



UNIVERSITE D'ABOMEY CALAVI



Faculté des Sciences et
Techniques
Chaire UNESCO en
Sciences, Technologie et
Environnement

Ecole Doctorale
Pluridisciplinaire
<<Espaces cultures et
développement>>

Formation doctorale en Gestion de l'Environnement
Spécialité : Hydrobiologie et Aquaculture

Développement d'une pisciculture intensive de *Parachanna obscura* (Günther,1861) à base de vers de terreau comme outil de traitement écologique des déchets organiques



Dissertation rédigée en vue de l'obtention du grade de :
Docteur en Sciences de l'Université d'Abomey-Calavi

par

Dèdèwanou Sèdaminou Juste Vital VODOUNNOU

Composition du jury :

Président : Prof. AHANHANZO Corneille, Université d'Abomey-Calavi
(Bénin)

Directeur : Prof. FIOGBE Emile Didier, Université d'Abomey-Calavi
(Bénin)

Rapporteur : Prof. ABI-AYAD Amine, Université d'Oran (Algérie)

Rapporteur : Prof. YOUSAO Abdou karim issaka, Université d'Abomey-Calavi (Bénin)

Rapporteur : Dr NIASS Farokh, Université Gaston Berger (Sénégal)

Examineur : Prof. Emérite MICHA Jean-Claude, Université de Namur
(Belgique)

Examineur : Prof. OUATTARA Allassane, Université Nangui
Abrogoua d'Abidjan (Côte d'Ivoire)

Soutenue publiquement le 09 juin 2017

Dédicace

A mes parents :

Mon père : VODOUONOU Michel

Ma mère : AHASSON Victorine

Remerciements

Je tiens à remercier tous ceux qui de près ou de loin ont contribué à la réalisation de ce travail.

Je remercie le Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique de la République du Bénin à travers la bourse de recherche doctorale qu'il m'a octroyé dans le cadre de l'initiative « Appui aux doctorants ».

Merci à Emile D. FIOGBE, Professeur Titulaire (CAMES), Enseignant chercheur à la FAST/UAC, Responsable du Laboratoire de Recherches sur les Zones Humides (LRZH), et Responsable de la formation de Master en Hydrobiologie Appliquée. Vos soutiens, conseils et rigueur scientifiques depuis mon Master en Hydrobiologie Appliquée dont vous étiez le maître de mémoire ont fait de vous une référence scientifique à mon égard. Promoteur de cette thèse de doctorat que vous êtes, le choix du thème ainsi que son financement ne sont devenus réalités que par votre forte implication.

Soyez en honoré car cette thèse est aussi le fruit de vos efforts.

Merci au Dr. Ir Guy Apollinaire MENSAH, Directeur de Recherches (CAMES), Chercheur à l'Institut National de Recherche Agricole du Bénin (INRAB). Membre de mon jury en Master Hydrobiologie Appliquée, membre actif de mon comité de thèse, vous étiez là depuis la genèse de ce travail de recherche. L'aboutissement de cette thèse confirme une fois encore le Parain scientifique que vous êtes vis-à-vis de ma personne.

Merci au Dr Innocent Yaou BOKOSSA. Maître de conférences (CAMES), Enseignant chercheur à la FAST/UAC, Responsable de la formation de Master en Microbiologie et Technologie Alimentaire, membre de mon comité de thèse. Vos critiques et conseils ont été d'une grande utilité dans la réalisation de ce travail.

Merci au Dr Arsène d'ALMEIDA, agent à la Direction de la Production Halieutique, ancien Directeur de la Direction de la Production Halieutique, Membre de mon

comité de thèse, vous avez apporté votre pierre à cet édifice. Soyez en fier.

Merci au Dr Diane N. S. KPOGUE GANGBAZO, Enseignante chercheuse à l'Université Nationale d'Agriculture, Maître Assistant des Universités (CAMES), pour avoir travaillé sur la détermination des besoins nutritionnels ainsi que les densités de mise en charge de *P. obscura* et pour votre forte implication dans la réalisation de ce travail. Au-delà de vos conseils scientifiques, vos aides ainsi que vos conseils fraternels, ont porté à bon port ce travail scientifique. Soyez en bénie.

Merci à vous, membres de Jury qui avez accepté évaluer ce travail de recherche pour l'évolution de la science et malgré vos multiples occupations.

Merci au corps enseignant du département de zoologie de la FAST en particulier : Dr ATEGBO Jean Marc, Dr SEZONLI Michel, Dr SOSSOUKPE Edmond, Dr SOHOU Zacharie, Dr NOUROU Dine pour vos soutiens.

Merci au corps enseignant de l'Ecole d'Aquaculture de la vallée en particulier : Dr MONTCHOWI Elie, Dr ABOH, Dr AHOUANSON Montcho, Dr AGADJIHOUEDE Hyppolite pour vos conseils.

Merci au Dr DAKPOGAN Hervé de l'Université Nationale d'Agriculture pour avoir accepté améliorer la qualité linguistique de mes publications scientifiques.

Merci aux Dr ADJAHOUINOU Clément, Dr TOSSAVI Darius et Dr LAGNIKA Moissou pour vos conseils et soutiens.

Merci à vous mes compagnons de laboratoire en particulier : TOSSAVI Ephrem, DJISSOU Arnaud, ADANDE Richard, ODJO Isidore et DJIDOHOKPIN Gildas pour l'ambiance de travail, de détente, de tolérance et de partage qui a régné durant notre formation.

Merci à vous Chantale AKOGBETO TOSSOU, technicienne du Laboratoire de Recherche sur les Zone

Humides pour votre disponibilité, votre assistance professionnelle et votre aide.

Merci aux pêcheurs et pisciculteurs, surtout à vous Marius GBEDOKPOSSI qui m'ont aidé dans la collecte des larves, alevins et géniteurs de *P. obscura*. Ce travail ne serait pas une réalité aujourd'hui sans votre concours et votre collaboration.

Merci à mon frère Gildas et mes sœurs Opportune et Gwaladys, pour vos conseils, amours fraternels et soutiens qui ont été capitaux dans la genèse ainsi que la réalisation de ce travail scientifique ; recevez alors en ce travail le témoignage de toute ma reconnaissance et de mon amour.

Merci à tous nos amis en particulier Sévérin AVOCEGAMOU, Arétas TONOUHEWA, Cayen ALOFA et Vincent OKE pour les moments d'entraide et de joie passés ensemble.

Merci à vous Herman GANGBAZO, agent à la Direction de la Production Halieutique, Chef Service Pêche Maritime pour vos aides, soutiens et conseils.

Merci à toi mon prince Vitalis qui a choisi venir juste une semaine avant ma soutenance. Sois le bienvenu.

Merci enfin à toi ma chérie BOKOU Mariane pour la compréhension, la tolérance, la patience et l'amour dont tu as fait preuve. Tu ne ménages aucun effort pour passer ces moments de stress et d'angoisse avec moi. En effet, tu n'as fait que faciliter les choses. Sois en bénie.

Résumé

La production et la valorisation des vers de terreau sous différentes formes dans les aliments aquacoles pour nourrir les alevins de *P. obscura* ont été l'objectif principal de nos expérimentations. L'effet des substrats sur le rendement de production des vers de terreau, la qualité nutritionnelle de sa farine, les performances zootechniques des alevins de *P. obscura* ainsi que le taux idéal de substitution de la farine de poisson par sa farine et la meilleure forme de sa présentation pour nourrir les alevins de *P. obscura* ont été déterminés. De même, la détermination du dimorphisme sexuel et la reproduction semi-artificielle en étang de *P. obscura* ont été réalisés. Les productions des vers de terreau ont été réalisées pendant trois mois avec un bloc de Fisher de six traitements à trois répétitions. Les traitements sont des substrats tels que : déjections de porc, fientes de volaille, bouse de vache, crottes de lapin, crottes d'ovins et du compost végétal. Les meilleurs substrats de production des vers de terreau en fonction des rendements de production sont classés comme suit : Bouse de vache > déjection de porc > crottes de lapin > fientes de volaille > crottes d'ovins > compost végétal. La nature du substrat a impacté non seulement la qualité nutritionnelle de la farine des vers de terreau mais aussi les performances zootechniques des alevins de *P. obscura* nourris avec des régimes à base de vers de terreau issus de différents substrats ($P < 0,05$). Le taux de protéine le

plus élevé de la farine des vers de terreau a été obtenu avec la farine produite avec la déjection de porc ($51,38 \pm 0,05$). Par rapport à la substitution de la farine de poisson par la farine des vers de terreau, les performances zootechniques, l'utilisation de l'aliment ainsi que la composition des carcasses des alevins de *P. obscura* ont présenté des différences significatives ($P < 0,05$). Le meilleur taux de substitution de la farine de poisson par la farine de vers de terreau a été de 50%. Les formes de présentation des vers de terreau dans l'alimentation de *P. obscura* ont montré des différences significatives ($P < 0,05$) concernant les performances zootechniques, l'utilisation de l'aliment ainsi que la composition des carcasses. Concernant le dimorphisme sexuel, aucune différence significative ($P > 0,05$) n'a été observée entre les mâles et les femelles avec les paramètres méristiques. Mais des différences significatives ($P < 0,05$) ont été observées au niveau des paramètres morphométriques (longueur caudale), relation taille poids et le Coefficient de Condition.

Mots clés : Vers de terreau, substrats de production, *P. obscura*, performances zootechniques, dimorphisme sexuel, reproduction semi- artificielle

Promoteur: Pr. Dr. Ir. Emile Didier FIOGBE

Abstract

The production and the valorization of the earthworm in various forms in fish feed to feed *P. obscura* fingerlings were the aim of this study. The effect of the substrates on the production, the nutritional quality of its meal and the growth performances of *P. obscura* fingerlings were determined. Also the optimum substitute rate of the fish meal by the earthworm meal and the best presentation of the earthworms to feed the *P. obscura* fingerlings were determined. The determination of the sexual dimorphism and the semi-artificial reproduction in pond of *P. obscura* were also determined. The production of the earthworms was realized in three months with a Fisher block of six treatments in triplicate with the substrates such as: pig manure, poultry manure, cow dung, rabbit droppings, sheep droppings and the vegetable compost. The growth and the survival rate varied according to the substrates ($P < 0.05$). The best substrates of earthworms production are classified as follows: cow dung > pig manure > rabbit droppings > poultry manure > sheep droppings > vegetable compost. The substrates have impacted not only the nutritional quality of the earthworms meal but also the growth performances of *P. obscura* fingerlings ($P < 0.05$). The highest protein rate of the earthworms meal was obtained with the meal resulting from the pig manure substrate ($51.38 \pm 0.05\%$). The optimum rate of substitution of the fish meal by the earthworms meal was determined. The growth performances, the feed utilization and the

whole body composition of *P. obscura* fingerlings fed with these various diet presented significant differences ($P < 0.05$). The optimum rate of substitution of the fish meal by the earthworm meal was 50%. The presentation of earthworms to feed the fingerlings of *P. obscura* has presented significant differences ($P < 0.05$) according to the growth performances, feed utilization and whole body composition. The sexual dimorphism was studied by the morphometric and meristic parameters, weight-length relationship and the Coefficient of Condition. According the meristic parameters, no significant difference ($P > 0.05$) was observed between the males and the females. But the significant differences ($P < 0.05$) were observed according the morphometric parameters (tail length) weight-length relationship and the Coefficient of Condition.

Key words: Earthworms, substrates of productions, *P. obscura*, growth performances, sexual dimorphism, artificial semi reproduction

Advisor: Pr. Dr. Ir. Emile Didier FIOGBE

Table des matières

Dédicace.....	i
Remerciements.....	ii
Résumé.....	viii
Abstract.....	x
Introduction générale.....	1
Partie 1 : Synthèse bibliographique.....	11
Chapitre 1 : Généralité sur l'utilisation de quelques invertébrés en aquaculture.....	12
Chapitre 2: Généralités sur le poisson africain à tête de serpent (<i>P. obscura</i>) et sur les vers de terreau.....	51
Partie 2 : Méthodologie expérimentale générale.....	83
Chapitre 3: Description du site et installations expérimentales... 84	
3-1 Description du site expérimental.....	84
3-2 installations expérimentales.....	87
3-2-1 Dispositif de production des vers de terreau.....	87
3-2-2 Dispositif de séchage des vers de terreau et fabrication de sa farine.....	89
3-2-3 Dispositif de nutrition des alevins de <i>P. obscura</i> avec des régimes à base de vers de terreau.....	92
3-2-3-1 Procédure de fabrication des aliments.....	92
3-2-3-2 Bassins d'élevage et origine des alevins de <i>P. obscura</i>	95
Chapitre 4 : méthodologies de production des vers de terreau et de <i>P. obscura</i>	97
4-1 Méthodologies de production des vers de terreau.....	97
4-1-1 Effets des substrats sur le rendement des vers de terreau.....	97

4-1-2 Effets des substrats sur la qualité nutritionnelle de la farine des vers de terreau.....	98
4-2 Méthodologie de production de <i>P. obscura</i>	99
4-2-1 Expérimentations de nutrition sur <i>P.obscura</i>	99
4-2-1-1 Ingrédients utilisés pour les différentes expérimentations.....	99
4-2-1-2 Suivi des expérimentations de nutrition de <i>P.obscura</i>	99
4-2-1-3 Détermination du taux idéal de substitution de la farine de poisson par la farine de vers de terreau.....	100
4-2-1-4 Effets des différentes formes de présentation des vers de terreau sur les performances zootechniques des alevins de <i>P.obscura</i>	101
4-2-1-5 Performances zootechniques des alevins de <i>P. obscura</i> nourris avec des régimes à base de la farine des vers de terreau issus de différents substrats.....	102
4-2-2 Dimorphisme sexuel et reproduction semi artificielle de <i>P.obscura</i>	103
4-2-2-1 Dimorphisme sexuel de <i>P. obscura</i>	103
4-2-2-2 Reproduction semi artificielle de <i>P. obscura</i>	104
4-3 Traitement des données et analyses statistiques.....	104
Partie 3 : Résultats et discussion.....	106
Chapitre 5 : Effets des substrats sur le rendement et la qualité nutritionnelle des vers de terreau.....	107
5-1 Effets des substrats sur le rendement des vers de terreau.....	107
5-2: Effets des substrats sur la qualité nutritionnelle des vers de terreau.....	129
Chapitre 6 : Essais de nutrition sur les alevins de <i>P. obscura</i>	147

6-1 Substitution de la farine de poisson par la farine des vers de terreau dans l'alimentation des alevins de <i>P. obscura</i>	147
6-2 Performances zootechniques des alevins de <i>P. obscura</i> nourris avec des régimes à base de vers de terreau produits avec différents substrats.....	169
6-3 Acides aminés et effets de trois formes des vers de terreau (séchée, congelée et vivante) sur les performances zootechniques des alevins de <i>P. obscura</i>	194
Chapitre 7 : Dimorphisme sexuel et reproduction semi artificielle chez <i>P. obscura</i>	218
7-1 Détermination du dimorphisme sexuel chez <i>P. obscura</i> ..	218
7-2 : Reproduction semi-artificielle chez <i>P. obscura</i> en étang.....	246
7-2-1 Problématique de la reproduction chez <i>P. obscura</i>	246
7-2-2 Essai de reproduction semi artificielle de <i>P. obscura</i> en étang.....	247
7-2-3 Conclusion.....	250
Chapitre 8 : Discussion générale	251
8-1 Détermination des meilleurs substrats de production des vers de terreau.....	253
8-2 Qualité nutritionnelle de la farine des vers de terreau en fonction des substrats utilisés.....	257
8-3 Taux optimal de la substitution de la farine de poisson par la farine des vers de terreau.....	260
8-4 Effets des substrats sur les performances zootechniques et utilisation de l'aliment des alevins de <i>P. obscura</i> soumis à des régimes à base de vers de terreau.....	264
8-5 La meilleure forme de présentation des vers de terreau à valoriser en élevage de <i>P. obscura</i>	266
8-6 Dimorphisme sexuel et reproduction semi artificielle de <i>P. obscura</i>	269

Développement d'une pisciculture intensive de *Parachanna obscura* (Günther, 1861)
à base de vers de terre comme outil de traitement écologique des déchets
organiques

Conclusions générales et perspectives.....	274
Références.....	277
Liste des articles publiés et soumis.....	337
Colloques.....	342
Prix.....	344

Introduction générale

Les Objectifs du Millénaire pour le Développement (OMD), surtout ceux relatifs à la réduction de la pauvreté et la sécurité alimentaire, s'imposent à la plupart des pays du monde, notamment ceux sous-développés (Ewoukeme, 2011; Laamiri, 2014). Cependant, l'autosuffisance alimentaire constitue donc un indicateur de développement pour tous les pays du monde. De plus, l'autosuffisance alimentaire en protéines animales, constitue un élément très important dans la nutrition humaine et animale. Or les poissons sont des protéines animales, issues de la pêche et de l'aquaculture, laquelle est aujourd'hui l'activité de production de protéines animales qui connaît la plus forte croissance à l'échelle mondiale. Selon l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), en 2010, sur les 148 millions de tonnes de poissons, mollusques et crustacés consommés dans le monde, 59,9 millions provenaient de l'aquaculture. L'aquaculture continentale

est restée dans la même dynamique au cours de ces quarante dernières années, où la production aquacole continentale mondiale est passée de 3,5 millions de tonnes en 1970 à plus de 44 millions de tonnes en 2011 (FAO, 2012). En Afrique sub-saharienne le poisson couvre en moyenne 22% des apports en protéines d'origine animale (FAO, 2008 ; Brummett *et al.*, 2008). Cependant, le maintien du niveau actuel de consommation de poissons par habitant oblige l'Afrique à augmenter de près de 250% sa production halieutique au cours des prochaines années (NEPAD, 2005). L'intérêt porté aujourd'hui à l'aquaculture émane particulièrement de la baisse des réserves naturelles en poissons occasionnée par la pêche excessive et incontrôlée (Naylor *et al.*, 2000 ; Pauly *et al.*, 2002). Il y a aussi la nécessité de produire 40 millions de tonnes de poisson supplémentaires à l'horizon 2030, compte tenu de l'augmentation de la population dans le monde et de la transformation de 50% des produits de la pêche en huile

et farine servant à l'alimentation animale dont les poissons d'élevage (Morin, 2006 ; Subasinghe, 2006).

