage ;

$$QN = \frac{\text{quantité d'aliment (g)}}{\text{gain de poids (g)}}$$

- taux de survie (TS) permet d'évaluer la mortalité totale sur toute la période d'élevage ;

$$TS = 100 \times \frac{\text{nb d'individus au début de l'élevage}}{\text{nb d'individus à la fin de l'élevage}}$$

Par ailleurs, sur un échantillon de 30 poissons par régime, il a été effectué des prélèvements de foie, de gonades et de graisse péritonéale pour calculer les indices hépato-somatique et gonado-somatique et l'indice de graisse péritonéale respectivement.

- indice gonado-somatique (IGS) qui donne le rapport entre le poids des gonades et le poids total de l'animal ; cet indice permet d'évaluer le stade de maturité sexuelle du poisson.

$$IGS = \frac{\text{poids des gonades (g)}}{\text{poids total de l'individu (g)}}$$

- indice hépato-somatique (IHP) est le rapport entre le poids du foie et le poids total de l'individu ; il permet d'évaluer la quantité de lipides stockés dans le foie ;

en effet, les poissons stockent les lipides dans le foie qu'ils utiliseront pour l'ovogénèse ou la spermatogénèse.

$$IHP = \frac{\text{poids du foie (g)}}{\text{poids total de l'individu(g)}}$$

- indice de graisse péritonéale (IGP) donne le rapport de graisse par rapport au poids total de l'individu ;

$$IGP = \frac{\text{poids de la graisse (g)}}{\text{poids total de l'individu(g)}}$$

I-2-2 Analyses statistiques

Les données récoltées ont été encodées à l'aide du tableur MS Excel 2007. Le logiciel STATISTICA 7.1 est ensuite utilisé pour les analyses statistiques. Une analyse de variance (ANOVA) à un facteur est réalisée sur les différents indices calculés. Le test de Newman-Keuls a permis d'effectuer les comparaisons des régimes à un seuil de significativité de 5%.

II-RESULTATS ET DISCUSSION

II-1 RESULTAT

II-1-1 Les paramètres physico-chimiques

II-1-1-1 Le pH

Le pH a peu varié durant toute la période d'expérimentation (de Septembre à Novembre). Mais d'une manière générale les valeurs relevées dans la matinée sont relativement plus élevées que celles du soir. Les moyennes hebdomadaires ont évoluées de $7,07 \pm 0,01$ à $8,46 \pm 0,08$ et de $7,15 \pm 0,03$ à $8,80 \pm 0,05$ dans la matinée, respectivement pour le circuit I et le circuit II. Quant aux valeurs moyennes du soir, elles ont varié entre $6,89 \pm 0,05$ et $8,46 \pm 0,08$ pour le circuit I et entre $6,94 \pm 0,02$ et $8,71 \pm 0,19$ pour le circuit II. Les valeurs obtenues lors des trois dernières semaines (S7, S8 et S9) sont les plus élevées. Toutefois, aucune différence significative ($p > 0,05$) n'est observée dans les deux circuits selon la période de la journée.

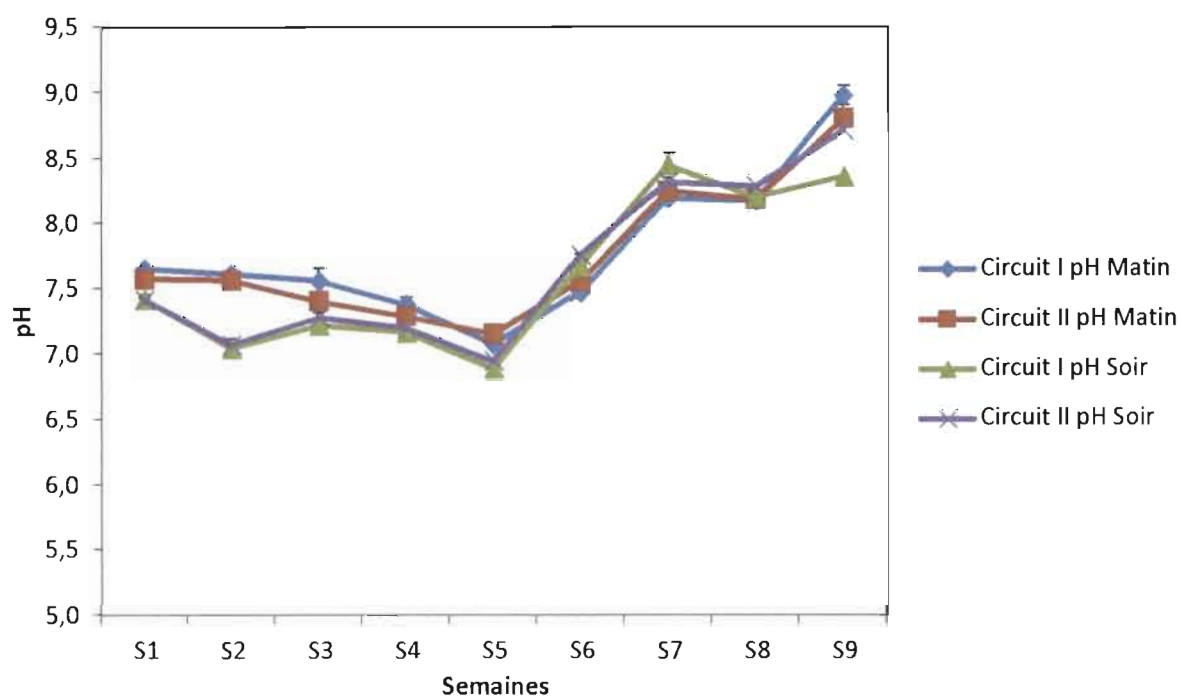


Figure 2 : Evolution du pH hebdomadaire moyen le matin et le soir dans les deux circuits durant la période de l'expérimentation.

II-1-1-2 La température (°C)

Les moyennes hebdomadaires relevées le matin ont varié de $25,27 \pm 0,05$ °C à $28,9 \pm 0,14$ °C pour le circuit I, et de $25,27 \pm 0,05$ à $28,9 \pm 0,14$ °C pour le circuit II. Pour ce qui est des valeurs moyennes relevées le soir, elles ont varié de $26,85 \pm 0,07$ à $30,30 \pm 0,03$ dans le circuit I et de $27,51 \pm 0,01$ à $30,18 \pm 0,00$ dans le circuit II ; Durant toute la période expérimentale, les températures du soir sont restées relativement plus élevées que celles du matin. Aucune différence significative ($p > 0,05$) n'a été observée entre les deux circuits durant toute la période d'élevage. A l'inverse du pH, les valeurs de température les plus faibles ont été relevées lors des trois dernières semaines d'élevage (S7, S8 et S9).