Au Bénin, la demande nationale en produits halieutiques est d'environ 190000 tonnes tandis que l'offre nationale est de 45000 tonnes, soit 24% de la demande totale (Direction de la production halieutique, 2015). Dans cette situation, l'aquaculture apparaît comme la solution la plus importante pouvant combler la forte demande en poisson pour l'alimentation béninoise. Mais malheureusement, la contribution de l'aquaculture par rapport à la demande nationale est très faible, soit 1% environ de la demande totale, et ne représente que 3% de la production nationale de poisson par la pêche continentale, la pêche maritime et l'aquaculture (Direction de la production halieutique, 2015). Cette faible participation aux activités aquacoles est surtout liée à la non disponibilité en quantité et en qualité des aliments aquacoles à moindre coût.

En effet, le poisson est l'une des ressources naturelles les plus précieuses et parfaitement intégrée dans l'alimentation humaine et animale (Kambale, 1990). Sa farine constitue un ingrédient essentiel et pratiquement incontournable dans les aliments aquacoles (Forster *et al.*, 2004; Samocha *et al.*, 2004; Kristofersson et Anderson, 2006). La demande croissante du poisson pour la consommation et la baisse des captures face à l'explosion démographique provoquent une augmentation du prix de la farine de poisson (Tacon, 1997). Cette cherté de la farine de poisson, ajoutée, à son indisponibilité et à la mauvaise qualité nutritionnelle de la farine de poisson couramment disponible sur le marché ne reluisent guère la viabilité économique de l'aquaculture (El-Sayed, 1994; Ramachandran *et al.*, 2005), ce qui oblige les entreprises aquacoles à utiliser d'autres sources de protéines végétales comme animales pour une substitution partielle ou totale de la farine de poisson (Bairagi *et al.*, 2004; Ramachandran et Ray 2007; Ramachandran et Ray 2008 ; Djissou *et al.*, 2016

a ; Djissou *et al.*, 2016 b). C'est ainsi que l'utilisation des invertébrés en aquaculture (termites, asticots et vers de terreau) comme substituant à la farine de poisson a vu le jour (Ng *et al.*, 2001 ; Nguyen, 2010 ; Monebi *et al.*, 2012).

Les vers de terreau, sont des lombriciens appartenant à l'embranchement des annélides, de l'ordre des oligochètes (Avel, 1959 ; Brinkhurst, 1982), caractérisés par un corps constitué de plusieurs anneaux. Ils sont groupés environ en deux mille espèces et répartis en trois catégories en fonctions de leur comportements dans le milieu naturel, à savoir : endogés, anécique et épigés (Brinkhurst, 1982). Ils sont sensibles à la variation des paramètres tels que : la température, la luminosité, le pH et l'humidité relative (Curry, 1998). Ils ont une composition en acides aminés comparable à celle de la plupart des protéines d'origines animales (Navarro *et al.*, 1989) et sont riches, tout comme les poissons, en acide gras polyinsaturés de type

omega3 (Dynes 2003). Ils peuvent être produits par vermicompostage avec les déchets municipaux, du papier journal et les déjections des animaux (Manyuchi et Phiri, 2013 ; Ayyobi et al., 2014, Manyuchi et Nyamunokora, 2014; Manyuchi et al., 2014; Zucco et al.,2015; Vodounnou et al., 2016).

Par ailleurs, le développement de la pisciculture béninoise nécessite la promotion d'espèces autochtones bien adaptées aux conditions locales (Imorou Toko, 2007 ; Montchowui, 2009). Il est donc nécessaire de promouvoir d'une part la pisciculture des espèces autochtones afin de réduire l'importation de poissons congelés et de diminuer la pression de pêche qui constitue une menace pour la survie de plusieurs espèces de poissons, d'autre part (Kpoguè, 2013). Cependant, la seule famille des channidés africains avec son seul genre *Parachanna* comportant trois espèces dont *P. obscura.*, qui est une espèce fortement appréciée par les consommateurs (FAO, 2001) est menacée de disparition (Lalèyè et al., 1997). *P. obscura* a une croissance rapide,

une bonne rusticité, une bonne résistance au stress, une grande valeur commerciale et une haute valeur nutritive (Bonou et Teugels, 1985 ; Bolaji *et al.*, 2011; Codjo, 2012 ; Odo *et al.*, 2012 ; Ama – Abasi et Ogar, 2013). Au vu de ces qualités, une contribution à sa domestication vient d'être réalisée au Bénin par Kpoguè, (2013). Mais peu de données sont disponibles par rapport à sa reproduction exceptée l'induction hormonale réalisée par Agokei et Hart (2010). Le dimorphisme sexuel de cette espèce constitue encore un problème pour la réalisation de sa reproduction artificielle.

C'est donc dans le but, de promouvoir l'aquaculture et la mise à disposition de la pisciculture d'une nouvelle source de protéine, d'une part, et la gestion de l'environnement à travers le recyclage des matières organiques (déjections animales) par la vermiculture d'autre part, que la présente étude intitulée : << Développement d'une pisciculture intensive de *Parachanna obscura* (Günther, 1861) à base de vers de

terreau comme outil de traitement écologique des déchets organiques >> a été réalisée.

L'objectif principal du travail est de produire et de valoriser les vers de terreau sous différentes formes dans les aliments aquacoles pour nourrir les alevins de *P. obscura*.

De façon spécifique, il s'agira de :

- Déterminer les meilleurs substrats de production des vers de terreau.
- Evaluer la qualité nutritionnelle de la farine des vers de terreau en fonction des substrats utilisés.
- Déterminer le meilleur taux de substitution de la farine de poisson par la farine de vers de terreau.
- Déterminer la meilleure forme de présentation des vers de terreau à valoriser en élevage de *P. obscura*.
- Déterminer l'effet des substrats de production sur les performances zootechniques des alevins de

P. obscura nourris avec des régimes à base de vers de terreau issus de différents substrats.

- Déterminer le dimorphisme sexuel de *P. obscura*.
- Faire la reproduction semi- artificielle en étang de *P. obscura*.

La présente thèse s'articule autour de trois parties et huit chapitres présentés comme suit :

Introduction

Partie 1 : Synthèse bibliographique

Chapitre 1 : Généralités sur l'utilisation de quelques invertébrés en aquaculture

Chapitre 2 : Généralités sur le poisson africain à tête de serpent (*Parachanna obscura*) et sur le vers de terreau (*Eisenia fetida*)

Partie 2 : Méthodologie expérimentale générale

Chapitre 3 : Description du site expérimental et installations expérimentales

Chapitre 4 : méthodologie de production des vers
de terre et de *P. obscura*

Partie 3 : Résultats et discussion générale

Chapitre 5 : Effets des substrats sur le rendement
et la qualité nutritionnelle des vers de terre

Chapitre 6 : Essais de nutrition sur les alevins de
P. obscura

Chapitre 7 : Dimorphisme sexuel et reproduction
semi artificielle chez *P. obscura*

Chapitre 8 : Discussion générale

Conclusions et perspectives

Développement d'une pisciculture intensive de *Parachanna obscura* (Günther, 1861)
à base de vers de terre comme outil de traitement écologique des déchets
organiques

Partie 1 : Synthèse bibliographique

Chapitre 1 : Généralité sur l'utilisation de quelques invertébrés en aquaculture

Review about the use of the Invertebrates in Pisciculture:
Termites, Earthworms and Maggot

D. S. J. V. Vodounnou[†], A. M. S. Djissou[†], D. N. S.
Kpoguè[‡], H. Dakpogan[‡], G .A. Mensah[†] and E.D. Fiogbe[†]

[†]Laboratoire de Recherche sur les Zones Humides
(LRZH)

[‡]Université d'Agriculture de Kétou (UAK)

[†]Institut National des Recherches Agricoles du Bénin
(INRAB)

*Article publié dans International Journal of
Multidisciplinary and Current Research volume 3 issu
(Mai/Juin 2015) 620-628*

Abstract

The halieutic products have a very significant role in human nutrition. They constitute the most significant animal protein nutrient source for Béninese population. But, the offer of the national production is low compared

to the demand population. The problem of the aquaculture is the feed. This is not well justified by ashormentionned points. The object of the study is to set out the background some invertebrates used in pisciculture; earthworms, termites and maggots through their ecology, biology, system of production and their utility in pisciculture.

Keywords: *Aquaculture, invertebrates, feed, termites, earthworm, maggot*

Introduction

The fish and fishery products belong to the basic foodstuffs most exchanged in the world and constitute today a significant source of nutritive food and animal proteins for a great part of the world population (FAO, 2012). The national demand for halieutic production in 2011 was estimated at approximately 37.784 tons while the national request was 120.000 tons (Direction des pêches, 2011). One observes however, an imbalance between supply and fish. Indeed the imported feed is too

expensive and cannot allow a profitable pisciculture, the local feed without fish meal are less expensive but low in essential nutrients. It is thus necessary to improve the nutritional quality of local fish feed with no conventional sources of proteins. Termites, maggots and earthworms are very rich in proteins and quite balanced in essential amino acids (Navarro *et al*, 1989; Dynes, 2003 ; Miller *et al*, 2010 ; Sogbessan *et al*,2008). The target of this study is to make a review on biology, ecology, the systems of production and the nutritional values of termites, earthworms and maggots.

Colony Establishment

The swarmers (Fig1.1) are new termite kings and queens that must leave their parent colony in order to mate and establish new colonies of their own. The termite swarmers pair up during their flight, then land and search for a place to begin a family. Their wings break off shortly after landing, and the new king and queen start

their colony by excavating a small chamber in a plot of soft soil. When the chamber is large enough, they crawl inside, seal the opening and mate. From this point on, they will spend the rest of their lives underground. The queen lays her first batch (6-12) of eggs within a few days or weeks of mating. Initially, the king and queen tend the young termites. However, as the queen's egg laying capacity increases, the older offspring begin to tend their younger siblings. The colony will now continue to grow with increasing numbers of termites being produced each year. The parental king and queen have the longest life span in the colony. They often survive for a decade or longer and can produce huge colonies with thousands of offspring (Miller *et al*, 2010).



Figure 1.1: Swarmer with workers. (Miller *et al*, 2010)

Subterranean Termite Castes

Primary reproductives

As described above, mature subterranean colonies, at certain times of the year, will produce large numbers of winged swarmers or “alates” that will eventually become king and queen termites. These royal termites are dark-colored and are the only caste with functional eyes. The swarmers lose their wings after a short flight where they select a mate. The new king termite remains virtually unchanged after losing his wings. However, as the new queen begins to produce eggs her abdomen grows larger

with the development of her ovaries. As she stretches, the segments of her body pull farther apart showing the white membranes between the segments of her abdomen. This gives the queen a striped appearance. The eastern subterranean termite queen will stretch until she is about 14.5 mm in length. At this point she is an egg laying machine, producing over 500 offspring a year.

Secondary reproductives

The termite colony originates from a single pair of reproductive swarmer termites, the king and the queen. However, if the king or the queen should die, other individuals within the colony will start to develop functional reproductive organs to take their place. These individuals are called secondary reproductives. Secondary reproductives are light in color but they are larger than workers and never develop wings. In mature colonies a secondary reproductive caste can develop even though there is still a producing queen present. When this happens the secondary reproductive caste members will produce the majority of the eggs, causing the colony to

grow at a much faster rate. Although no individual secondary reproductive can produce as many eggs as the queen, several hundred of them may exist in a single colony thus producing thousands of eggs. Secondary reproductives may also develop in satellite nests where a group of workers have become separated from the parent colony. This splitting or budding of the nest expands the original colony's foraging territory.

Worker Caste

Subterranean termite workers are the caste found in infested wood. The workers are responsible for all of the labor in the colony. They care for the young, repair the nest, build foraging tunnels, locate food, feed and groom the other castes, and each other. The youngest termite workers perform the domestic tasks inside the colony like feeding, grooming and caring for the young, while the older, more expendable workers take on the hazardous jobs of foraging and nest building. The termite workers are both male and female but they are functionally sterile. They are milky white in color and have no wings or eyes.

The body of the termite worker is soft, but its mouthparts are very hard and adapted for chewing wood.

Soldier Caste

Subterranean termite soldiers are the defenders of the colony (Fig 1.2). They protect the colony against marauding ants and foreign termites. When foraging tubes or galleries are broken in, the soldiers congregate around the break to stand guard against invaders. Soldiers are similar to the termite workers in that they are blind, soft-bodied and wingless. However, the soldiers have an enlarged, hard, yellowish-brown head which has been adapted for fighting. The head has a pair of very large mandibles or jaws that are used to puncture, slice and kill enemies (primarily ants). However, the large mandibles prevent the soldiers from feeding themselves, so they must rely on the workers for food.



Figure 1.2: Soldier caste (Miller *et al*, 2010)

Subterranean Termite Behavior

It is not known exactly how subterranean termites locate sources of food. It is thought that the termites simply divide up the territory around the nest and start digging a network of tunnels. As they dig, they come into contact with buried wood in the process. When food is found, other termites are recruited to the food source and non-productive tunnels are closed off. The foraging range of a single termite colony is difficult to predict. Small colonies may forage over only a few yards if food is plentiful. Some larger colonies may forage over areas the

size of a football field. However, depending on the season and weather, a colony may not forage over their entire range at all times. It has also been hypothesized that several small related colonies may cover a greater foraging distance than one large colony. Foraging termites produce a variety of chemicals called pheromones that influence their behavior. These pheromones are basically odors that send messages to other termites in the colony. While tunneling underground, the foraging termites lay down a trail of pheromone which they secrete from glands on their abdomen. When a food source is located, the odor trail is intensified to recruit other termites to the feeding site. However, the intensity of the recruitment effort (odor trail) is influenced by soil temperature, moisture and compaction as well as the size and quality of the food source. Subterranean termites also forage above ground for sources of food, like the structural wood in homes and other structures. In order to protect themselves from desiccation and predation from ants while foraging above

ground, termites build long tubes out of mud and fecal material. Termite workers travel back and forth inside these tubes between the soil and the structure above ground. These mud tubes are called exploratory tubes. Termite exploratory tubes are very easy to see and are one of the best ways to identify a potential termite infestation. Once a source of wood has been located, the termites establish larger, more permanent utility or working tubes. The utility tubes are highways running from the underground termite galleries directly to the food source. Utility tubes can cover long distances over the foundation of a building or along exterior walls to reach the wood inside. Sometimes subterranean termites build another tube that runs from the structural wood back down to the ground. These tubes are called drop or suspended tubes. Drop tubes are often lighter in color than the utility tubes because they contain more of the wood fiber taken from the structure. Subterranean termites construct a fourth type of mud tube in addition to those that facilitate foraging. These are called

swarming tubes. Swarming tubes are built seasonally extending only 4-8 inches above ground. These tubes provide the exit port for winged swarmers leaving the colony.

Moisture Needs

Subterranean termites are constantly at risk of drying out; this is why they must live in the soil. Soil has the capacity to hold water for a long period of time and keep the colony moist. When termites forage above ground, they must maintain their connection to the soil so that the workers and soldiers can return periodically to replenish their body moisture. The mud tubes provide the termites with this soil connection. If a tube becomes damaged, the worker termites will labor desperately to repair it. If the tube is beyond repair, the termites located above ground will often die of dehydration. However, on some occasions subterranean termite colonies do become established above ground. These above ground infestations are almost exclusively found in structures with chronic moisture problems. Chronic moisture

problems are usually the result of leaves and moisture accumulation on a flat roof, pipes leaking within the structure, or poor ventilation in crawl spaces. In such cases, the colony can survive above ground indefinitely.

Nutrition and Feeding

Although subterranean termites can chew through and damage many materials, they can only obtain nutrition from cellulose. However, subterranean termites cannot digest cellulose on their own. In order to digest wood, subterranean termites have large numbers of microorganisms in their gut that convert the wood fiber into usable nutrients. If there were no microorganisms in the gut, the termite could eat constantly but still die of starvation. In the colony most food is shared mouth to mouth (a process called trophallaxis). Foraging worker termites feed directly on wood or other cellulose material then store the food in their gut. They then return to the nest and feed the immature termites, soldiers, and reproductives.

Immature termites are unique in their nutritional needs because like all juvenile insects they must periodically shed their skin (exoskeleton) in order to grow (molting). When they do this they also shed the lining of their hindgut where the wood-digesting microorganisms live. After molting the termites no longer have their microorganisms and are unable to digest food. In order to replenish their microorganism supply, the young termites feed on fluids (which contain the microorganisms) excreted from the hindgut of older termites. This delicious practice of feeding from a nest mate's anus is called proctodeal feeding. Although it may sound disgusting, proctodeal feeding is essential for the survival of the termite colony.

Termite production

The termites can be produced at any place not too dry and containing cellulose. For that, a small broad hole containing the vegetable remains as the deadwood and dry sheets. The termite swamers can be introduced into

the hole for sowing. The surrounding must be a little sprinkled in order to give a little moisture to the mixture of wood and the dead sheets.

Nutritionals values and essential amino acids composition

Table 1.1: Nutritionals values of termites

Elements	Values
Crude protein (%)	46.3±3.2
Crude lipid (%)	30.1±5.1
Crude fibre (%)	7.3±1.2
Ash (%)	3.6±0.6
Nitrogen free extract (%)	19.0
Moisture (%)	3.7
Gross energy(kJ/100g)	2458.0±60.1
Sodium (g/100g)	0.20±0.06
Calcium (g/100g)	0.23±0.04
Potassium (g/100g)	0.38±0.06

Source : (Sogbessan *et al*, 2008)

Table 1.2 : Essential amino acids

Element	Values
Arginine	2.87±0.12
Histidine	1.28±0.12
Isoleucine	1.70±0.02
Leucine	3.11±0.013
Lysine	2.82±0.06
Methionine	1.68±0.02
Phenylalanine	1.97±0.013
Threonine	1.67±0.9
Valine	2.26±0.06
Total Essential amino	19.36±0.58
Crude Protein %	46.32±3.2

Source : (Sogbessan *et al*, 2008)

Use of the termites in aquaculture

The termites are used in aquaculture as no conventional source of protein or source of alternate protein to the fish meal.

(Sogbessan *et al*, 2008) use termite meal (*Macrotermes subhyalinus*) in the place of fish meal to feed the fingerling of *Heterobranchus longifilis*. Termite meal (*Macrotermes subhyalinus*) has been also used to replace soya meal in the diet of fingerling of *Heterobranchus longifilis* (Solomon *et al*, 2007).

Literature on the earthworms and their applications in pisciculture

Earthworm Classification

Earthworms are terrestrial invertebrates with thousands of species grouped into three categories according to their behavior in the natural environment: anecic, endogeic, and epigeic.

Anecic species, represented by the common nightcrawler (*Lumbricus terrestris*), construct permanent vertical

burrows as deep as 4 to 6 feet in the soil. They feed on organic debris on the soil surface and convert it into humus. If anecic species are deprived of their permanent homes, they will discontinue breeding and cease to grow. Endogeic species, such as *Aporrectodea caliginosa*, build wide-ranging, mainly horizontal burrows where they remain most of the time, feeding on mineral soil particles and decaying organic matter. They are the only species of earthworms that actually feed on large quantities of soil. As they move through the soil and feed, they mix and aerate the soil and incorporate minerals into the topsoil. Epigeic species, represented by the common redworm (*Eisenia fetida*), do not build permanent burrows; instead, they are usually found in areas rich in organic matter, such as the upper topsoil layer, in the forest under piles of leaves or decaying logs, or in piles of manure. Since they don't burrow deeply into the soil and prefer to eat rich organic matter, epigeic worms adapt easily to vermiculture and vermicomposting systems. *Eisenia fetida* and *Eisenia andreei* constitute about 80 to 90

percent of the earthworms raised on a large-scale commercial basis.

Biology of Earthworms

The physical structure of earthworms is similar among the different species. Earthworms belong to the phylum Annelida, which means "ringed." The "rings" around worms are called segments. Redworms have about 95 segments, while nightcrawlers have about 150. Earthworm bodies are streamlined, containing no protruding appendages or sense organs, to enable them to pass easily through soil. Worms have well-developed nervous, circulatory, digestive, excretory, muscular, and reproductive systems.

The head or anterior end of the earthworm has a prostomium, a lobe covering the mouth that can force open cracks in the soil into which the earthworm can crawl. Setae (bristles) on each segment can be extended or retracted to help earthworms move. Lubricating mucous, secreted by skin glands, helps worms move through soil and stabilizes burrows and castings.

The earthworm's digestive tract extends the whole length of its body. Worms swallow soil (including decomposing organic residues in the soil) or residues and plant litter on the soil surface. Swallowed matter is mixed by strong muscles and moved through the digestive tract while enzyme-filled fluids are secreted and blended with the materials. The digestive fluids release amino acids, sugars, bacteria, fungi, protozoa, nematodes, and other microorganisms, in addition to partially decomposed plant and animal materials from the food the worms have swallowed. Simpler molecules are then absorbed through intestinal membranes and are utilized by earthworms for energy and cell production.

Earthworms do not have specialized breathing devices. They breathe through their skin, which needs to remain moist to facilitate respiration. Like their aquatic ancestors, earthworms can live for months completely submerged in water, and they will die if they dry out.

A red pigment in earthworms' skin makes it sensitive to ultraviolet rays. Brief exposure to strong sunlight causes

paralysis in some worms, and longer exposure kills them. Earthworms seen lying dead in puddles after a rainstorm likely were killed by exposure to light, not by drowning, since they can live submerged in water. However, worms will emerge from their burrows seeking oxygen when unoxygenated rainwater filters down through the soil and squeezes most of the rest of the oxygen from the soil spaces.

Taste cells are located in and near an earthworm's mouth, and worms show definite food preferences. Experiments have demonstrated that they will pass up cabbage if celery is available and shun celery if carrot leaves are offered.

Earthworms are hermaphroditic, meaning each individual possesses both male and female reproductive organs. The eggs and sperm of each earthworm are located separately to prevent self-fertilization. When worms mate, they face in opposite directions and exchange sperm; the eggs are fertilized at a later time. Mature eggs and sperm are deposited in a cocoon produced by the clitellum, a

swollen, saddle-shaped structure near the worm's head. Within the cocoon, the sperm cells fertilize the eggs, and then the cocoon slips off the worm into the soil. The number of worms inside each cocoon and the length of time it takes them to hatch varies according to worm species and environmental conditions. Approximately four *Eisenia fetida* baby worms will emerge from a cocoon in 30 to 75 days, and another 53 to 76 days must pass for the newly hatched worms to reach sexual maturity. Earthworm cocoons resemble grape seeds in size and shape, with one end rounded and the other slightly pointed. Cocoons are initially pearly-yellow in color, then deepen to brown as the young inside mature and get ready to hatch. Earthworms can only reproduce using sperm from members of their own species. Claims of hybrid worms are not valid.

Earthworm Production

Earthworms have certain minimum care requirements that must be met on a regular schedule. The key environmental factors affecting earthworm growth,

reproduction, and health are temperature, moisture, aeration, pH (acidity-alkalinity), and food material.

Temperature

Earthworms live and breed at temperatures between 12.77 and 29.44 degrees Celsius. For commercial earthworm production, the ideal temperatures for growth and activity range from 15.55°C to 26.66°C. Bed temperatures should be between 15.55°C and 21.11°C to facilitate intensive cocoon production and hatching. If bed temperatures rise too high, they may be lowered by adding water, activating fans in or near the system, and reducing the amount of feedstock applied.

Moisture

Earthworms need adequate moisture to help them breathe through their skin. Beds need to sustain a moisture range of 60 to 85 percent and feel crumbly-moist, not soggy-wet. They should be sheltered from direct sunlight so they do not dry out and overheat. One method of increasing cocoon production after worms are fully

established is to stop watering the beds for several days or until the top 2.5 or 5 cm are scarcely moist. Then dampen the beds enough to restore them to their recommended moisture content.

Aeration

Earthworms can survive in relatively low oxygen and high carbon dioxide environments and even stay alive when submerged in water if it contains dissolved oxygen. If there is no oxygen, however, earthworms can die. Oxygen may be depleted if earthworm beds are kept too wet or if too much feed is introduced. By reducing the amount of moisture, cutting back on feed, and turning the pile with a pitchfork or three-prong garden tool, oxygen will be restored. Turning the materials in the beds every two to three weeks will help keep the beds aerobic.

pH (acidity-alkalinity)

The pH of soil indicates whether it is acidic (1 to 6), neutral (7), or alkaline (8 to 14). Earthworms will grow in a pH range of about 4.2 to 8.0. For commercial production, however, earthworm beds should be kept at a

pH range of 6.8 to 7.2. Check levels weekly with a pH kit. Take readings at different levels in the bed: the top feed area, 3 inches deep, and 8 inches deep. If an acid condition is detected in an earthworm bed, agricultural lime (calcium carbonate) may be mixed with bedding material to remedy the condition. Sprinkle half a pound of limestone on each 24 square feet of bedding surface, and water the bed. It is far less common for an overalkaline condition to exist. To remedy alkalinity, mix enough dry peat moss into the bedding until pH readings indicate a range of 6.8 to 7.2

Feeding Worms

Earthworms will consume animal manures, compost, food scraps, shredded or chopped cardboard or paper, or almost any decaying organic matter or waste product (R. Sherman, 2003). Horse, rabbit, swine, dairy, or steer manures are excellent feeds. Poultry manure is not recommended as it is too high in nitrogen and mineral.. If feeds are low in nutrients, they must be supplemented with high protein or nitrogen materials such as grains,

mashes, and cottonseed meal. Feeds containing high amounts of carbohydrate or woody residues should be composted beyond the heating stage. The feed and supplements can be applied straight or mixed with 20 to 30 percent horse manure or aged pine sawdust or shavings and spread on top of the bedding about 2.5 cm deep.

When using manure as feedstock or bedding, always test its suitability for the earthworms. The same goes for any organic material in question. Place the material in a container along with about a dozen worms and observe their behavior over the next 12 to 24 hours. If the worms consume the material, it's fine, but if they crawl away or die, it's not suitable. Composting the material may solve the problem. Continue to experiment with the substance until deciding whether it should be fed to the worms.

Feed the worms regularly, once or twice a week. Set the feeding schedule and amount of feed according to the rate of consumption of the last feeding and the condition of the worms and beds. When most of the feed has been

consumed, it is time to feed again. If too much feed is added, the beds may overheat or become anaerobic (oxygen-deprived) or too acidic. Adding calcium carbonate and mixing the bedding can alleviate these problems. If the worms do not appear to be growing bigger or producing offspring, more protein may be needed in the feed. Add grains, mashes, or cottonseed meal.

Compared nutritional values of the earthworms and profile in acid amino

Many studies were carried out on the use of earthworm in aquaculture. Authors recognized the high feed value of the worms. However the nutritional values vary between species (table 1.3). The profile in amino acid is presented in table 1.4.

Table1.3: Compared nutritional values (%) of the earthworms

Species	Protéin	Fat	Ash	NFE	Références
<i>Earthworms</i>	6	11	6	19	Safarkhanlo and <i>al.</i> (2009)
<i>Eisenia fetida</i>	59	9	17	15	Shakorian. (1991)
<i>Dendrobaena veneta</i>	45	11	29	3	Safarkhanlo and <i>al.</i> (2009)
<i>Tubifex tubifex</i>	65	14	15	-	Shakorian (1991)
<i>Enchytraeus albidus</i>	46	14	7	-	Taebideraz (1997)
<i>Chironomid mirei</i>	51	12	13	18	Safarkhanlo and. (2009)
<i>Bomby mori</i>	72	19	3	5	Safarkhanlo and <i>al.</i> (2009)

Source : (Roghaye, 2012)

Table 1.4 : Profile in essential amino acid

Element	Values
Arginine	2.83±0.12
Histidine	1.47±0.23
Isoleucine	2.04±0.012
Leucine	4.11±0.11
Lysine	6.35±0.23
Methionine	5.30±0.05
Phenylalanine	6.26±0.06
Threonine	4.43±0.2
Valine	4.43±0.6
Total Essential amino	37.11±2.31
Crude Protein %	63.04±4.5

Source : (Sogbessan *et al*, 2008)

Use of the earthworms in aquaculture

The substitution, of the fish meal by the worms meal (*Tenebrio molitor*) in the feed of *Clarias gariepinus* was carried out by to feed the fingerlings of *Clarias*

gariepinus (Ng *et al*, 2001). That of the substitution of the fish meal by the earthworms meal (*Eudrilus eugeniae*) in the feed of *Hétéroclarias longifilis* also consisted in substitute the fish meal by the earthworms meal (*Eudrilus eugeniae*) to feed the fingerlings of *Hétéroclarias* (Monebi *et al*, 2012). Moreover *Perionyx excavatus* was to produce and to introduce like aquacole ingredient into the feed of *Oxyeleotris marmoratus* and *Pangasius hypophthalmus* (Nguyen, 2010). Just as *Eudrilus eugeniae* was used to feed the fingerlings of *Heterobranchus isopterus* (Hawa, 1991).

Maggot and their applications in pisciculture

The common housefly, *Musca domestica*, lives in close association with people all over the world (Fig 1.3). The insects feed on human foodstuffs and wastes where they can pick up and transport various disease agents.

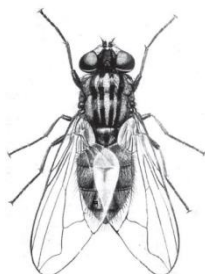


Figure 1.3: The housefly (*Musca domestica*) (Keiding, 1986)

Biology

Life cycle

There are four distinct stages in the life of a fly: egg, larva or maggot, pupa and adult (Fig1. 4). Depending on the temperature, it takes from 6 to 42 days for the egg to develop into the adult fly. The length of life is usually 2–3 weeks but in cooler conditions it may be as long as three months. Eggs are usually laid in masses on organic material such as manure and garbage. Hatching occurs within a few hours. The young larvae burrow into the breeding material; they must obtain oxygen from the atmosphere and can, therefore, survive only where sufficient fresh air is available. When the breeding

medium is very wet they can live on its surface only, whereas in drier materials they may penetrate to a depth of several centimetres. The larvae of most species are slender, white, legless maggots that develop rapidly, passing through three instars. The time required for development varies from a minimum of three days to several weeks, depending on the species as well as the temperature and type and quantity of food available. After the feeding stage is completed the larvae migrate to a drier place and burrow into the soil or hide under objects offering protection. They form a capsule-like case, the puparium, within which the transformation from larva to adult takes place. This usually takes 2–10 days, at the end of which the fly pushes open the top of the case and works its way out and up to the surface. Soon after emergence the fly spreads its wings and the body dries and hardens. The adult fly is grey, 6–9mm long and has four dark stripes running lengthwise on the back. A few days elapse before the adult is capable of reproduction. Under natural conditions an adult female

rarely lays eggs more than five times, and seldom lays more than 120–130 eggs on each occasion.