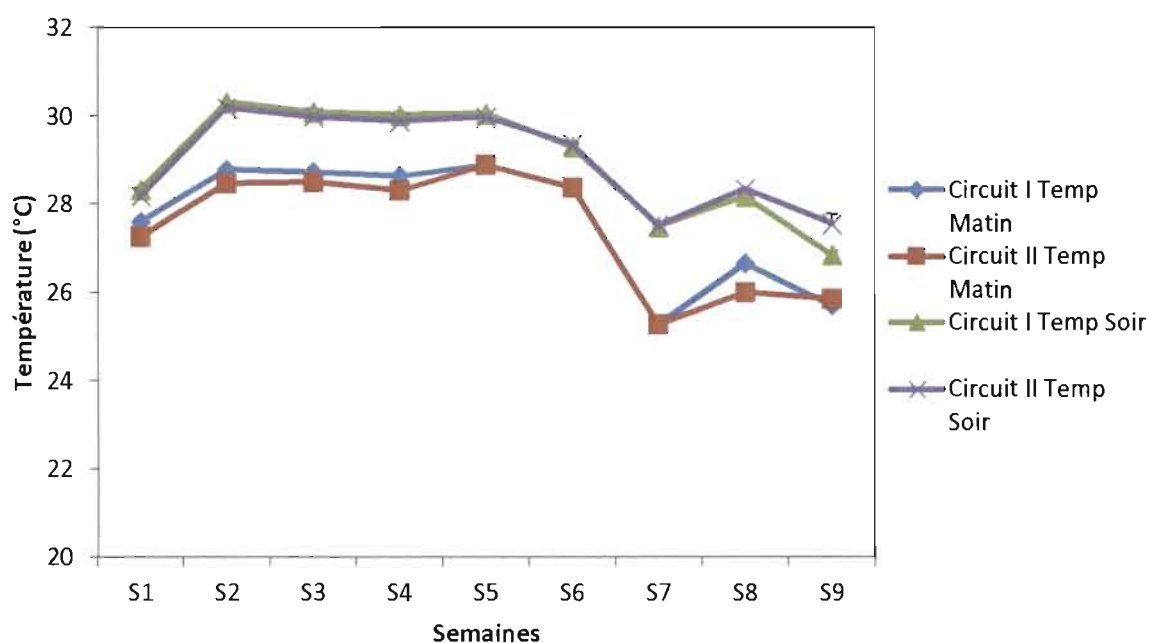


Figure 3 : Evolution de la température hebdomadaire moyenne (°C) en fonction des différentes périodes de la journée (le matin et le soir) dans les deux circuits.

II-1-1-3 La conductivité (µs/cm)

La conductivité a fortement varié durant toute la période d'élevage dans les deux circuits. Si au cours des trois premières semaines, les valeurs moyennes sont restées homogènes dans les deux circuits sans marquer de différence significative, des

différences significatives sont apparues à partir de S6. Par ailleurs, on note une forte variabilité des valeurs moyennes pour le circuit I aussi bien pour les relevés du matin que du soir.

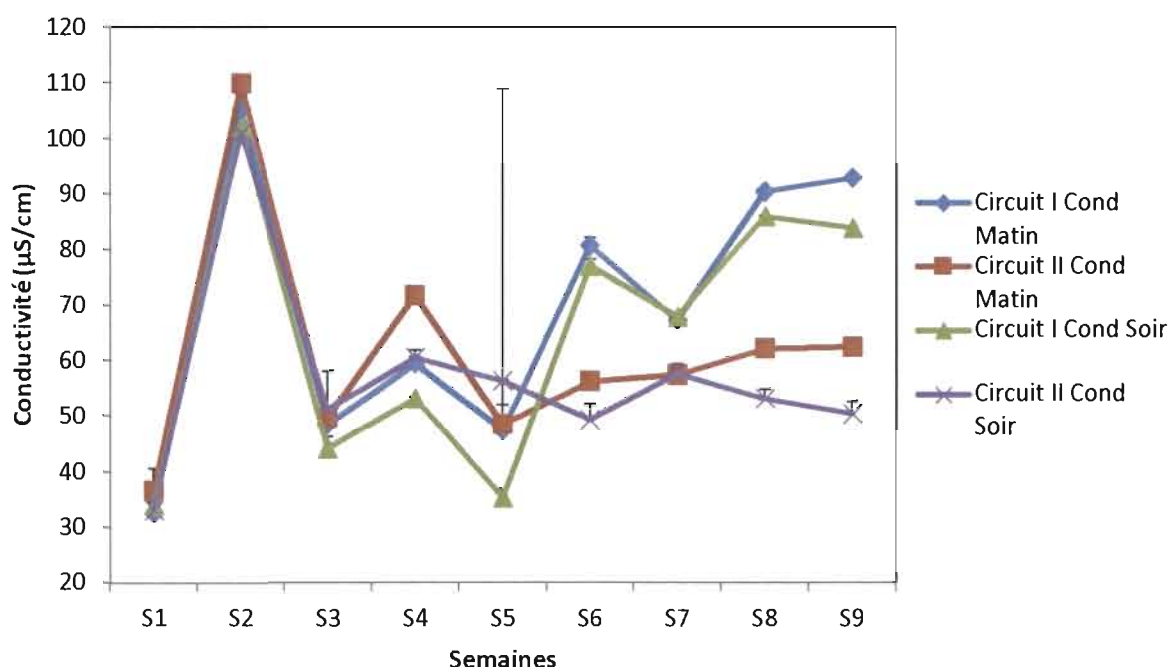


Figure 4 : Evolution de la conductivité hebdomadaire moyenne ($\mu\text{S/cm}$) en fonction des différentes périodes de la journée (le matin et le soir) dans les deux circuits.

II-1-2 Les paramètres zootechniques

II-1-2-1 Le taux de survie

Le taux de survie moyen (TS) est de 90% et de 98,18% respectivement pour les poissons nourris à base de tourteau de coton et de tourteau de sésame.