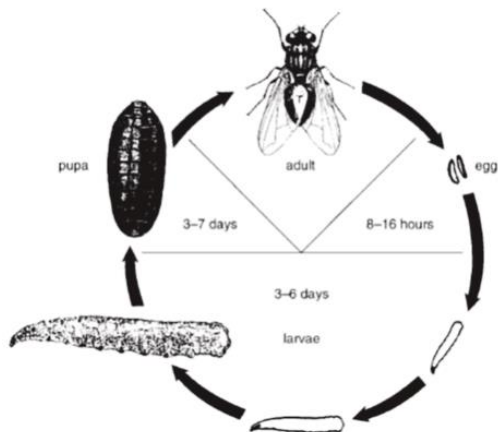


Figure 1.4: The life cycle of the fly (source: Keiding, 1986)

Feeding

All organic matter with fast decomposition can be used as substrate for the laying and the development of maggots (Hardouin *et al*, 2011). Both male and female flies feed on all kinds of human food, garbage and excreta, including sweat, and on animal dung under

natural conditions flies seek a wide variety of food substances. Because of the structure of their mouthparts, food must be either in the liquid state or readily soluble in the salivary gland secretions or in the crop. Liquid food is sucked up and solid food is wetted with saliva, to be dissolved before ingestion. Water is an essential part of a fly's diet and flies do not ordinarily live more than 48 hours without access to it. Other common sources of food are milk, sugar, syrup, blood, meat broth and many other materials found in human settlements. The flies evidently need to feed at least two or three times a day (Keiding, 1986)

Ecology of adult flies

An understanding of the ecology of flies helps to explain their role as carriers of disease and allows the planning of control measures. Adult flies are mainly active during the day, when they feed and mate. At night they normally rest, although they adapt to some extent to artificial light.

Resting places

During the daytime, when not actively feeding, flies may be found resting on floors, walls, ceilings and other

interior surfaces as well as outdoors on the ground, fences, walls, steps, simple pit latrines, garbage cans, clothes lines, grasses and weeds.

At night, flies are normally inactive. Their favourite resting places at this time are ceilings and other overhead structures. When temperatures remain high during the night, houseflies frequently rest out of doors on fences, clothes lines, electric wires, cords, weeds, grasses, hedges, bushes and trees. These resting places are generally near favoured daytime feeding and breeding areas and sheltered from the wind. They are usually above ground level, but rarely more than five metres high.

Fluctuations in fly numbers

Fly numbers in a given locality vary with the availability of breeding places, sunshine hours, temperature and humidity. Fly densities are highest at mean temperatures of 20–25 °C; they decrease at temperatures above and below this range and become undetectable at temperatures above 45 °C and below 10°C. At very low

temperatures, the species can stay alive in a dormant state in the adult or pupal stage.

Behaviour and distribution

During the day, flies are mainly gathered on or around feeding and breeding places, where mating and resting also take place. Their distribution is greatly influenced by their reactions to light, temperature, humidity, and surface color and texture. The preferred temperature for resting is between 35 °C and 40°C. Oviposition, mating, feeding and flying all stop at temperatures below 15°C. Flies are most active at low air humidities. At high temperatures (above 20 °C), most houseflies spend the time outdoors or in covered areas near the open air. When not eating, flies rest on horizontal surfaces and on hanging wires and vertically suspended articles and ceilings indoors, especially at night. A detailed study of local resting places is essential for successful control.

Nutritional values of maggots

Table 1.5: Nutritional values

Elements	Values
Humidity(%)	86.0 ± 0.47
Protein (%)	48 ± 0.52
Ash (%)	10.03 ± 0.44
Fiber (%)	5.89 ± 0.05
Energy (kcal/kg)	3755 ± 190

Source : Odesanya *et al.*, 2011

Table 1.6 : Minerals elements

Elements	Values
Ca (%)	0.344
Mg (%)	0.067
Na(%)	0.864
K (%)	0.672
Mn (%)	0.004
Zn (%)	0.007
Cu (%)	0.003
P (%)	0.970

Source : (Odesanya *et al.*, 2011)

Use of the maggots in aquaculture

The maggot meal was used in the feed of the larvae of *Heterobranchus longifilis* (Ossey *et al*, 2014). Fish meal was replaced by maggot meal to feed the fingerlings of *Clarias gariepinus* (Aniebo *et al*, 2009). Moreover the fish meal was also replaced by the maggot meal in the feed of tilapia (Ogounji *et al*, 2006).

Perspectives

The major problem of the aquaculture is the feed. A good feed in aquaculture requires a good content of fish meal. However, the population growth in the last decade resulted in a high pressure on the natural fish resources and the sharp decrease in the availability of fish products (FAO, 2012). Moreover, the captures of fishing cannot be used in aquacultures feed against human consumption, which limits the development of the aquaculture. It is urgent to anticipate the research of the animal resources not returning in competition with consumption human and being able to replace the fish meal. Invertebrates like: Earthworms, Termites and Maggots are sufficiently rich in nutritional elements just like the fish meal to be introduced into aquacultures feed.

Conclusion

Aquaculture feed of good quality without fish meal will allow the development and the profitability of the aquiculture. The use of alternative feed stuff another than the fish meal has a profitability and development of aquaculture.

Chapitre 2: Généralités sur le poisson africain à tête de serpent (*P. obscura*) et sur les vers de terreau

Utilisation des vers de terreau (*Eisenia fetida*) en pisciculture et en élevage de *parachanna obscura* : synthèse bibliographique

*D. S. J. V. VODOUNNOU**, *D. N. S. KPOGUÈ***, *C. E. TOSSAVI**,
*A. M. S. DJISSOU**, *G. A. MENSAH**** &
*E. D. FIOGBE**

**Laboratoire de Recherche sur les Zones Humides (LRZH) 01 BP 526 Cotonou République du Bénin*

***Université d'Agriculture de Kétou (UAK) BP 43 Kétou*

****Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB)*

Article publié dans l'Annales des Sciences Agronomiques (2015) 19(2) volume spécial 263-278

RÉSUMÉ

Les produits halieutiques jouent un rôle très important dans la nutrition humaine. Ils constituent la source de

protéines animales la plus importante dans l'alimentation de la population béninoise. Toutefois, l'offre de la production nationale n'arrive pas à satisfaire la demande de la population. Il faut donc promouvoir la pisciculture dans sa diversification tout en explorant d'autres sources de protéines pouvant remplacer la farine de poisson. Le présent article, est une synthèse des connaissances actuelles relatives à la biologie et l'écologie de *Eisenia fetida* et de *Parachanna obscura*. L'introduction des lombriciens en aquaculture a déjà été essayée sur des poissons comme : *Clarias gariepinus*, *Hétérobranchus longifilis*, *Heteroclarias*, *Heterobranchus isopterus*, *Oxyeleotris marmoratus* et *Pangasius hypophthalmus*. *Eisenia fetida* tout comme les lombrics est hermaphrodite et se nourrit des détritits. Il vit généralement dans les milieux riches en matières organiques et préfère un pH relativement neutre. Il a une composition en acides aminés comparable à celle de la plupart des protéines d'origine animale et est riche en acide gras de type omega3. Quant à *Parachanna obscura*, c'est un poisson strictement tropicale qui peut supporter une gamme de

température comprise entre 25 et 28°C et préfère les eaux à pH légèrement acide. Il vit en eaux douces dans les marécages, mares, ruisseaux, rivières, fleuves, lacs, lagunes et plaines inondables et se reproduit naturellement dans des milieux à forte végétation aquatique. *Parachanna obscura* est un poisson carnivore, piscivore, insectivore et son comportement alimentaire varie en fonction de l'âge. Ses besoins en éléments nutritifs (protéines lipides et glucides) et sa densité de mise en charge sont déterminés.

Mots clés : Synthèse, aquaculture, *Parachanna obscura*, lombricompost

USE OF EARTHWORMS (*EISENIA FETIDA*) IN THE BREEDING OF *PARACHANNA OBSCURA*: A REVIEW

ABSTRACT

The halieutic products have important in human nutrition. They constitute the principal source of animal proteins in the food of the Béninese population.

However, the offer of the national production doesn't satisfy the request of the population. It is necessary to promote the fish breeding and to explore other sources of proteins which can to replace the fish meal. The object of the study is a review on the use of the earthworms in aquaculture and precisely on the breeding of *Parachanna obscura*. The introduction of earthworms in aquaculture was tried on fishes as: *Clarias gariepinus*, *Heterobranchus longifilis*, *Heteroclarias*, *Heterobranchus isopterus*, *Oxyeleotris marmoratus* et *Pangasius hypophthalmus*.

Eisenia fetida is hermaphrodite and feeds with refuses. It lives in the mediums rich in organic matter and prefers a neutral pH. It has a composition in amino acids comparable with of proteins of animal origins and is rich in fatty acid of omega3. As for *Parachanna obscura*, it is a tropical fish which can support a temperature ranging between 25 and 28°C and prefers water with slightly acid pH. It lives in fresh waters, the marshes, ponds, brooks, rivers, lakes, lagoons, flooded plains and reproduces naturally in mediums with strong watery vegetation.

Parachanna obscura is a carnivorous, piscivorous, insectivorous fish and its behavior feeding varies according to the stage. These requirements in nutritive elements (proteins lipids and energy) and its density of breeding are determined.

Keywords : Synthesis, aquaculture, lombricompost, *Parachanna obscura*

INTRODUCTION

L'autosuffisance alimentaire en protéines animales constitue de nos jours un défi pour le développement économique du Bénin. Les produits halieutiques jouent un rôle très important dans la nutrition humaine. Ils constituent la source de protéines animales la plus importante dans l'alimentation de la population béninoise et représente 31,9 % des protéines d'origine animale puis 5,5 % des protéines totales (FAO, 2004). En 2011, la production halieutique nationale était estimée à environ 37.784 tonnes tandis que la demande nationale était de 120.000 tonnes (Direction des Pêches, 2011). Cette faible production est la plupart due à la cherté, l'indisponibilité

ou la mauvaise qualité de la farine de poisson considérée comme bon aliment pour les poissons dans les aliments aquacoles. L'exploration des possibilités d'utilisation d'autres sources de protéines pouvant remplacer la farine de poisson en aquaculture est à encourager. Or, les lombriciens ont une composition en acides aminés comparable à celle de la plupart des protéines d'origines animales (Navarro *et al.*, 1989) et sont riches, tout comme les poissons, en acide gras de type omega3 (Dynes, 2003). Ainsi, l'utilisation de lombriciens surgelés dans l'alimentation des poissons s'est avérée efficace (Mustin, 1987). En dehors de l'utilisation des vers de terre dans l'élevage des poulets (Agbédé *et al.*, 1994), son introduction en aquaculture est expérimentée chez diverses espèces de poisson. Ils sont déjà valorisés dans l'alimentation des juvéniles d'Hétéroclarias (Monebi & Ugwumba, 2012), de *Clarias gariepinus* (Ng *et al.*, 2001) de *Oxyeleotris marmoratus* et de *Pangasius hypophthalmus* (Nguyen Huu Yen Nhi, 2010) comme source alternative de protéine. La valorisation des vers de terreau sur *Parachanna obscura*

n'est pas encore réalisée au Bénin. Cependant, il faut une synthèse bibliographique sur l'utilisation des vers de terreau et sur l'élevage de *Parachanna obscura*.

LITTÉRATURE SUR PARACHANNA OBSCURA

Morphologie et position systématique de P. obscura

Poissons à tête de serpent ou snakehead, les Channidae constituent une famille de poissons d'eau douce rencontrés en Afrique et en Asie (Blanc, 1963). Les Channidae africains (*Parachanna*) se distinguent des Channidae asiatiques (*Channa*) par l'absence d'apophyse lamellaire au premier épibranchial et à l'hyomandibulaire pour soutenir les diverticules pharyngiens. Le genre *Parachanna* comporte les trois espèces suivantes : *P. insignis* ; *P. africana* et *P. obscura* (Bonou & Teugels, 1985 ; Murray, 2006). *P. obscura* a un corps allongé, fusiforme, subcylindrique et recouvert d'écailles cycloïdes de taille moyenne (Figure 2.1). La tête est déprimée en avant et recouverte d'écailles cycloïdes plus grandes et symétriques sur la face supérieure. Les yeux latéraux et relativement grands lui permettent de vite

repérer les proies. Deux narines se trouvent de chaque côté du museau. L'une des paires de narines est antérieure et tubulée. La bouche est grande et protractile. La mâchoire inférieure est légèrement plus longue que la supérieure et porte 4 à 6 canines bien développées. La ligne latérale est unique, généralement complète et porte 65 à 78 écailles. Les nageoires dorsale et anale sont très allongées et multirayonnées. Elles sont sans épine et ne touchent pas la caudale. La nageoire dorsale porte 39 à 45 rayons épineux tandis que l'anale en porte 26 à 32. La nageoire caudale est légèrement arrondie et porte 14 rayons. Les pelviennes sont entièrement molles, subabdominales et très rapprochées des pectorales (Teugels & Daget, 1984 ; Bonou & Teugels, 1985 ; Fapohunda & Godstates, 2007).

Les larves de *P. obscura* sont de couleur jaune (Gosse, 1963). Les alevins ont une coloration générale ocre avec une bande noire latérale au milieu du flanc, allant de l'extrémité du museau jusqu'à l'extrémité de la caudale (Bonou & Teugels, 1985). Les juvéniles et adultes de *P. obscura* ont une coloration noirâtre ou olivâtre très

foncée sur la partie dorsale et les flancs. 5 à 8 tâches sombres de forme plus ou moins arrondie ou géométrique se trouvent sur les flancs. La face ventrale a une coloration marbrée d'ocre clair. Quelques taches sombres ayant tendance à se relier à celles des flancs sont présentes sur le dos, de chaque côté de la dorsale. La tête porte une bande sombre latérale s'élargissant du bord postérieur de l'œil jusqu'à l'extrémité postérieure de l'opercule. De petites taches sombres formant des bandes obliques plus ou moins visibles se trouvent sur les nageoires. Une petite tache noire et arrondie se remarque juste à la base de la nageoire caudale (Bonou & Teugels, 1985).

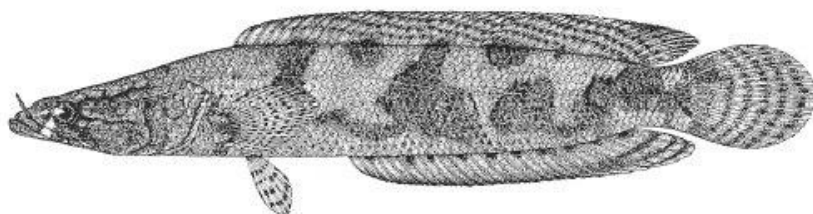


Figure 2.1. Vue latérale de *P. obscura* (Bonou & Teugels, 1985)

P. obscura (Günther, 1861) a plusieurs dénominations : *Ophiocephalus obscurus* (Senna, 1924) ; *Channa obscura* (Myers & Shapovalov, 1931); *Parophiocephalus obscurus* (Berg, 1940). En langues locales, son nom est : Hotoun (Fon), Hotoun (Goun), Ontinkpo (Pedah), Hotoun (Xwla) et Kombourou (Dendi). Sa position systématique d'après les travaux de Teugels & Daget (1984) ; Bonou & Teugels (1985) ; Teugels (2007) est présentée comme suit :

Règne Animal

Embranchement des Chordés

Classe des Osteichthyens (osseux)

Ordre des Perciformes

Famille des Channidae

Genre :

Parachanna

Préférences écologiques de P. obscura

P. obscura vit en eaux douces dans les marécages, mares, ruisseaux, rivières, fleuves, lacs, lagunes et plaines

inondables (Levêque, 2006 ; Adeosun *et al.*, 2011). Dans ces eaux, *P. obscura* a pour biotope préférentiel les zones calmes et boueuses à fonds vaseux, les marigots et les berges accidentées (Teugels *et al.*, 1992).

P. obscura est une espèce strictement tropicale qui peut supporter une gamme de température comprise entre 25 et 28°C et préfère les eaux à pH légèrement acide (6,5 à 7,5) (Riehl & Baensch, 1991). Il est très peu exigeant en oxygène dissous et a des adaptations à la vie en milieux hypoxiques. *P. obscura* préfère les eaux douces à salinité basse. Il fait partie des espèces de poissons qui ne sont capturés que lorsque l'eau de la lagune est douce ou à salinité basse et inférieure à 1 ‰ (Fagade & Olaniyan, 1974).

Habitude alimentaire de P. obscura

P. obscura est un poisson carnivore, piscivore et insectivore (Jamabo *et al.*, 2013). Son comportement alimentaire varie en fonction de l'âge. Les larves se nourrissent d'algues et de protozoaires tandis que les tout jeunes sont déjà voraces et insectivores (Blache *et al.*,

1964). Une analyse du contenu stomacal des alevins et adultes a révélé non seulement la présence des alevins de différentes espèces de poissons, mais aussi des insectes, des têtards, des copépodes, des crevettes, d'autres invertébrés et des débris de végétaux (Bolaji *et al.*, 2011 ; Djossou, 2011; Whenu & Fagade, 2012).

Reproduction chez P. obscura

P. obscura se reproduit tout au long de l'année excepté les mois de février, mars et avril. Le pic de la reproduction est observé de mai à juillet. La fécondité absolue est estimée à $1813 \pm 1895,25$ œufs et la fécondité relative est estimée entre 3 et 41 oocytes par gramme de poids corporel (Isangedighi & Umoumoh, 2011). La taille de première maturité est de 24,5 cm (Adebisi, 1987). Il se reproduit spontanément en étang d'élevage comportant de la végétation dense, des plantes flottantes et un sol de sable fin (Victor & Akpocha, 1992). L'induction hormonale de la reproduction de *P. obscura* en milieu contrôlé a été réalisée avec succès. L'hormone OVAPRIM à la dose de 0,7 ml/kg de poids vif a été

utilisée. Les géniteurs de *P. obscura* s'accouplent 36 heures après l'injection de l'hormone (Agokei & Hart, 2010).

Besoins nutritionnels des alevins de P. obscura

Pour réussir l'élevage de *P. obscura*, les besoins nutritionnels tant protéinique, lipidique, énergétique et le taux de rationnement doivent être respectés (Tableau 2.1)

Tableau 2.1. Récapitulatif des besoins nutritionnels de
Parachanna obscura

Besoins nutritionnels des alevins de <i>P. obscura</i>	Valeurs	Auteurs
<i>Taux de rationnement</i>	5,01(poids en g) ^{-0,23} de la biomasse	(Kpoguè, 2013)
<i>Besoins en protéine</i>	42,5% à 53,5%	(Kpoguè et al., 2013)
<i>Besoins en lipide</i>	5 à 7%	(Houankanlin, 2012)
<i>Besoins en glucide</i>	12 à 14%	(Odjo, 2013)

Valeurs nutritionnelles comparées de la chair de P. obscura

La chair de *P. obscura* est un poisson très riche en éléments nutritifs comparativement à d'autres poissons (Tableau 2.2)

Tableau 2.2. Comparaison nutritionnelle (%) de la chair de *P. obscura* à d'autres poissons

Espèces	Protéine	Lipide	Cendre	Humidité	Source
<i>Salmogairdneri</i>	19	2	1,1	78	Kinsella et al. (1984)
<i>Sarotherodonmelanotheron</i>	29,3	3,51	nd	nd	Baliu et al. (2007)
<i>Channa striatus</i>	23	11,9	1,8	nd	Zuraini et al. (2006)

Développement d'une pisciculture intensive de *Parachanna obscura* (Günther, 1861) à base de vers de terreau comme outil de traitement écologique des déchets organiques

<i>Synodontis clarias</i>	22	3,4	nd	nd	Baliu et al. (2007)
<i>Snakeheadmurrel</i>	18,6	0,4	1,3	80,4	Narhasan (2008)
<i>Parachannaobscura</i>	21,5	17,3	7,76	51,1	Ama-Abassi (2013)

nd : non disponible

source :Ama-Abassi & Ogar(2013)

LITTÉRATURE SUR *Eisenia fetida*

Morphologie et position systématique de Eisenia fetida

Les vers de terre sont des invertébrés appartenant à l'embranchement des annélides (Avel, 1959 ; Brinkhurst, 1982), caractérisés par un corps constitué de plusieurs anneaux. Ils font partie de l'ordre des oligochètes. Les oligochètes ont été regroupés au sein de la classe des Clitellates, un taxon spécifiquement créé par Michaels en 1928 pour inclure les vers segmentés qui possèdent un clitellum. Ils se regroupent dans la famille des lombricidae. Ils se répartissent en de nombreux genres et espèces dont les principaux sont : *Allophora chloritica* ; *Allobophora trapezoïdes* ; *Eisenia fetida* ; *Lumbricus terrestris* ; *Megascolides australis* ; *Microscoles phosphoreus* (Gilbert ,1978).

E. fetida (Gilbert ,1978) a pour position systématique :

Règne	Animal
Embranchement	Annelides
Classe	Clitellates
Ordre	Oligochètes

Famille Lombricidae

Genre Eisenia

Préférences écologiques de E. fetida

Les vers de terre sont sensibles à la variation des paramètres tels que : la température, la luminosité, le pH et l'humidité relative.

La température influence très nettement l'activité des vers. La production des cocons par les lombrics devient quatre fois plus importante quand la température passe de 6°C à 16°C (Evans & Guild, 1948). *E. fetida* se reproduit normalement à une température comprise entre 20 et 25°C (Tomlin, 1981). Peu d'espèces supportent une température inférieure à 0°C et supérieure à 28°C (Lee, 1985 ; Curry, 1998). En ce qui concerne la luminosité, les vers supportent très peu une forte luminosité. Les vers de terre ont, sur la peau, des cellules photosensibles qui provoquent de la douleur lorsqu'elles sont exposées à la lumière, sauf la lumière bleue. C'est pourquoi ils demeurent sous la surface du sol pendant la journée.

De manière générale les vers de terre, semblent être peu affectés par le pH, à condition qu'il n'excède un pH de 4,4. Entre pH 4,5 et 8, il est difficile d'établir une limite de préférence compte tenu de l'interférence de très nombreux facteurs dont notamment le calcium. *E. fetida* préfère des pH élevés de l'ordre de 7 à 8 (Usuki, 1955).

Les vers de terre manifestent une très grande tolérance à l'atmosphère du milieu, mais ils sont cependant peu nombreux dans les sols lourds et mal drainés où l'aération est particulièrement mauvaise. Ils peuvent cependant vivre un certain temps en anaérobiose en accumulant des acides qu'ils oxydent ensuite rapidement quand ils disposent à nouveau de l'oxygène (Avel, 1959).

Habitude alimentaire de E. fetida

Les études menées sur l'habitude alimentaire des vers nous révèlent que les vers de terre sont omnivores (Edwards & Bohlen, 1996 ; Sims & Gerard, 1999) car, ils se nourrissent principalement des fragments de matériel végétal plus ou moins dégradés et incorporés dans le sol.

Ils ingèrent également des microorganismes vivants, des champignons, de la mésofaune vivante ou morte.

On distingue deux régimes alimentaires chez les vers de terre : d'une part, les détritivores, qui se nourrissent de litière végétale et de racines mortes situées à la surface ou dans les horizons de surface, riches en matières organiques. Il s'agit principalement des anéciques et des épigés. D'autre part, les vers de terre géophages qui ingèrent de grandes quantités de sol au niveau des horizons plus profonds. Ce sont essentiellement des endogés. Perel (1977) distinguait ainsi les vers de terre qui « fabriquent » l'humus de ceux qui le consomment.

Reproduction chez E. fetida

Les lombrics sont hermaphrodites, ils sont pourvus d'organes reproducteurs mâles (testicules) et femelles (ovaires) sur chaque individu, mais ils sont incapables d'autofécondation. Ils se reproduisent par accouplement «tête-bêche». Ils échangent leurs spermatozoïdes pendant l'accouplement (Figure 2.2). Par suite d'une fécondation croisée réciproque, la fécondation a lieu dans les cocons.

Un cocon produit de 2 à 10 vers immatures, qui croissent et deviennent des adultes en mesure de s'accoupler en 4 à 6 semaines. Les vers de terre qui ont atteint leur maturité sexuelle se reconnaissent à un bourrelet, un épaississement situé au tiers antérieur du corps appelé clitellum. La ponte de cocons peut s'étaler sur une vingtaine de semaines, et leur incubation dure quelques trois semaines. La production des cocons par *Eisenia fetida* est maximale les trois premiers mois de la vie adulte, et peut se poursuivre pendant au moins 500 jours. Après accouplement, le cocon se forme en 2 à 4 jours (Fayolle & Ouahrani, 1982)

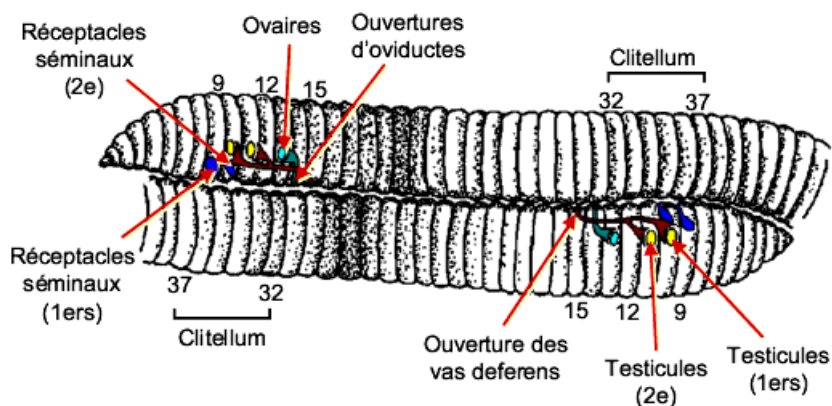


Figure 2.2. Accouplement des vers de terre

Valeurs nutritionnelles comparées des vers de terre et profil en acide aminés essentiels de E. fetida

De nombreuses études ont été menées sur l'utilisation de la chair et de la farine de ver dans l'aquaculture. Des auteurs ont reconnu la haute valeur nutritive des vers. Cependant les valeurs nutritionnelles varient d'une espèce à une autre (tableau 2.3). Le profil en acide aminé de *E. fetida* est présenté dans le tableau 2.4.

Tableau 2.3. Valeurs nutritionnelles (%) comparées des vers de terre

Espèces	Protéine	lipide	Cendre	NFE	Références
					Safarkhanlo <i>et al.</i>
<i>Earthworms</i>		11	6	19	(2009)
<i>Eisenia fetida</i>	59	9	17	15	Shakorian (1991)
					Safarkhanlo <i>et al.</i>
<i>Dendrobae naveneta</i>	45	11	29	3	(2009)
<i>Tubifex tubifex</i>	65	14	15	-	Shakorian (1991)
<i>En chytraeusalbidus</i>	46	14	7	-	Taebideraz (1997)
					Safarkhanlo <i>et al.</i>
<i>Chironomidmirei</i>	51	12	13	18	(2009)

Développement d'une pisciculture intensive de *Parachanna obscura* (Günther, 1861) à base de vers de terre comme outil de traitement écologique des déchets organiques

<i>Bombymori</i>	72	19	3	5	Safarkhanlo <i>et al.</i> (2009)
------------------	----	----	---	---	-------------------------------------

Source : Roghaye (2012)

Tableau 2.4. profil en acide aminés essentiels d'*Eisenia fetida*

Composition	Noms	Valeurs
Acides aminés essentiels	Histidine	2302
	Methionine	302
	Phenylalanine	306
	Lysine	508
	Linolenicacid	601
	Linolenicacid	9

Composition de 100 g de matière sèche
Source : Roghaye (2012)

Importance de la vermiculture

La vermiculture présente une grande importance écologique et ne nécessite pas d'infrastructure coûteuse. Elle peut se faire en plein air, sous des clapiers, à l'intérieur des caisses ou autres récipients tels que les emballages perdus (Gilbert, 1978). Il est également

possible d'utiliser des dispositifs en bois, plastique, frigolite, avec un aspect plus ou moins esthétique. En ce qui concerne les dispositifs étanches, il est conseillé de prévoir de petites ouvertures pour éviter l'engorgement en temps de pluies. Pour protéger le dispositif d'élevage contre les prédateurs, il est recommandé d'entourer les enclos d'une rigole remplie en permanence d'eau dans la lutte contre les fourmis, grandes prédatrices des vers (Vorters, 1994). En ce qui concerne la densité, on peut utiliser 100 vers pour $0,16 \text{ m}^3$ (Tomlin, 1981). En effet, il n'existe pas de valeur standard de densité de mise en charge des vers ainsi que la quantité de substrats à utiliser. Ces valeurs varient suivant les auteurs. La densité optimale d'ensemencement pour l'élevage de vers *E. fetida* était de $1,60 \text{ kg de vers/m}^2$ (Ndegwa *et al.*, 1999). Il est également admis l'utilisation d'un litre de substrat par ver. La vermiculture permet la valorisation des résidus de cultures ainsi que d'autres déchets végétaux mélangés et déjections animales provenant des exploitations agricoles. Elle permet non seulement la

production de protéines animales mais aussi la production de compost.

Importance de l'association vermiculture et achatiniculture

L'association de l'élevage de vers de terre et de l'achatiniculture se révèle d'une importance capitale dans le développement de l'agriculture durable. En effet, la vermiculture associée à l'achatiniculture peut permettre de réduire le coût de la main d'œuvre. L'achatiniculture, pratiquée sur terreau entretenu par les vers de terreau, permet de limiter au maximum la manipulation des achatines puisque l'entretien par recyclage de la matière organique est assuré par la faune vermicole. C'est un atout dans la lutte contre les fourmis rouges, principaux ennemis des achatines. Par ailleurs, les achatines préfèrent pondre dans le vermicompost (Mensah *et al.*, 2001). Les espèces de vers de terreau propices à cette symbiose en milieu tropical sont *Eisenia fetida*, *Eudrillus eugeniae*, *Perionyx excavatus* et *Pheretima asiatica*. L'inconvénient majeur dans cette association est que la présence de vers de terre est préjudiciable à l'éclosion

des œufs qui deviennent lourds parce que gorgés d'eau avec des traits rouges sur la coquille (Codjia & Noumonvi, 2002). Toutefois cette association est à promouvoir vu le rôle prépondérant et capital que jouent les vers de terre dans ce système d'élevage.

Littérature sur l'utilisation de la farine de vers de terreau en aquaculture

Le remplacement de la farine de poisson par la farine de vers (*Tenebrio molitor*) dans l'alimentation de *Clarias gariepinus* a consisté à remplacer la farine de poisson par la farine de vers (*Tenebrio molitor*) pour nourrir les juvéniles de *Clarias gariepinus* (Ng et al., 2001). De même, le remplacement de la farine de poisson par la farine de vers de terre (*Eudrilus eugeniae*) a été réalisé dans l'alimentation de *Hétéroclarias* (♂ *Heterobranchus longifilis* X ♀ *Clarias gariepinus*) (Monebi & Ugwumba ; 2012). De plus *Perionyx excavatus* a été produit et introduit comme ingrédient aquacole dans l'alimentation de *Oxyeleotris marmoratus* et de *Pangasius hypophthalmus* (Nguyen Huu Yen Nhi, 2010) de même

que *Eudrilus eugeniae* a été utilisé pour nourrir les juvéniles de *Heterobranchus isopterus* (Hawa, 1991).

PROBLÈME

Les produits halieutiques constituent 22 % de la protéine consommée en Afrique au sud du Sahara (FAO, 2006). Mais malgré les énormes potentialités dont dispose cette région, elle ne fournit que 0,16 % de la production aquacole mondiale estimée à 59,4 millions de tonnes (FAO, 2006). La demande en poissons marchands pour maintenir le niveau de consommation de la population dépasse largement l'offre. Les produits de la pêche n'arrivent plus à répondre aux besoins réels des populations (Akitikpa, 2002). Des études ont cependant montré que l'exploitation des ressources halieutiques a atteint le niveau maximal et que le développement de la pisciculture béninoise nécessite la promotion d'espèces autochtones bien adaptées aux conditions locales (Fiogbé, 1985 ; Toko, 2007 et Montchowui, 2009).