II-1-2-2 Le poids corporel (g)

Les poids corporels moyens ont évolué dans le même sens pour les deux régimes alimentaires indépendamment du circuit d'élevage. De même, aucune différence significative de poids moyens n'est observée entre les deux régimes alimentaires à J0 et J15. A partir de J30 jusqu'à la fin de l'expérimentation à J60, une différence significative ($p < 0,05$) de poids a été observée en faveur des poissons nourris avec

l'aliment à base de tourteau de sésame. Les poids moyens ont varié de $57,55 \pm 12,82$ g à $95,92 \pm 32,91$ g et de $57,32 \pm 12,67$ g à $103,14 \pm 32,12$ g respectivement pour l'aliment à base de tourteau de coton et l'aliment à base de tourteau de sésame (tableau II et figure 5).

Tableau II : Evolution du poids moyen (g) par régime alimentaire et par bassin au cours de la période d'élevage (moyenne \pm écart-type)

Bassin	Temps d'élevage (jours)				
	J0	J15	J30	J45	J60
Coton I	57,45 \pm 13,45	64,03 \pm 18,71	72,81 \pm 22,73	83,61 \pm 26,97	94,18 \pm 32,56
Coton II	57,66 \pm 12,27	66,31 \pm 15,20	75,26 \pm 19,23	91,00 \pm 27,32	97,93 \pm 33,57
Sésame I	56,87 \pm 12,07	72,02 \pm 17,50	81,43 \pm 22,38	96,68 \pm 28,1	105,58 \pm 36,19
Sésame II	57,78 \pm 13,34	69,94 \pm 17,70	80,96 \pm 20,61	94,32 \pm 25,46	100,79 \pm 27,78

J0, J15, J30, J45, J60 correspondent aux pêches de contrôle ponctuelles effectuées tous les 15 jours pour suivre l'évolution de la croissance.

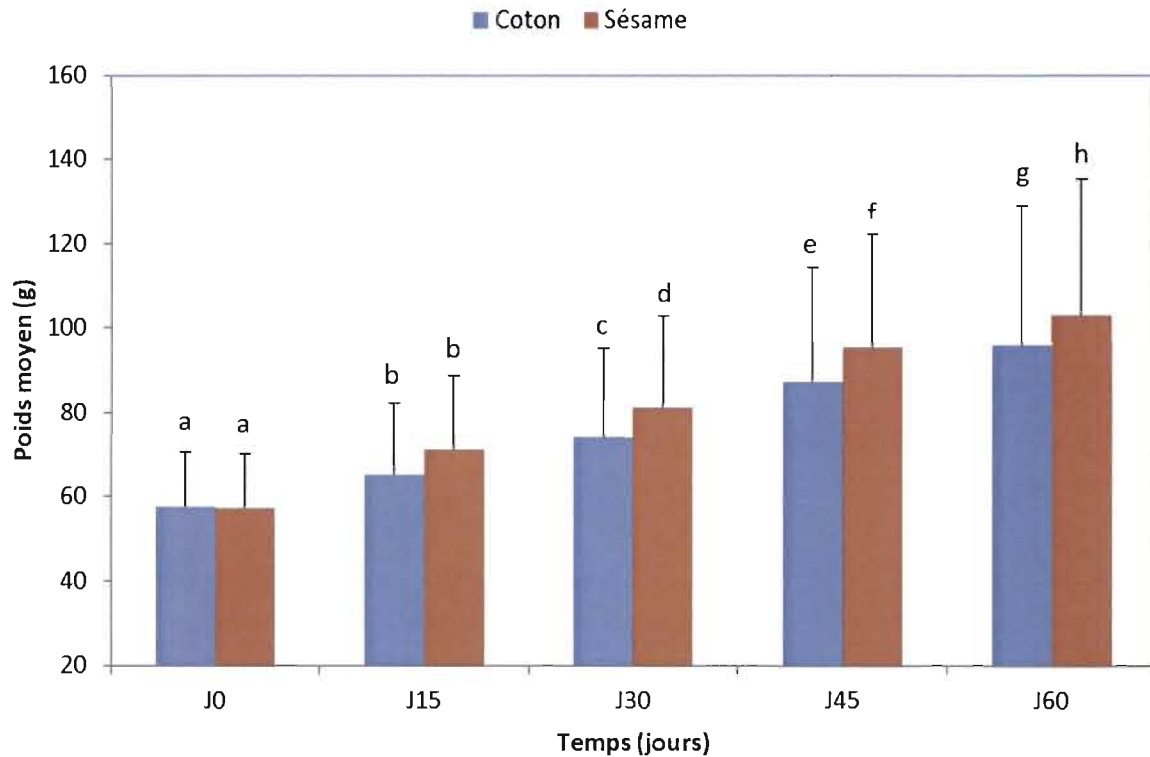


Figure 5 : Evolution du poids moyen (g) des fingerlings des deux régimes au cours de la période expérimentale (moyenne \pm écart type).

II-1-2-3 La taille (cm)

Les longueurs totales moyennes ont évolué dans le même sens que les poids moyens. Elles ont varié de $19,85 \pm 1,79$ cm à $22,64 \pm 2,31$ cm pour les poissons nourris avec l'aliment fabriqué avec le tourteau de coton, et de $19,95 \pm 1,62$ cm à $23,56 \pm 2,33$ cm pour ceux nourris avec l'aliment fabriqué à base de tourteau de sésame. A J0 et J15 aucune différence significative ($p > 0,05$) n'a été observée entre les poissons en fonction du régime. Mais de J30 à J60, une différence significative ($p < 0,05$) a été observée en faveur des poissons nourris avec l'aliment à base de tourteau de sésame.

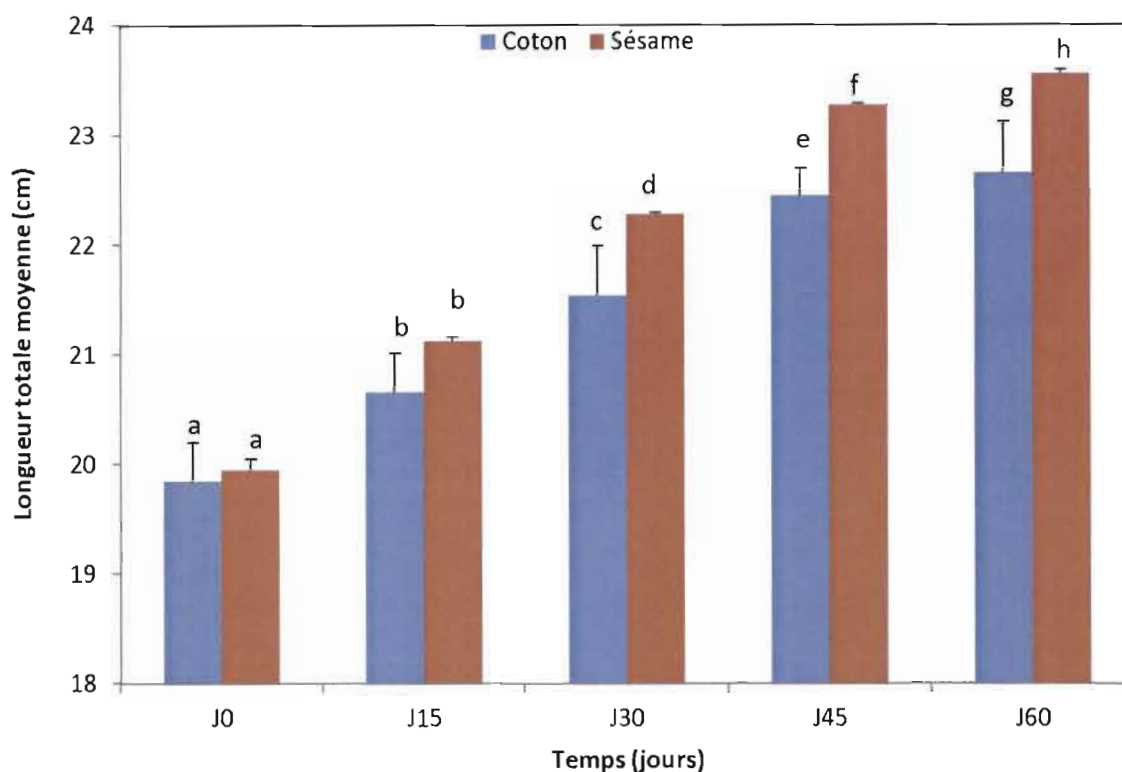


Figure 6 : Evolution de la longueur totale moyenne (cm) des fingerlings des deux régimes au cours de la période expérimentale (moyenne \pm écart type).

II-1-3 Les paramètres de croissance et les indices biologiques

Les paramètres de croissance calculés sont consignés dans le tableau III.

Tableau III : Evolution des taux de croissance (TCS) et du quotient nutritif (QN) au cours de l'expérimentation.

Régime	TCS (%/j)				Moyenne	QN				Moyenne
	P1	P2	P3	P4		P1	P2	P3	P4	
Coton	0,83	0,91	1,09	0,64	0,87\pm0,19	4,20	2,94	3,62	4,56	3,83\pm0,71
Sésame	1,42	0,96	1,08	0,51	1\pm0,38	2,32	3,76	2,51	6,18	3,69\pm1,77

Pi = Pêche de contrôle n° i avec i allant de 1 à 4 avec chaque pêche de contrôle effectué tous les 15 jours.

Le quotient nutritif (QN) est relativement plus élevé pour les poissons nourris avec l'aliment à base de tourteau de coton alors que le taux de croissance spécifique (TCS) est plus élevé chez les poissons nourris avec l'aliment à base de tourteau de sésame. Mais d'une manière générale, il n'y a pas de différence significative ($p>0,05$) entre ces paramètres de croissance selon l'aliment utilisé.

Les indices biologiques calculés sont consignés dans le tableau IV.

Tableau IV : Récapitulatif des indices gonado-somatique (IGS), hépato-somatique (IHS) et de graisse péritonéale (IGP) en fonction de l'aliment.

Régime	Indices biologiques		
	IGS	IHS	IGP
Coton I	0,031±0,039	0,013±0,002	0,005±0,004
Coton II	0,012±0,020	0,012±0,002	0,006±0,004
Moyenne Coton	0,022±0,032	0,012±0,002	0,006±0,004
Sésame I	0,014±0,018	0,014±0,003	0,013±0,008
Sésame II	0,016±0,026	0,015±0,004	0,009±0,006
Moyenne Sésame	0,015±0,022	0,015±0,003	0,011±0,008

Avec Coton I et Coton II, respectivement le régime coton du circuit I et le régime coton du circuit II et Sésame I et Sésame II, respectivement le régime sésame du circuit I et le régime sésame du circuit II.

En ce qui concerne ces indices biologiques, aucune différence significative ($p>0,05$) n'a été observée dans les différents lots, quel que soit l'aliment utilisé.

II-2 DISCUSSION

II-2-1 Les paramètres physico-chimiques

Les poissons sont des Poïkilothermes qui ne supportent des variations des paramètres physico-chimiques que dans des limites bien définies et qui sont fonction des espèces (Bard *et al.*, 1974). Ainsi, la température des poissons est subordonnée à celle du milieu ambiant et *Clarias gariepinus* peut tolérer des températures comprises entre 10 et 40°C avec une croissance optimale observée entre 27 et 30°C (Viveen *et al.*, 1985 ; Hecht *et al.*, 1988 ; Hecht, 2013). Au cours de notre expérimentation, les températures moyennes quotidiennes ont varié autour de $27,63 \pm 1,37^{\circ}\text{C}$ et de $27,52 \pm 1,28^{\circ}\text{C}$ le matin dans les circuits I et II respectivement. Les moyennes du soir ont quant à elles fluctué autour de $28,95 \pm 1,24^{\circ}\text{C}$ et de $29 \pm 1,07^{\circ}\text{C}$ respectivement pour le circuit I et le circuit II. Les valeurs les plus faibles de températures (autour de 25°C) ont été observées vers la fin de l'expérimentation lors des trois dernières semaines (S7, S8 et S9). Ces faibles valeurs de température sont imputables au début de la période froide de l'année mais elles sont restées toutefois dans des gammes tolérables par l'espèce.