Malgré la non satisfaction de la demande en ressources halieutiques, une partie de ces ressources est utilisée pour

la fabrication d'aliment d'élevage. Tel est le cas de farine de poisson considérée comme bon aliment pour les poissons. La cause fondamentale des coûts élevés de la production piscicole est l'importation de la farine de poisson, principale source de protéines animales des régimes alimentaires utilisés. En 2010, la production et le commerce de farine de poisson ont considérablement reculé en raison de la baisse des captures d'anchois. Mais en 2011, la production a augmenté de 40 % environ dans les grands pays producteurs. La demande en farine de poisson a été forte en 2010 et en 2011, ce qui a entraîné une flambée des prix. Malgré un apaisement récent fin 2011 et début 2012, les prix se maintiennent à des niveaux très élevés (FAO, 2012). La seule solution qui s'offre à nous pour pallier à cette situation est de se tourner résolument vers la pisciculture dans sa diversification tout en proposant, des protéines d'origines animales pouvant remplacer la farine de poisson dans les aliments aquacoles. Ainsi, les invertébrés tels que : les vers de terre, asticots de mouche, termites et fourmis sont introduits dans les aliments aquacoles afin de diminuer

leur coût de production. Dans le but de contribuer d'avantage à l'élevage de *Parachanna obscura* par l'utilisation des vers de terreau dans leur alimentation, une maîtrise de la biologie et l'écologie de ces deux êtres (*Parachanna obscura* et *Eisenia fetida*) est indispensable.

Implication pour le développement

L'utilisation des vers de terre dans la pisciculture participe au développement de cette dernière à travers la réduction de son coût de production et la valorisation d'une excellente source de protéine. Sur le plan écologique, la production des vers de terreau participe à une bonne gestion des déchets organiques et à la réduction de l'utilisation des engrais chimiques. En effet, le lombricompostage permet d'avoir du compost de très haute qualité en agriculture.

Perspectives

En dehors de l'introduction déjà réalisée de quelques espèces de vers de terre en aquaculture, celle d'*Eisenia fetida* sera essayé sous différentes formes sur les performances zootechniques de *P. obscura*. Mais avant,

des études prenant en compte l'impact des différentes sources de production, sur la productivité et les qualités nutritionnelle, microbiologique ainsi que toxicologique des vers produits seront réalisés. Pour une bonne rentabilité de la pisciculture béninoise et pour une indépendance vis-à-vis de la farine de poisson, l'intensification de la lombriculture et l'exploration d'autres sources de protéine pouvant remplacer la farine de poisson sont à promouvoir.

CONCLUSION

Le développement de l'aquaculture est une solution durable pour les pays sous-développés. Mais ce développement passe non seulement par la diversification de la pisciculture, mais surtout par la réduction du coût de la production aquacole. Cette dernière nécessite la découverte et l'utilisation des sources de protéines non conventionnelles et pouvant remplacer la farine de poisson. Les vers de terreau ayant une haute valeur nutritive, leur utilisation en pisciculture réduit à coup sûr le coût de la production aquacole. La

vermiculture en elle-même constitue déjà une solution pour l'obtention du compost de bonne qualité et le recyclage des déchets en achatiniculture.

Partie 2 : Méthodologie expérimentale générale

Chapitre 3: Description du site et installations expérimentales

3-1 Description du site expérimental

Tous nos travaux ont été réalisés sur le site d'expérimentation du Laboratoire de Recherche sur les Zones Humides (LRZH) et à l'Institut National des Recherches agricoles du Bénin (INRAB). Le site d'expérimentation est situé dans la ferme d'application de la Faculté des Sciences Agronomiques (FSA) et derrière le Laboratoire d'Ecologie Appliquée (LEA). Il abrite une salle de cours pour la formation des étudiants en Master Hydrobiologie Appliquée, une salle des doctorants, un laboratoire où se font les manipulations, une écloserie pour la reproduction et l'élevage larvaire, une série de 18 grands bassins circulaires de diamètre 1,5 m pour le grossissement des alevins, une série de 24 petits bassins circulaires de 0,9 m de diamètre pour les essais de nutrition de poissons, une série de 18 petits bassins circulaires de 1 m de diamètre pour les essais de nutrition de poissons, une série de 18 petits bassins carrés de 0,8 m de côté pour la production des vers de terre,

une série de 18 petits bassins carrés de 0,8 m de côté pour la production du zooplancton et des macro-invertébrés, 8 étangs rectangulaires pour le grossissement, le stock des géniteurs et la conservation des espèces, un magasin, un poulailler, et une porcherie (Figure 3.1.)

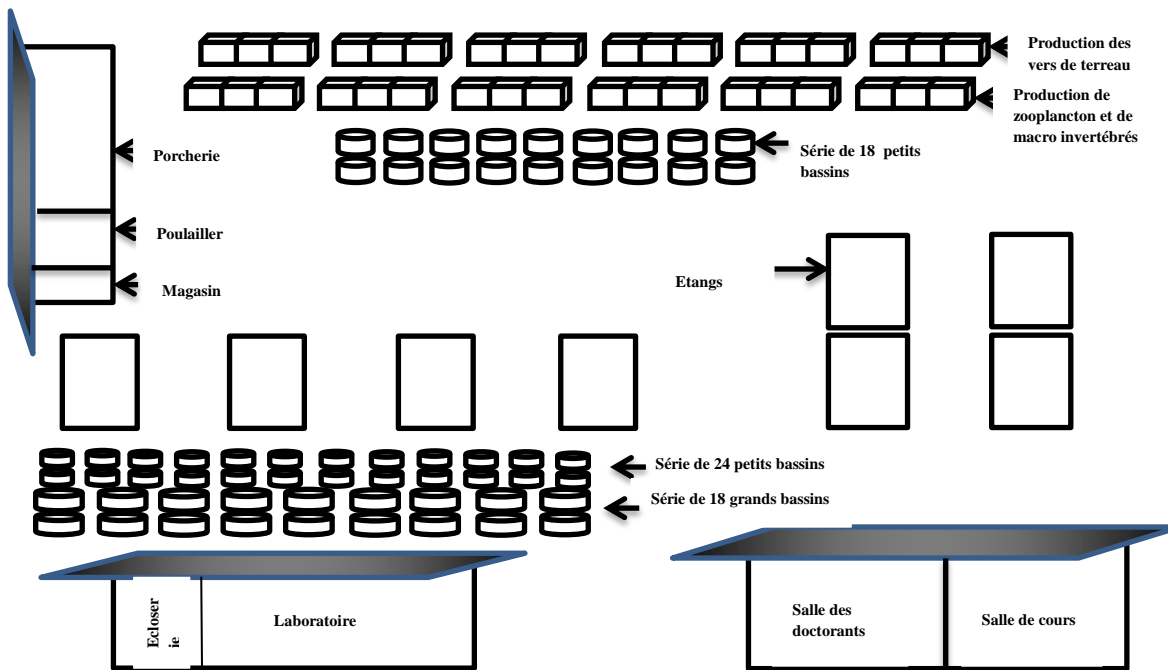


Figure 3.1 : Représentation schématique du site expérimental

3-2 installations expérimentales

3-2-1 Dispositif de production des vers de terre

Le dispositif expérimental de production des vers de terre est un bloc de Fisher (Figure 3.2) à 6 traitements et en 3 répétitions. Les traitements sont composés de fiente de volaille, des crottes de lapin, des crottes d'ovins, de la bouse de vache, de la déjection de porc et du compost végétal. Les bassins (0,80 cm × 0,80 cm × 0,60 cm) sont tous étanches (Figure 3.3). Chaque traitement est recouvert d'un filet moustiquaire pour empêcher l'intrusion des prédateurs et entouré d'une rigole contenant en permanence de l'eau afin d'empêcher l'intrusion des termites (Figure 3.4).

Développement d'une pisciculture intensive de *Parachanna obscura* (Günther, 1861) à base de vers de terreau comme outil de traitement écologique des déchets organiques



Figure 3.2 : Dispositif de production de vers de terreau
(vu de profil)



Figure 3.3 : Bassin de production de vers de terreau



Figure 3.4 : Bassin de production entouré d'une rigole

3-2-2 Dispositif de séchage des vers de terreau et fabrication de sa farine

Après la récolte (Figure 3.5), les vers de terreau (Figure 3.6) sont débarrassés de tous les déchets et sont d'abord pesés. Ils sont ensuite étalés sur des dispositifs à sécher pour égouttage (Figure 3.7). Après cette étape, les vers de terreau égouttés sont mis au congélateur avant de passer au lyophilisateur (Figure 3.8). Après le séchage à froid au lyophilisateur, les vers séchés obtenus sont pesés et passent ensuite dans une moulinette pour être écrasés (Figure 3.9).



Figure 3.5 : Recolte manuelle des vers de terreau



Figure 3.6 : Amas de vers de terreau récoltés

Développement d'une pisciculture intensive de *Parachanna obscura* (Günther, 1861) à base de vers de terreau comme outil de traitement écologique des déchets organiques



Figure 3. 7: Dispositif de séchage



Figure 3.8: Lyophilisateur



Figure 3.9 : Farine de vers de terreau

3-2-3 Dispositif de nutrition des alevins de *P. obscura* avec des régimes à base de vers de terreau

3-2-3-1 Procédure de fabrication des aliments

Pour la fabrication des aliments, les étapes suivantes ont été utilisées

- Broyage des ingrédients en de fines particules ;

- Pesée des proportions des ingrédients (en poudre) en fonction des régimes ;
- Mélange des ingrédients pesés pour chaque régime 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 par mélange de cette poudre homogène avec de l'eau tiède ;
- La pâte obtenue a été compactée en des spaghettis à l'aide d'un hachoir électronique (Figures 3.10) ;
- Après séchage au soleil pendant environ 48 à 72 h, les spaghettis ont été concassés manuellement en granulés de petite taille;
- Les différents régimes alimentaires ainsi fabriqués ont été versés dans des bocaux préalablement bien séchés, étiquetés puis conservés au frais pendant toute la durée des essais.

Développement d'une pisciculture intensive de *Parachanna obscura* (Günther, 1861) à base de vers de terre comme outil de traitement écologique des déchets organiques



Figure 3.10 : Fabrication d'aliments expérimentaux sous forme de spaghettis

3-2-3-2 Bassins d'élevage et origine des alevins de *P. obscura*

Les expérimentations ont été réalisées en circuit ouvert dans des bassins circulaires hors-sol en béton sur le site d'expérimentation du Laboratoire de Recherche sur les Zones Humides (LRZH). Chaque bassin a été rempli à environ 1/5 de son volume, soit 90 L d'eau et comprenait une arrivée d'eau et un dispositif central d'évacuation de l'eau, en PVC muni d'un filet à mailles fines pour éviter la fuite des alevins et faciliter le renouvellement de l'eau. Le circuit est alimenté en eau à partir d'un forage réalisé sur le site de LRZH. Chaque bassin est recouvert à moitié d'une claie afin d'éviter la pénétration directe du soleil (Figure 3.11). Durant toutes nos expérimentations, des alevins de *P. obscura* ont été utilisés (Figure 3.12). Ils sont soit récoltés dans les étangs du site expérimental de LRZH, soit dans les étangs d'un pisciculteur à Takon, dans la commune de Sakété au sud Bénin.

Développement d'une pisciculture intensive de *Parachanna obscura* (Günther, 1861) à base de vers de terreau comme outil de traitement écologique des déchets organiques



Figure 3.11 : Bassins d'élevage



Figure 3.12 : Alevins de *P. obscura*

Chapitre 4 : méthodologies de production des vers de terreau et de *P. obscura*

4-1 Méthodologies de production des vers de terreau

La production des vers de terreau nécessite un optimum de conditions écologiques et biologiques (cadre d'élevage, densité, nutrition, etc). Des vers matures issus du milieu naturel identifiés sontensemencés dans chaque substrat. Une densité de 15 g/ kg de substrat à raison de 20 vers a été appliquée pour la production. Pour le contrôle de la production, les paramètres tels que la température et le pH sont mesurés par semaine. Un arrosage conséquent est fait. Après une production de trois mois, la récolte des vers est faite manuellement.

4-1-1 Effets des substrats sur le rendement des vers de terreau

Tous les substrats de production ont été analysés en ce qui concerne la matière sèche, l'humidité, le carbone par la méthode de Nelson & Sommers (1982), la cendre, l'azote par la méthode de Bremner & Mulvaney (1982), le phosphore par la méthode calorimétrique. Le rapport Azote /Carbone aussi a été déterminé. Après une

production de trois mois, avec contrôle mensuel de la croissance par pesage de la biomasse, la récolte est réalisée et le rendement est déterminé en fonction de chaque substrat. Les données sont soumises à l'analyse statistique pour déterminer l'effet des substrats sur le rendement.

4-1-2 Effets des substrats sur la qualité nutritionnelle de la farine des vers de terreau

La matière sèche, le taux de protéine et la cendre de la farine des vers sont déterminés en fonction du substrat selon la méthode AOAC 2009. 01. L'analyse de variance (ANOVA) et le test de Fisher à travers la comparaison des moyennes de ces différents paramètres, en fonction des substrats ont été utilisés pour établir une différence significative ou non entre les qualités nutritionnelles de la farine des vers issus de différents substrats.

4-2 Méthodologie de production de *P. obscura*

4-2-1 Expérimentations de nutrition sur *P. obscura*

4-2-1-1 Ingrédients utilisés pour les différentes expérimentations

Pour toutes nos expérimentations, les ingrédients suivants ont été utilisés en différentes proportions compte tenu des objectifs. Il s'agit de : Tourteaux de coton, farine de maïs, farine de poisson, farine de vers de terreau, tourteaux de soja, huile de foie de morue, prémix minéral et vitamines, sulfate de fer et carboxy-méthyl-cellulose.

4-2-1-2 Suivi des expérimentations de nutrition de *P. obscura*

Une période d'acclimatation d'une semaine a été observée avant le démarrage des expériences. Ensuite, les aliments expérimentaux ont été distribués trois fois par jour aux poissons. Au cours de l'expérimentation, les paramètres physico-chimiques de l'eau des bassins tels que : le pH, l'oxygène dissous et la température sont mesurés durant toute la période de l'expérimentation et ceci deux fois par jour. La pêche de contrôle a eu lieu

chaque semaine avec une pêche totale des poissons suivie de la prise des biomasses et le lavage des bassins.

4-2-1-3 Détermination du taux idéal de substitution de la farine de poisson par la farine de vers de terreau

Cinq traitements ont été appliqués, à 3 répétitions chacun avec une substitution progressive de l'ordre de 25% de la farine de poisson par la farine de vers de terreau. La fréquence de nourrissage a été de trois fois par jour (8h, 13h et 18 h) Gangbazo (2012). La durée de l'expérience a été de 42 jours. La densité de mise en charge est de 20 alevins/bassin. La répartition des poissons a été faite après un tri des alevins afin de les calibrer et éviter des hétérogénéités de tailles qui pourraient conduire au cannibalisme. La biomasse par bassin de même que le poids individuel et la longueur totale de tous les alevins par bassin ont été mesurés avant la mise en charge. L'aliment granulé a été distribué selon chaque régime avec un taux de rationnement fixé à $5,01 * \text{Poids (g)}^{-0,23}$ de la biomasse des poissons par bassin (Kpoguè, 2013). La distribution de l'aliment a été faite manuellement

grain par grain pour s'assurer d'une bonne ingestion de l'aliment par les poissons.

4-2-1-4 Effets des différentes formes de présentation des vers de terreau sur les performances zootechniques des alevins de P.obscura

Trois traitements ont été appliqués, à 3 répétitions chacun, avec l'utilisation de trois différentes formes des vers de terreau dans les régimes alimentaires, à savoir : forme farineuse, forme congelée et forme vivante. La forme farineuse a été directement intégrée dans le régime alimentaire, tandis que la forme congelée et la forme vivante ont été données sous forme de complément en tenant compte du rationnement, le taux d'incorporation et la matière sèche des vers. La fréquence de nourrissage a été de trois fois par jour (8h, 13h et 18 h) Gangbazo (2012). La durée de l'expérience a été de 42 jours. La densité de mise en charge est de 20 alevins/bassin. La répartition des poissons a été faite après un tri des alevins afin de les calibrer et pour éviter des hétérogénéités de tailles qui pourraient conduire au cannibalisme. La biomasse par bassin, de même que le

poinds individuel et la longueur totale de tous les alevins par bassin, a été mesurés avant la mise en charge. L'aliment granulé a été distribué selon chaque régime avec un taux de rationnement fixé à $5,01 * \text{Poids (g)}^{-0,23}$ de la biomasse des poissons par bassin (Kpoguè, 2013). La distribution de l'aliment a été faite manuellement grain après grain pour s'assurer d'une bonne ingestion de l'aliment par les poissons.