Concernant le pH et la conductivité, *C. gariepinus* tolère de larges gammes avec une croissance optimale observée pour un pH compris entre 6,5 et 8 (Viveen *et al.*, 1985). Ainsi les moyennes de pH enregistrées au cours de notre expérimentation qui ont varié autour de $7,74 \pm 0,53$ et $7,59 \pm 0,56$ dans le circuit I le matin et le soir et de $7,79 \pm 0,56$ pour le matin et $7,68 \pm 0,64$ pour le soir dans le circuit II, sont dans l'intervalle de croissance optimale de l'espèce. En ce qui concerne la conductivité, *C. gariepinus* tolère de larges gammes et dans la littérature il ressort des valeurs allant jusqu'à 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Ducarme et Micha, 2003) que *C. gariepinus* pourrait tolérer. La variation permanente de la conductivité à partir de la semaine S4 est restée faible en générale dans le circuit II par rapport au circuit I.

Il ressort de l'étude que les paramètres physico-chimiques sont dans les intervalles compatibles à l'élevage de *C. gariepinus* tout en lui offrant des conditions favorables à sa croissance.

Les mortalités constatées sont surtout liées aux manipulations lors des pêches de contrôle. Certains poissons succombaient à l'effet du bain de benzocaïne dans lequel ils étaient plongés pour les anesthésier avant les différentes mesures.

II-2-2 Les paramètres de croissance

L'analyse des résultats obtenus au cours de l'expérience révèle de faibles valeurs du quotient nutritif (QN), ce qui suggère une bonne utilisation de l'aliment fabriqué à partir des deux sources de protéines végétales. Cette observation est en accord avec les résultats obtenus chez les juvéniles de *Heterobranchus longifilis* (60g), qui, nourris avec des aliments de 40,7% et 47% de protéines à un taux de nourrissage de 4%, ont eu des QN respectivement de 1,70 et 1,74 (Kerdchuen, 1992).

En ce qui concerne le tourteau de coton, sa teneur élevée en protéine, qui est estimée entre 40 et 42% (Médale et Kaushik, 2009), en fait un ingrédient de choix pour la substitution de la farine de poisson. Toutefois, les facteurs antinutritionnels qu'il contient, tel que le gossypol, rendent son utilisation difficile en tant qu'ingrédient dans les provendes pour animaux. D'une manière générale, les études qui ont porté sur la substitution de la farine de poisson par le tourteau de coton ont révélé toutes de faibles croissances des poissons dues essentiellement à la présence des facteurs antinutritionnels qu'il contient. Ces facteurs antinutritionnels affectent en général négativement certaines fonctions physiologiques (diminution de la prise alimentaire et perturbation de la digestion) chez les animaux (Gallup et Reder, 1931, Tacon, 1997 ; Diaw, 2010) et les poissons se révèlent plus sensibles par rapport aux animaux terrestres (Médale et Kaushik, 2009). Il faut toutefois noter que la toxicité de la molécule du gossypol peut être levée et dépend du procédé d'extraction de l'huile (Dao, 2002 ; Diaw *et al.*, 2011), du prétraitement des graines avant utilisation en alimentation pour animaux (Nyinawamwiza, 2010) ou même de la variété de coton utilisée (Zongo et Coulibaly, 1993).

Les valeurs élevées des taux de croissance spécifique (TCS) dénotent d'une bonne croissance. Cette observation est en accord avec les résultats obtenus chez les juvéniles de *Heterobranchus longifilis* (60g), qui nourris avec des aliments de 40,7% et 47% de protéines à un taux de nourrissage de 4%, ont eu des TCS de 1,88%/j et 1,96%/j respectivement (Kerdchuen, 1992). En pisciculture intensive où les poissons dépendent exclusivement d'un apport exogène en aliment, la nature des granulés peut également influencer les paramètres de croissance des poissons. Selon qu'ils soient pressés ou extrudés, les granulés peuvent contribuer à augmenter les performances de croissance. Les granulés utilisés pour cette étude étaient pressés et contrairement

à l'aliment extrudé, ils se désintègrent rapidement, ce qui a donc pu avoir un impact négatif sur les paramètres de croissance à travers la réduction de la prise alimentaire.

En outre, la présence de cellulose dans les deux aliments avec une teneur plus élevée dans le tourteau de coton a pu également influencer négativement la croissance chez les poissons nourris avec l'aliment à base de ce tourteau.

En ce qui concerne le tourteau de sésame, peu d'études ont été initiées dans le but de substituer la farine de poisson par cet ingrédient dans l'alimentation des poissons. Sa teneur en protéine est pourtant comparable à celle du tourteau de coton (40-42%). Mbow, (1996) a obtenu des indices de consommation plus faibles chez les poulets de chair, nourris avec le tourteau de sésame comparativement à ceux nourris avec du tourteau d'arachide en substitution de la farine de poisson.

Des résultats obtenus au cours de notre expérience, il ressort que les poissons nourris avec l'aliment contenant ce tourteau ont présenté de meilleures croissances par rapport à ceux nourris avec l'aliment à base de tourteau de coton. Cela pourrait s'expliquer par le fait que le tourteau de sésame soit plus riche en matières grasses brutes comme le suggèrent Sauvante *et al.* (2004) et en huile résiduelle comme indiqué par Mbow (1996). L'aliment à base de tourteau de sésame, plus riche en énergie, permettrait donc aux poissons de mieux valoriser les protéines disponibles (Aba *et al.*, 2012). En effet, selon plusieurs études, un aliment qui permet une meilleure valorisation des protéines par sa teneur élevée en énergie digestible permet d'augmenter les performances de croissance (Wilson et Moreau, 1996 ; Aba *et al.*, 2012). Les travaux de Médale et Kaushik (2008) ont montré que la disponibilité en énergie digestible permet de couvrir les besoins énergétiques pour une utilisation efficace des protéines dans la fabrication de la chair. Ceci pourrait donc expliquer la différence significative de poids observée chez les poissons nourris avec l'aliment à base de tourteau de sésame par rapport à ceux nourris avec l'aliment à base de tourteau de coton. Il en résulte donc que le tourteau de sésame est un ingrédient potentiel de substitution de la farine de poisson.

Toutefois, le tourteau de sésame serait moins riche en lysine, élément essentiel à la digestion par la production d'enzymes digestives. Selon Mbow, (1996), cet inconvénient pourrait être résolu par l'ajout de farine de poisson mais Yildirim et Tusan (2010) proposent l'adjonction de complexes enzymatiques en supplément nutritionnel

pour lever cette contrainte. La farine de poisson peut donc être remplacée de manière partielle par des produits ou sous-produits végétaux dans l'alimentation des poissons sans altérer significativement leurs performances de croissance (Pouomogne, 1995 ; Nyinawamwiza, 2007 ; Imorou *et al.*, 2008 ; Amisah *et al.*, 2009).