4-2-1-5 Performances zootechniques des alevins de P. obscura nourris avec des régimes à base de la farine des vers de terreau issus de différents substrats

Cinq traitements ont été appliqués en 3 répétitions chacun avec des régimes contenant de la farine des vers de terreau au même taux d'incorporation issus de cinq différents substrat. La fréquence de nourrissage a été de trois fois par jour (8h, 13h et 18 h) Gangbazo (2012). La durée de l'expérience a été de 42 jours. La densité de mise en charge est de 20 alevins/bassin. La répartition des poissons a été faite après un tri des alevins afin de les calibrer et pour éviter des hétérogénéités de tailles qui pourraient conduire au cannibalisme. La biomasse par

bassin, de même que le poids individuel et la longueur totale de tous les alevins par bassin, ont été mesurés avant la mise en charge. L'aliment granulé a été distribué selon chaque régime avec un taux de rationnement fixé à $5,01 * \text{Poids (g)}^{-0,23}$ de la biomasse des poissons par bassin (Kpoguè, 2013). La distribution de l'aliment a été faite manuellement grain par grain pour s'assurer d'une bonne ingestion de l'aliment par les poissons.

4-2-2 Dimorphisme sexuel et reproduction semi artificielle de *P. obscura*

4-2-2-1 Dimorphisme sexuel de *P. obscura*

La détermination du sexe de *P. obscura* est compliquée par identification de l'orifice ano-uro-génital. Pour cela, des critères métriques (longueur totale, longueur standard, longueur caudale, longueur de la tête, longueur du museau, largeur du museau, circonférence de la tête, circonférences du corps), méristiques (nombre de rayons de la nageoire anale, nombre de rayons de la nageoire caudale, nombre de rayons de la nageoire dorsale, nombre de rayons de la nageoire pelvienne, nombre de rayons de la nageoire pectorale, nombre de taches sur le

flanc et le nombre d'écaillés sur la ligne latérale), relation taille- poids et coefficient de condition ont été utilisés pour la détermination du dimorphisme sexuel.

4-2-2-2 Reproduction semi artificielle de *P. obscura*

Deux séries de trois géniteurs de *P. obscura* de poids moyen $204,74 \pm 19,56$ g ont subi une injection d'hormone (Ovaprim) à une dose de 0,7 ml/kg (Agokei & Hart, 2010), et ont été retournés dans un étang recouvert partiellement de la jacinthe d'eau (*Eichhornia crassipes*). 32 jours après l'injection, des alevins ont été récoltés.

4-3 Traitement des données et analyses statistiques

Les données collectées sont encodées dans le tableur Excel 2010. Les différents paramètres zootechniques, physico-chimiques, morphométriques et meristiques est calculée dans le même tableur. Pour chaque paramètre, la moyenne accompagnée de l'écart-type sont calculés. Les graphiques sont également réalisés avec le tableur Excel 2010. Le logiciel statistique STATVIEW (version 5.01) a été utilisé avec le seuil de probabilité de 5%. L'analyse

de variance à un critère de classification (ANOVA 1) a été utilisée pour comparer les différents paramètres des différents traitements. Au cas où des différences significatives sont observées entre les traitements, le LSD (Least Significant Difference) de Fisher est utilisé pour effectuer les comparaisons pairées des différentes moyennes.

Partie 3 : Résultats et discussion

Chapitre 5 : Effets des substrats sur le rendement et la qualité nutritionnelle des vers de terreau

5-1 Effets des substrats sur le rendement des vers de terreau

Effect of animal waste and vegetable compost on production and growth of earthworm (*Eisenia fetida*) during vermiculture

DSJV VODOUNNOU^{1*}, DNS KPOGUÈ², CE TOSSAVI¹, GA MENNSAH³ and ED FIOGBE¹

* Correspondence author : justeking@yahoo.fr

1 UAC/FAST/LRZH 01 BP 526 Cotonou Bénin

2 UAK BP 43 Kétou Bénin

3 INRAB Bénin

Affiliation details

UAC: University of Abomey-Calavi

FAST: Faculty of Science and Techniques

LRZH: Laboratory of Research in the Wetlands

INRAB: Bénin National Agricultural Research Institute,

UAK: Agricultural University of Ketou

Article publié dans *International Journal of Recycling of Organic Wastes in Agriculture* (2016) 5:87–92 DOI 10.1007/s40093-016-0119-5

Abstract

Purpose: The purpose of the study is to evaluate the effect of different animal product wastes and plant compost on survival and growth of earthworm (*Eisenia fetida*).

Methods: The study is realized in a vermibin for a duration of 90 days. The initial physico-chemical parameters (pH, humidity, ash, organic matter, carbon, nitrogen, phosphorus and C:N ratio) were determined in each waste of the different substrates before the study. Six waste products (pig, poultry, rabbit, cattle, sheep and vegetal compost) in triplicate (6×3) were used for earthworm production. In each 12l content vermibin, 2 kg of substrate and 30 g of mature earthworms were sown. Each month, the growth control was realized by earthworms harvest and weighing. The earthworms were

put back in substrate in vermibin and 500 g of substrate were completed. The pH was measured every week.

Results The physico-chemical parameters (pH, ash, organic matter, carbon, phosphorus, nitrogen and C:N ratio) varied ($P < 0.05$) according to different substrate.

The C:N ratio of different organic substrates are in the range of 8.46 in vegetable compost to 19.39 in pig dung.

At the end of study the biomass gain and mortality varied ($P < 0.05$) according to different treatments. The growth

rate varied according to different organic waste ($P < 0.05$) and ranged between -0.06 ± 0.02 (vegetable compost)

and 1.34 ± 0.11 (cow dung). Maximum weight gain and highest growth rate were attained with cow dung.

Earthworm biomass gain in different animal wastes is in the order of: cow > pig > rabbit > poultry > sheep > compost vegetable.

Conclusion: The animal wastes (cow, sheep, pig, rabbit and poultry) and vegetable compost can be used to produce the earthworm. But the growth and production depend on the biochemical quality of the substrates and the availability and facility for using a nutritive element.

Keywords *Eisenia fetida*, Growth, Animal waste, Vegetable compost, Production, Vermicompost

Introduction

According to growing trend of using chemical fertilizers in agriculture and its associated environmental impacts specially in developing countries, application of management strategies are necessary to reduce its effects. Nonfundamental and long-term consumption of fertilizers not only lead to degradation of soil quality, but also can reduce product quality, that disrupt the natural balance of the ecosystems and increases the environmental pollution. In the past half century, using chemical fertilizers significantly has increased yield of the agriculture products. The environmental stability results from the use of fertilizers, on one hand and lack of reaction in most of these products to the higher use of fertilizer due to the uncontrolled use of it and on the other hand, will face problems food production in the coming decade (Tohidinejad *et al.*,2011). The vermiculture as means of reduction the greenhouse gas emissions that

have negative impacts on the environment, although waste sector produces the least quantity of greenhouse gases (Roghaye, 2012).

The management of organic waste, in the circumstance the animals dung in the farms represented a serious problem in Bénin. However, a good management of this organic waste can contribute a supply an animal protein for aquaculture and organic fertilizer for market garden produce. Vermicomposting technology is not developed and nor practiced in Bénin. Whereas this technology constitutes on tools for management an organic waste (Manyuchi & Nyamunokora, 2014; Manyuchi et al., 2014; Manyuchi & Phiri, 2013). It has been described as a biological process for converting solid waste into a stable, humus-like product, which is used as a soil conditioner (Talashilkar, 1989). The vermicompost has many advantages: obtaining the earthworms biomass which one can valorize through the feed of the animals, especially in aquaculture (Roghaye, 2012) and is biological manure very much used in vegetable production for example in to product the tomato and

peppermint (Zucco et al.,2015; Ayyobi et al., 2014) . The earthworms are used through the waste recycling organics urban, industrial and agricultural (Reinecke et al., 1992). Indeed, one kilogram of adults earthworm can convert up to 5 kilograms of waste per day and approximately ten kilograms of adults can convert one ton waste per month (Mahmoud, 2011). Many species could be used for these utility. *Eisenia fetida* is the species who support climatic conditions in the Tropics. This species can reproduce normally at a temperature ranging between (20 and 25°C) and can tolerate a temperature going to 29° C (Tomlin ,1981 ; Lee, 1985 ; Curry, 1998). It is epigeics earthworm which lives on upper surface of soils feeding mainly on plant litter and other organic debris available on the soil surface. As these earthworms can consume a variety of organic matters, they are most suitable for converting organic wastes into useful organic manures (Chattopadhyay, 2012). This specie can be used for composting *Azolla pinnata* (Ishtiyag & Anisa, 2010), paper mill (Karn & Chakrabarti 2015) and for composting municipal solid

wastes (Mishra et *al.*, 2014). In Bénin farms, the animals bred are often: pig, poultry, rabbit, cattle, and sheep. The management of these wastes constitutes a problem in the farms. However these wastes could be valued by the vermicomposting. But the diet of these animals differs, which induced a difference of chemical quality of their waste. The aim of this study is to promote in Bénin the vermicomposting in the farms with the various animal wastes and to evaluate the impact of these various animal wastes (pig, poultry, rabbit, cattle, and sheep) on the earthworm biomass production. Moreover, the impact of the vegetable compost on the production of these earthworms will be also evaluated.

Materials and methods

Collection of earthworms

Adults of *E. fetida* (clitelate accented) were collected from lots of garbage in Bénin National Agricultural Research Institute (INRAB) and grown in laboratory of

research in the wetlands (LRZH) of Abomey-Calavi University.

Collection and preparation of organic substrates

Fresh waste of different animals (pig, poultry, rabbit, cattle, and sheep) were collected from animal farms in Abomey-Calavi. The animal dung was used 14 days after the collection, because pre-composting is very essential to avoid the death of the worm (Gunadi and Edwards, 2003). The plant compost obtained of the Abomey-Calavi University was used for our experimentation.

pH was determined using pH paper introduced in the wet substrate. Total carbon was measured using the method of (Nelson and Sommers 1982). Organic matter was determined by $MO\% = C\% \times 1.724$. Nitrogen was determined according to (Bremner and Mulvaney 1982). Total phosphorus was analyzed using the colorimetric method with molybdenum in sulphuric acid.

Culture of earthworms and growth studies

6 wastes products (pig, poultry, rabbit, cattle, sheep and vegetal compost) in triplicate (6 X3) were used for earthworm production. In each 12l content vermibin, 2kg of substrate and 30g of mature earthworms were sown. Each month, the growth control was realized by earthworms harvest and weighing. The earthworms were put back in substrate in vermibin and 500g of substrate were completed. The pH has been measured every week.

Zootechnical parameters and statistical analysis

Zootechnical parameters

$$GR = \frac{Wf - Wi}{t2 - t1}$$

$$P = \frac{Wf - Wi}{Q}$$

With:

Wi = Initial weight of the worms, **Wf** = Final weight of the worms, **t1** = Start of the experiment (in days), **t2** =

End of the experiment (in days), **Q** = Total waste (in kg), **N_i** = Initial number, **N_f** = final number, **P** = Produce (g/earthworm/kg of waste), **GR** = Growth rate (mg/worm/day), **WMI** = Initial Weight Mean, **WMF** = Final Weight Mean

Statistical analysis

Treatment effect was evaluated using one-way analysis of variance (ANOVA) with StatView logiciel after verifying the homogeneity of variance using “Hartley’s test” for each experiment. Significant differences between treatments means ($P < 0.05$) were determined using a Fisher’s least- significant difference test (Saville, 1990). Results are given as means \pm standard error.

Results

Physico- chemical parameters of the substrates

The initial physico-chemical parameters of the different substrates before use are summarized in the table 1. The pH values of the organic substrates are ranged between 5.88 (poultry) and 8.52 (cow). The moisture content of

the organic substrate before use varied between 3.43% and 12.66%. The ash varied between 31.48 % and 84.4 % (Table 5.1.1). The carbons of different organic substrates are in the range of 9.05% in vegetable compost to 37.34% in rabbit dung. The nitrogen ranged from 1.07% in vegetable compost to 2.56% in sheep dung. The C:N ratio of different organic substrates are in the range of 8.46 in vegetable compost to 19.39 in pig dung. Phosphorus content ranged from 0.06% in vegetable compost to 1.04% in rabbit waste.

Table 5.1.1 initial physico- chemical parameters of the organic substrates

Organic substrates	pH	Moisture content %	Ash %	Organic matter %	Phosphorus (P)%	Carbon (C) %	Nitrogen (N) %	Ratio C:N
Rabbit	8.16	12.66	35.62	64.38	1.04	37.34	2.46	15.18
sheep	8.32	11.76	39.55	60.45	0.59	35.06	2.99	11.73
cow	8.52	8.71	60.24	39.76	0.37	23.06	2.06	11.19
Pig	7.94	10.29	31.48	68.52	0.42	39.74	2.05	19.39
Poultry	5.88	6.84	63.27	36.73	0.6	21.31	1.82	11.71
Vegetable compost	6.84	3.43	84.4	15.6	0.06	9.05	1.07	8.46

Survival, growth performance, and organic substrate utilization by earthworm

Earthworms Survival rate

During the study, no mortality was observed in cow pig and rabbit dung. But in poultry, sheep dung and vegetable compost, the mortalities are observed. In vegetable compost the mortality was observed in the whole study period.

Growth performance and organic substrate utilization by earthworm

The different parameters of growth performance and organic substrate utilization by earthworm are given in Table 5.1.2.

Développement d'une pisciculture intensive de *Parachanna obscura* (Günther,1861) à base de vers de terreau
comme outil de traitement écologique des déchets organiques

Table 5.1.2 growth performance, and organic substrate utilization

Parameters	Poultry	Rabbit	Sheep	Cow	Pig	Compost
WI	30.00 ± 0.00 ^a	30.00 ± 0.00 ^a	30.00 ± 0.00 ^a	30.00 ± 0.00 ^a	30.00 ± 0.00 ^a	30.00 ± 0.00 ^a
NI	20.00 ± 0.00 ^a	20.00 ± 0.00 ^a	20.00 ± 0.57 ^a	20.00 ± 1.15 ^a	20.00 ± 0.00 ^a	20.00 ± 0.00 ^a
WF	64.66 ± 6.74 ^a	90.33 ± 14.49 ^b	35.00 ± 5.13 ^c	151.00 ± 9.71 ^d	135.33 ± 8.11 ^e	24.33 ± 2.33 ^f
NF	88.00 ± 6.92 ^a	203.00 ± 75.10 ^b	98.0 ± 13.56 ^c	281.00 ± 29.56 ^d	350.00 ± 26.34 ^e	48.00 ± 3.48 ^f
WMI	1.50 ± 0.00 ^a	1.50 ± 0.04 ^a	1.50 ± 0.04 ^a	1.50 ± 0.09 ^a	1.50 ± 0.00 ^a	1.50 ± 0.00 ^a
WMF	0.73 ± 0.02 ^a	0.44 ± 0.08 ^b	0.35 ± 0.01 ^c	0.53 ± 0.04 ^d	0.38 ± 0.03 ^e	0.50 ± 0.01 ^f
GR	0.38 ± 0.07 ^a	0.67 ± 0.16 ^b	0.05 ± 0.05 ^c	1.34 ± 0.11 ^d	117 ± 0.09 ^e	-0.06 ± 0.02 ^f
P	11.55 ± 2.24 ^a	20.11 ± 4.83 ^b	1.66 ± 1.71 ^c	40.33 ± 3.23 ^d	35.11 ± 2.70 ^e	-1.89 ± 0.77 ^f

Each value is mean ± SE of triplicates. Means on the same line followed by different superscripts are significantly different (P<0.05).

With:

Wi = Initial weight of the worms, **Wf** = Final weight of the worms, **Ni** = Initial number, **Nf** = final number, **P** = Produce (g/earthworm/kg of waste), **GR** = Growth rate (mg/worm/day), **WMI** = Initial Weight Mean, **WMF** = Final Weight Mean

The growth rate varied according to different organic waste ($P < 0.05$). This values ranged between -0.06 ± 0.02 (vegetable compost) and 1.34 ± 0.11 (cow dung).

In the first week, the growth was slow, the growth rate steadily increased thereafter and it reached its maximum during the 90th day, excepted vegetable compost where the growth has decreased (Fig 5.1.1).