Le problème majeur que l'on pourrait rencontrer lors de la substitution de la farine de poisson par d'autres ingrédients dans un aliment est son acceptation, et surtout son appétence selon les teneurs de substitution (Amisah *et al.*, 2009). En ce qui concerne cette étude, les deux aliments ont été acceptés par les poissons et l'aliment à base de tourteau de sésame a été plus apprécié, en témoigne les différences de poids obtenues en faveur de ces poissons.

II-2-3 Les indices biologiques

Les tourteaux utilisés sont des tourteaux d'oléagineux et celui de sésame est plus riche en matières grasses brutes. Pourtant, aucune différence significative n'a été observée entre les 02 régimes pour la teneur en graisse dans la cavité péritonéale de même qu'au niveau du foie. Or, de précédentes études ont montré que la graisse s'accumule habituellement dans le foie (Mbow, 1996). Cette absence d'accumulation de graisses au cours de notre expérience pourrait s'expliquer par le taux élevé de protéines dans les rations. En effet, Otchoumou *et al.* (2012) ont montré qu'un régime riche en protéine (environ 40%) permet aux lipides d'être mieux métabolisés. Les poissons nourris avec un tel régime sont alors moins gras. Les deux régimes que nous avons utilisés étaient iso-protéiques à 40%.

Pour ce qui est de l'indice gonado-somatique, l'absence de différence significative entre les deux régimes suggérerait que la teneur en matières grasses des tourteaux n'a pas d'influence significative sur la maturation sexuelle.

CONCLUSION

En pisciculture, le facteur aliment est très déterminant dans la rentabilité et constitue un point essentiel dans la fixation du prix de vente de la production. Un des éléments qui rend le prix de l'aliment très coûteux est la farine de poisson. Ainsi sa substitution, même partielle par des produits ou sous-produits agro-industriels riches en protéines végétales, constituerait une avancée significative pour les entreprises aquacoles. A l'issue de notre étude, il ressort que le tourteau de sésame, tout comme le tourteau de coton peut être un produit de substitution partielle de la farine de poisson dans l'alimentation de *C. gariepinus*. Aussi, l'aliment contenant le tourteau de sésame a donné de meilleures performances de croissance par rapport à celui contenant le tourteau de coton.

D'un point de vue économique, ces deux (02) aliments peuvent être rentables car les tourteaux de coton et de sésame sont produits localement et sont donc plus accessibles sur le marché.

RECOMMANDATIONS

A l'issu de cette étude nous pouvons faire les recommandations suivantes :

- ✓ poursuivre l'expérimentation sur une période plus longue afin d'évaluer de manière effective, l'impact du tourteau de sésame sur la croissance et la reproduction de *C. gariepinus* ;
- ✓ améliorer la qualité des granulés par l'utilisation d'une extrudeuse afin d'augmenter leur flottabilité et permettre ainsi une meilleure prise alimentaire par les poissons ;
- ✓ effectuer d'autres essais en comparant les paramètres de croissance en fonction de régimes élaborés avec ces deux ingrédients incorporés à des teneurs variées.

BIBLIOGRAPHIE

Aba M., Driso B., Khadija E., Mohammed B. & Aziz M., 2012: Effects of pressed and extruded foods on growth performance and body composition of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Pakistan Journal of Nutrition 11 (2). pp: 104-109;

Amisah S., Oteng M. A. & Ofori J. K., 2009: Growth performance of the african catfish, *Clarias gariepinus*, fed varying inclusion levels of *Leucena leucocephala* leaf meal. J. appl. Sci. Environ. Manage. Volume 13 (1). pp: 21-26;

Bamba Y., Ouattara A., Da Costa K.S. & Gourème G., 2008 : Production de *Oreochromis niloticus* avec des aliments à base de sous-produits agricoles. Sciences et Nature Vol. 5 N°1. pp: 89-99;

Bard J., Kimpe P., Lemasson J., Iessent P., 1974. Manuel de pisciculture tropicale. 209 p;

Barnes M. E., Brown M. L., Posentrater K. A., Sewell J. R., 2012: An initial investigation replacing fish meal with a commercial fermented soybean meal product in the diets of juvenile rainbow trout. Open Journal of Animal Sciences Vol 2, Nro 4. pp: 234-243;

Beveridge M. C. M., Thilsted S. H., Phillips M. S., Metian M., Troell M. & Hall S. J., 2013: Meeting the food and nutrition needs of the poor: the role of the fish and the opportunities and challenges emerging from the rise of aquaculture. Journal of Fish Biology. 88. pp: 1067-1084;

Ble 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. F. Tech. & Doc. Vulg. pp 7-11;

Brummett R. E., Lazard J. & Moehl J., 2008: African aquaculture: Realizing the potential. Review. Elsevier. Food Policy 33. pp: 371-385;

Burel C. & Médale F., 2014 : Les sources de protéines dans l'alimentation du bétail. Oilseeds and Fats Crops and Lipids (OCL) Journal, 21 (4) D406. pp: 1-15;

Dao V.T., 2002 : Le gossypol et ses nouveaux dérivés : synthèse et étude d'activités biologiques. Thèse de Doctorat de l'Université Paris XI. 201 p;

De Graaf G. & Janssen J., 1996: Handbook on the artificial reproduction and pond rearing of the african catfish *Clarias gariepinus* in sub-saharian Africa. FAO, fisheries technical paper 362. 109 p;

Diaw M. T., 2010 : Valorisation des co-produits de la graine de coton exempte de glandes à gossypol en production de poulets au Sénégal. Thèse de doctorat de l'Université de Liège. 168 p;

Diaw M.T., Dieng A., G. Mergeai & Hornick J.L., 2011: Les co-produits de la graine de coton en alimentation du poulet de chair. Article de synthèse. Ann. Med. Vet, 155. pp: 61-82;

Ducarme Ch. & Micha J-C., 2003: Technique de production intensive du poisson-chat africain, *Clarias gariepinus*. Tropicultura, 2003, 21, 4. pp: 189-198;

Fagbenro O. A., 1999: Comparative evaluation of heat processed winged bean (*Psophocarpus tetragonolobus*) meals as partial replacement for fish meal in diets for the African catfish (*Clarias gariepinus*). Aquaculture 170. pp: 297-305;

Fiogbe E. D., Akitikpa B. & Accodi J-M. M., 2009: Essai de mise au point de formules alimentaires à base d'azolla (*Aroclis microphylla* Kaulf) et sous-produits locaux pour la pisciculture rurale du tilapia *Oreochromis niloticus* L. Int. J. Biol. Chem. Sci. 3 (2). pp: 398-405;

Hecht T., Oellermann L. & Verheut L., 1996 In: The biology and culture of catfishes. M. Legendre, J-P. Proteau eds. Aquat. Living Resour., 1996. Vol. 9. Hors serie. pp: 197-206;

Hecht T., Uys W. & Britz P.J., 1988: The culture of sharptooth catfish, *Clarias gariepinus* in southern Africa. A report of the National Programme for Aquaculture Research. South African national scientific programmes report n°153. 146 p;

Hecht, T. 2013. A review of non-farm feed management practices for North African catfish (*Clarias gariepinus*) in sub-Saharan Africa. In M. R. Hasan and M. B. New, eds.

On-farm feeding and feed management in aquaculture. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper N°. 583. Rome, FAO. pp. 463-479;

Imorou Toko I., Fiogbe E. D. & Kestemont P., 2008: Mineral Status of African catfish (*Clarias gariepinus*) fed diets containing graded levels of soybean or cottonseed meals. *Aquaculture* 275. pp: 298-305;

Jiang HB., Chen LQ., Li EC., Jiang XQ. & Sun SM., 2012: Partial or total replacement of soybean meal by cottonseed meal in practical diets for Chinese Mitten Crab, *Eriocheir sinensis*: effect on oxygen consumption, Ammonia excretion, on ratio and amino transferases activities. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 12. pp: 547-554;

Katikiro R. E. & Macusi E. D., 2012: Impacts of climate change on West African fisheries and its implications on food protection. *Journal of Environmental Science and Management* 15 (2). pp: 83-95;

Kerdchuen N., 1992 : L'alimentation artificiel d'un silure africain, *Heterobranchus longifilis* (Teleostei : Clariidae) : incidence du mode d'alimentation et première estimation des besoins nutritionnels. Thèse de Doctorat de l'Université Paris 6. 183 p;

Kumar B. P., Ramudu K. R. & Devi B. C., 2014: Mini review on incorporation of cotton seed meal, an alternative to fish meal in aquaculture feeds. *International Journal of Biological Research*, 2 (2). pp: 99-105;

Lacroix E., 2004. Pisciculture en zone tropicale, GTZ, GFA Terra systema. Manuel de synthèse. 225p ;

Lazard J. & Legendre M., 1994: La pisciculture africaine: enjeux et problèmes de recherche. *Cahiers Agricultures*. Volume 3 Numéro 2. pp: 83-92;

Le Boucher R., 2011 : Génétique de l'utilisation des aliments d'origine végétale chez la truite arc-en-ciel (*Oncorhynchus mykiss*) et le bar européen (*Dicentrarchus labrax*) ; Thèse de Doctorat Paris Tech. 289 p;

Levêque C., Paugy D. & Teugels G.G. Faune des poissons d'eaux douces et saumâtres d'Afrique de l'Ouest. 1992. Tome 2. 521 p;

Mbow M., 1996 : Contribution à l'étude comparative de la valeur alimentaire du tourteau d'arachide (*Arachis hypogea*) et du tourteau de sésame (*Sesamum indicum*) dans la ration du poulet de chair en zone tropicale. Thèse de Docteur Vétérinaire de l'Ecole Inter-Etats des Sciences et Médecine Vétérinaires de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar. 89 p;

Médale F & Kaushik S, 2008 : Evolution des recherches en nutrition piscicole à l'INRA : Substitution des produits d'origine marine dans l'alimentation des poissons d'élevage. INRA. Prod. Anim., 21 (1). pp: 87-94;

Médale F. & Kaushik S., 2009: Les sources protéiques dans les alimentations pour les poissons d'élevage. Synthèse dans Nutrition et alimentation des poissons. Cah. Agric, Vol 18, n°2-3. pp: 103-111;

Médale F., 2010 : Pratiques d'élevage et qualité nutritionnelle des lipides des poissons. Oilseeds and Fats Crops and Lipids (OCL) Journal. Vol. 17 N°1. pp: 47-51;

Médale F., Le Boucher R., Dupont-nivet M., Quillet E., Aubin J. & Panserat S., 2013 : Des aliments à base de végétaux pour les poissons d'élevage. INRA. Productions Animales, Volume 26, numéro 4. pp: 303-316;

Monentcham Monentcham S. E., 2009: Alimentation et nutrition des juvéniles de *Heterotis niloticus* (Arapaimidae, Teleostei). Premières estimations des besoins nutritionnels et valorisation des sous-produits végétaux. Thèse de Doctorat des Facultés Universitaires Notre Dame de la Paix de Namur. Faculté des Sciences. 176p;

Monentcham S. E., Kouam J., Chuba D., Wathelet B., Pouomogne V. & Kestemont P., 2010: Partial substitution of fish meal with soybean meal and cottonseed meals in diets for African bonytongue, *Heterotis niloticus* (Cuvier, 1829) fingerlings: effects on growth, feed efficiency and body composition. Aquaculture Research, 41. pp: 385-392;

Montero D., Kalinowski T., Obach A., Robaina L., Tort L., Caballero M. J. & Izquierdo M. S., 2003: Vegetable lipid sources for gilthead seabream (*Sparus aurata*): effects on fish health. Aquaculture Vol. 225. pp 353-370;

Musiba M. J., Ngupula G.W., Kashindye B.B., Elison M., Shoco A.P., Ndikumana J., Zziwa E. & Katunzi E.F.B., 2014 : Performance of locally formulated feeds for rearing of African catfish in Tanzania. African Crop Science Journal, Vol 22, Issue Supplement s4. pp: 979-986;

Nasopoulou C. & Zabetakis I., 2012: Benefits of fish oil replacement by plant originated oils in compounded fish feeds. A review. LWT-Food Science and Technology 47. pp: 217-224;

Nogales Merida S., Jover Cerda M.; Martinez Llorens S. & Tomas Vidal A., 2011: A study of partial replacement of fish meal with sunflower meal on growth, amino acid retention and body composition of sharpsnout seabream, *Diplodus puntazzo* (*Actinopterygii: Perciformes: Sparidae*) Acta Ichthyologica et Piscatoria 41 (1). pp: 47-54;

Nyinawamwiza L., 2007: Valorisation des sous-produits agro-industriels dans l'élevage du poisson-chat africain, *Clarias gariepinus* au Rwanda : influence sur les performances de croissance et de reproduction. Thèse de Doctorat (en sciences) des Facultés Universitaires Notre-Dame de la Paix de Namur. Faculté des Sciences. 172p;

Otchoumou A. K., Ble C. M., Etchian O. A., Alla L., Niamké S. L & Diopoh J. K., 2012: Effects of increasing dietary protein levels on growth, feed utilization and body composition of *Heterobranchus longifilis* (Valenciennes, 1840) fingerlings. African Journal of Biotechnology. Volume 11 (2). pp: 524-429;

Pallabi K., Tag H. & Das A. K., 2013: Evaluation of the nutritional quality of for unexplored wild food plants from Arunachal Himalayas for the formulation of cost effective fish feeds. International Journal of Fisheries and aquaculture. Vol 5 (5). pp: 92-97;

Pettersson A., 2010: Effects of replacing fish oil with vegetable oils in feed for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and arctic charr (*Salvelinus alpinus*). Thèse de Doctorat (de l'Université Suédoise des Sciences Agricoles) Swedish University of Agricultural Sciences Uppsala. 78p;

Peyronnet C., Lacampagne J-P., Le Cadre P. & Pressenda F., 2014 : Les sources de protéines dans l'alimentation du bétail en France : place des oléoprotéagineux. Oilseeds and Fats Crops and Lipids (OCL) Journal 2014, 21 (4) D 402. 9p;

Pouomogne V., 1995 : Comparaison du son de riz et du tourteau d'arachide pour la croissance des juvéniles du poisson-chat *Clarias gariepinus*. Aquat. Living Resour., 8. pp: 403-406;

Sauvant D., Perez J-M. & Tran G. coord. 2004: Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage : Porcs, volailles, bovins, ovins, caprins, lapins, chevaux, poissons. 2e édition revue et corrigée. 2004. INRA Editions Versailles. 304 p;

Skelton P. H. & Teugels G., 1991: A review of the Clariid catfishes (Siluroidei, Clariidae) occurring in southern Africa. Rev. Hydrobiol. trop. 24 (3). pp 241-260;

Sotolu O. A., 2010 : Feed utilization and biochemical characteristics of *Clarias gariepinus* fingerlings fed diets containing fish oil and vegetable oils as total replacements, World J. Fish Marine Sci., 2 (2). pp: 93-98;

Sule S. O. & Sotolu A. O., 2010: Nutritional evaluation of snail offal meal as animal protein supplement in the diets of *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) fingerlings. World Journal of Fish and Marine Sciences 2 (2). pp: 103-108;

Tacon A.G.J., 1997: Fishmeal replacers: Review of antinutrients within oilseeds and pulses. A limiting factor for the aquafeed Green Revolution? In Tacon A.G.J. (ed.), Basurco B. (ed.). Feeding tomorrow's fish. Zaragoza: CICHEAM, 1997. pp 153-182. (Cahiers Options Méditerranéennes; n. 22);

Toko I., Fiogbe E. D., Koukpode B. & Kestemont P., 2007: Rearing of African catfish (*Clarias gariepinus*) and vundu catfish (*Heterobranchus longifilis*) in traditional fish ponds (whedos): Effect of body composition. Aquaculture 262. pp: 65-72;

Van Weerd J. H., 1995: Nutrition and growth in *Clarias* species, a review. Aquaculture Living Ressource, 8. pp: 395-401;

Viveen W. J. A. R. ; Richter C. J. J. ; Van Oordt P. G. W. J. ; Janssen J. A. L. & Huisman E.A., 1985: Manuel pratique de pisciculture du poisson-chat africain (*Clarias gariepinus*). 128 p;

Wilson R. P & Moreau Y. In: The biology and culture of catfishes. M. Legendre, J-P. Proteau eds, Aquat. Living Resour., 1996. Vol. 9. Hors série. pp: 103-111;

Yildirim Ö., Türker A., Ergün S., Yigit M. & Gülsahin A., 2009 : Growth performance and feed utilization of *Tilapia zillii* (Gervais, 1848) fed partial or total replacement of fish meal with poultry by-product meal. African Journal of Biotechnology Vol. 8 (13). pp: 3092-3096;

Yildirim Y. B. & Turan F., 2010: Effects of exogenous enzyme supplementation in Diets on growth and feed utilization in african catfish, *Clarias gariepinus*. Journal of Animal and Veterinary Advances 9 (12). pp: 327-331;

Zheng Q.; When X., Han C., Li H. & Xie X., 2012: Effect of replacing soybean meal with cottonseed meal on growth, hematology, antioxidant enzymes activity and expression for juvenile grass carp, *Ctenopharyngodon idellus*. Fish Physiol Biochem 38. pp: 1059-1069;

Zongo D. & Coulibaly M., 1993: Le tourteau de coton sans gossypol: une importante source de protéines pour l'élevage porcin. Tropicultura Vol 11, Nro 3. pp: 95-98;

BIBLIOGRAPHIE WEB

COFI.2013. Le rôle de l'aquaculture dans l'amélioration de la nutrition: possibilités et défis. Septième session. Saint-Pétersbourg 2013. 9 p. Disponible à l'adresse www.fao.org/cofi;

FAO, 2010: La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture. 244 p. Disponible à l'adresse : www.fao.org/docrep/013/i1820f/i1820f.pdf;

FAO.2012. La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture 2012. Rome. 241 p. Disponible à l'adresse : www.fao.org/docrep/016/i2727f/i2727f.pdf;

FAO. 2014. The State of World Fisheries and Aquaculture 2014. Rome. 223 pp. disponible à l'adresse : www.fao.org/3/a-i3720f.pdf;

Gallup B. W. & Reder R., 1931: Studies on the toxicity of gossypol: II. The effect of gossypol upon the apparent digestibility of protein, fat and carbohydrate on the absorption of glucose from the gastrointestinal tract of the rat. *Journal of Biological Chemistry*, 94. pp: 221-232. Disponible à l'adresse: <http://www.jbc.org/>.