Fig 5.1.1 Growth curves for earthworms (*Eisenia fetida*) in various organic substrate over a period of study (90 days)

The growth rate for *E. fetida* per g, per worm and per day (g/worm/day) are: cow dung (1.34 ± 0.11) > pig dung (1.17 ± 0.09) > rabbit dung (0.67 ± 0.16) > poultry dung (0.38 ± 0.07) > sheep dung (0.05 ± 0.05) > vegetable compost (-1.89 ± 0.77) (Fig 5.1.2).

The produce (worm g/ Kg substrate) was higher in cow dung (40.33 ± 3.23) and negative in compost vegetable (-1.89 ± 0.77) (Fig 5.1.3).

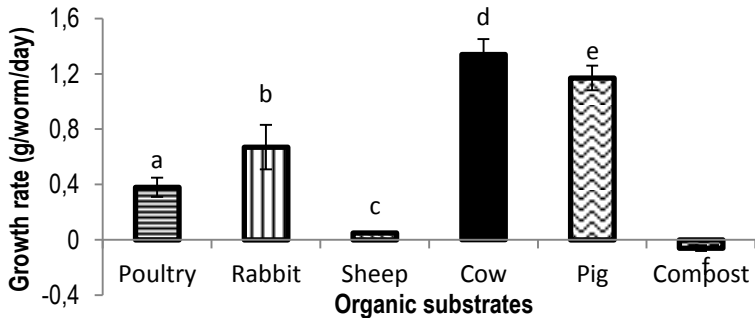


Fig 5.1.2 growth rate of *Eisenia fetida* on different organic substrates

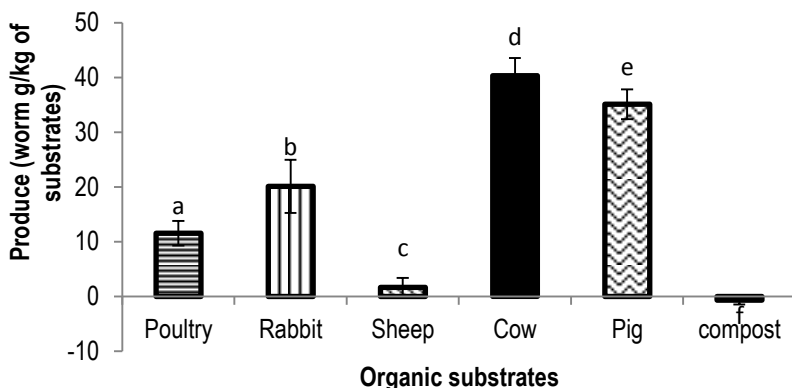


Fig 5.1.3 Produce of *Eisenia fetida* on different organic substrates

Discussion

Physico- chemical parameters of the substrates

The pH values of the organic substrates are alkaline for rabbit, sheep, cow and pig, ranging between 7.94 and 8.52. But the pH values of poultry (5.88) and plant compost (6.84) are acids. This acidity can be proved by highest rates in nitrogen and mineral in poultry manure (Sherman, 2003). The ash varied between 31.48 % (pig) and 84.4 % (vegetable compost). These values are

relatively high because the organic substrates used contained the sand, particularly the vegetable compost with 84, 4 %. The carbon in cow dung is higher compared to the carbon in cow dung used by (Bisht and *al.*, 2007) to evaluate the reproductive potential of the earthworms (*Metaphire posthuma*). The nitrogen ranged from 1.07% in vegetable compost to 2.56% in sheep dung. The C:N ratio of different organic substrates are in the range of 8.46 in vegetable compost to 19.39 in pig dung. The C:N ratio in cow dung is low compared to C:N ratio in cow dung used by (Garg and *al.*, 2005) to produce earthworms

Survival, growth performance, and organic substrate utilization by earthworm

During the study, no mortality was observed in cow pig and rabbit dung. But in poultry, sheep dung and vegetable compost, the mortalities were observed. The mortality in poultry dung was observed only in the first month of the study. The mortality in poultry might be due to the higher nitrogen and mineral content (Sherman,

2003). It can be proved by the anaerobic conditions which developed (Garg et al., 2005). In vegetable compost the mortality is observed in the whole study period. The mortality observed in vegetable compost can be proved by high sand (Ash: 84.4%) that contained in the vegetable compost.

Production depends on the biochemical quality of the feeds. Feeds which provide earthworms with sufficient amount of easily metabolizable organic matter and non-assimilated carbohydrates, favour growth and reproduction of earthworms (Edwards, 1988). The growth rate varied according to different organic waste ($P < 0.05$). This values ranged between -0.06 ± 0.02 (vegetable compost) and 1.34 ± 0.11 (cow dung). This variation can be proved by the palatability, the type and the quality of different substrates (Tripathi & Bhardwaj 2004; Gajalakshmi et al., 2005).

In the first week, the growth was slow, the growth rate steadily increased thereafter and it reached its maximum during the 90th day, excepted vegetable compost where the growth has decreased. The growth rate for *E. fetida*

per g, per worm and per day (g/worm/day) are: cow dung (1.34 ± 0.11) > pig dung (1.17 ± 0.09) > rabbit dung (0.67 ± 0.16) > poultry dung (0.38 ± 0.07) > sheep dung (0.05 ± 0.05) > vegetable compost (-1.89 ± 0.77). Several results have proved the use of cow dung in vermicomposting. Our results corroborate according to the use of cow dung in vermicomposting with the findings of Bhat et al., 2015 where the cow dung is mixed with the bagasse. But our results are different from that observed by (Garg et al., 2005), where the sheep dung results are the highest compared to the cow dung. This difference is due to the biomass gain by *E. fetida* who dependent on population density and food type (Neuhauser et al.,1980). In this study, earthworm biomass increased in all animal waste. Our results corroborate with the findings of Rathinamala et al. (2008) who reported increase in body weight of *Eisenia fetida* and *Eudrilus eugeniae* feeding on different organic waste. This increased in organic waste can be proved also by Presence of fungi during vermicomposting. Indeed, Pramanik & Chung (2011) have reported that the fungi in

vermicomposting become additional food to the worms which contributes to the higher weight of the worms.

The produce (worm g/ Kg substrate) was higher in cow dung (40.33 ± 3.23) and negative in compost vegetable (-1.89 ± 0.77). The negative produce obtained is due to the high mortality observed in this substrate. However, in another experiments, the produce was 34.0 ± 1.90 mg/g by *E. fetida* species in cow dung at 27 °C. In horse waste, produce by *P. excavatus* species was about 2 times higher than *E. fetida*. This difference could be due to the difference in species morphology and initial characteristics of the feed waste (Edwards et al., 1998).

Conclusion

The current study proved that animal wastes (cow, sheep, pig, rabbit and poultry) and vegetable compost can be used to produce the earthworm. But the growth and production depend on the biochemical quality of the substrates and the availability and facility for used a nutritive element. The first substrate favored by *Eisenia*

fetida among the animal wastes in this study is cow dung followed by pig dung.

Acknowledgements

This study was supported by the Ministry of Higher Education and Scientific Research of Republic of Bénin which provided a PhD grant to VODOUNNOU D. S. Juste Vital.

Competing interests

The authors declare that there is no conflict of interest.

Authors' contributions

All authors, VODOUNNOU, TOSSAVI, KPOGUE, MENSAH and FIOGBE, have made adequate effort on all parts of the work necessary for the development of this manuscript according to his/her expertise. All authors read and approved the final manuscript.

5-2: Effets des substrats sur la qualité nutritionnelle des vers de terreau

Effect of 5 animal manures (pig, poultry, rabbit, cattle, and sheep) on nutritional quality of earthworm meal (*Eisenia fetida*) in vermicompost

**Vodounnou D. S. Juste Vital^{1*}, Kpogue Diane N. S.²,
Djissou Arnould M. S¹., Mensah Guy Apollinaire³,
Fiogbe Emile Didier¹**

¹ Laboratory of Research on Wetland, Department of Zoology, Faculty of Sciences & Techniques, University of Abomey-Calavi, 01 BP 526 Cotonou Bénin

² Agriculture University of Ketou/ EAQ BP 43 Ketou Bénin

³ National Institute of Agriculture Research of the Bénin
01 BP 884 Cotonou Bénin

* Corresponding author's address:
justekingjv@gmail.com ; (229) 66533743

Article publié dans International Journal of Advanced Research 4(11), 1117-1122 DOI:10.21474/IJAR01/2192

Abstract

Earthworms were cultured with five animal manures firstly, harvested and dried. The aim of the study was to evaluate the effect of pig, poultry, rabbit, cattle, and sheep manures on the nutritional quality of earthworm meal. The Growth parameters of earthworm production and biochemical parameters of earthworm meal were determined. At the end of the study, the growth parameters of earthworm production and the biochemical parameters of earthworm meal varied with the different used substrates ($P < 0.05$). The produce (worm g/ Kg substrate) were: 41.33 ± 3.27 for cattle manure $> 36.11 \pm 2.70$ obtained in pig manure $> 22.11 \pm 4.73$ recorded in rabbit manure $> 10.55 \pm 2.28$ observed in poultry manure $> 2.66 \pm 1.61$ for sheep manure. The highest protein rate ($51.38 \pm 0.05\%$) in earthworm meal was obtained in pig manure and the lowest ($42.45 \pm 0.08\%$) sheep manure. The earthworm production and the biochemical quality of earthworm meal are greatly affected by the earthworm feeding substrates.

Key words: effect, animal manures, earthworm meal, nutritional quality

Introduction

The quality of the nutritional ingredient is essential for animal growth performance. Animal protein in animal feeds and in human food is essential for growth and health (Bhorgin and Uma, 2013). Earthworms are terrestrial invertebrates with thousands of species grouped into three categories according to their behavior in the natural environment (Vodounnou *et al.*, 2015). Its meal is as good as fish meal in terms of quality and has been found to be an efficient substitute for fish meal in domestic animal diets (Bhorgin and Uma, 2013). The potential nutrient value of earthworm has been studied by several authors. Safarkhanlo *et al.* (2009) working on *Dendrobaena veneta* found that the worm is a good nutrient element. According to Stafford and Tacon (1984), *Dendrodrilus subrubicundus* contains 65% crude protein. Earthworm meal is rich in amino acids and fat

acids Omega3 (Dynes, 2003). The content of lysine in earthworm flour is significant, representing the daily requirement of children between the age of 2 and 5 years (Segovia, 1996). The average earthworms have been shown to contain 60-70% crude protein and very little crude fibre (<5%) which result in a high concentration of highly digestible energy 16-17kJ/g (Sabine, 1983; Lee, 1985). Earthworms contain also significant amount of several minerals that are nutritionally important (Paoletti *et al.*, 2011).

Moreover, the earthworms are used through the urban, industrial and agricultural organics manure recycling with an aim of obtaining animal protein and vermicompost (Manyuchi and Phiri, 2013; Manyuchi *et al.*, 2014). It is produced by many organic manures such as animal manure. Pig, poultry, rabbit, cattle, and sheep manure can be used to produce earthworm (Vodounnou *et al.*, 2016). The chemical quality of these manures is different and this difference may influence the nutritional quality of ground worms produced with these manures. Earthworms are described as resources with high protein

content and protein quality which were shown to differ according to earthworm species and, to a lesser extent, the feed substrate (Tacon *et al.*, 1983; Stafford and Tacon, 1984; Sun *et al.*, 1997; Changguo *et al.*, 2006; Sogbesan *et al.*, 2007; Dong *et al.*, 2010; Tuan, 2010). It is proved also that the substrate of earthworm production can affect the earthworm productivity (Vodounnou *et al.*, 2016). The aim of this study is to evaluate the effect of these various animal manures (pig, poultry, rabbit, cattle, and sheep) on the nutritional quality of earthworm meal.

Materials and methods

Culture of earthworms

Earthworms were cultured in the Laboratory of Research on the Wetlands (LRZH) of the University of Abomey-Calavi. Different animal manures (pig, poultry, rabbit, cattle, and sheep) were collected from animal farms in Abomey-Calavi. The animal manures were used 14 days after the collection, because pre-composting is very essential to avoid the death of the worm (Gunadi and

Edwards, 2003). Moisture, ash, total carbon, organic matter, nitrogen and total phosphorus were analyzed in the different substrates before the study (Table 5.2.1). During the study, parameters such as temperature and pH were measured every week. The study was carried out in triplicate (5 X3) in jar of 12l content for 3 months. In each jar, 2kg of substrate and 30g of mature earthworms were sown. Each month, 500g of substrate were completed in each jar. The harvesting of earthworm was done after the 3 month production time (Vodounnou *et al.*, 2015).

Growth parameters

Growth parameters: Growth rate and Produce have been calculated

$$GR = \frac{fw-iw}{t2-t1}$$

$$P = \frac{fw-iw}{q}$$

With:

IW = Initial weight of the worms, **FW** = Final weight of the worms, **t1** = Start time of the experiment (in days), **t2** = End period of the experiment (in days), **Q** = Total manure (in kg), **P** = Produce (g/earthworm/kg of manure), **GR** = Growth rate (g worm/day)

Earthworm nutritional quality

After harvesting, the earthworm were dried and proximate composition of different substrates used to produce earthworm were analyzed for crude protein, Nitrogene , ash and humidity content according to Association of Analytical Chemist methods AOAC (2000).

Statistical analysis

Differences in growth rate, Produce earthworm and proximate composition of earthworm meal in different substrates, were tested by one-factorial ANOVA with StatView software after verifying the homogeneity of variances using "Hartley's test". Significant differences

between treatments means ($P < 0.05$) were determined using Fisher's least-significant difference test (Saville, 1990). Results are given as means \pm standard error.

Results

Proximate composition of the substrates

The moisture in the organic substrate, before its utilization, varied between 6.84% (poultry) and 12.66% (rabbit). The ash varied between 31.48 % (pig) and 60.24 (cattle) % (Table 5.2. 1). The carbons of different organic substrates were in the range of 21.31% in poultry to 37.34% in rabbit manure. Phosphorus content ranged from 0.37% in cattle manure to 1.04% in rabbit manure. The nitrogen ranged from 2.05% in pig to 2.56% in sheep manure. The C:N ratio of different organic substrates were in the range of 11.19 in cattle manure to 19.39 in pig manure.

Table 5.2.1: Proximate composition of the substrates

Organic substrates	Moisture content %	Ash %	Organic matter %	Phosphorus (P)%	Carbon (C) %	Nitrogen (N) %
Rabbit	12.66	35.62	64.38	1.04	37.34	2.46
sheep	11.76	39.55	60.45	0.59	35.06	2.99
cattle	8.71	60.24	39.76	0.37	23.06	2.06
Pig	10.29	31.48	68.52	0.42	39.74	2.05
Poultry	6.84	63.27	36.73	0.6	21.31	1.82

Growth performance and organic substrate utilization

The study started with earthworm production (*E. fetida*) with five animal manures. The growth performance and organic substrate utilization (final weight and growth rate) after harvesting are observed and treated (Table 5.2. 2). The earthworm growth rate and production were determined according to different animal manures ($P < 0.05$). Growth rate values ranged between 0.06 ± 0.06 (sheep manure) and 1.44 ± 0.13 (cattle manure) (Table 5.2. 2).

Table 5.2. 2: growth performance, and organic substrate utilization

Parameters	Poultry	Rabbit	Sheep	Cattle	Pig
IW (g)	30.00 ± 0.00 ^a	30.00 ± 0.00 ^a	30.00 ± 0.00 ^a	30.00 ± 0.00 ^a	30.00 ± 0.00 ^a
FW (g)	65.64 ± 6.76 ^a	92.33 ± 14.59 ^b	36.00 ± 5.23 ^c	152.00 ± 9.72 ^d	136.33 ± 7.11 ^e
GR (g worm/day)	0.39 ± 0.06 ^a	0.69 ± 0.14 ^b	0.06 ± 0.06 ^c	1.44 ± 0.13 ^d	1.27 ± 0.08 ^e

Each value is mean ± SE of triplicates. Means on the same line followed by different superscripts are significantly different (P<0.05).

The produce (worm g/ Kg substrate) were: (41.33 ± 3.27) for cattle manure > (36.11 ± 2.70) for pig manure > (22.11 ± 4.73) for rabbit manure > (10.55 ± 2.28) for poultry manure > (2.66 ± 1.61) for sheep manure. The highest produce was observed with cattle manure (Fig 5.2. 1)

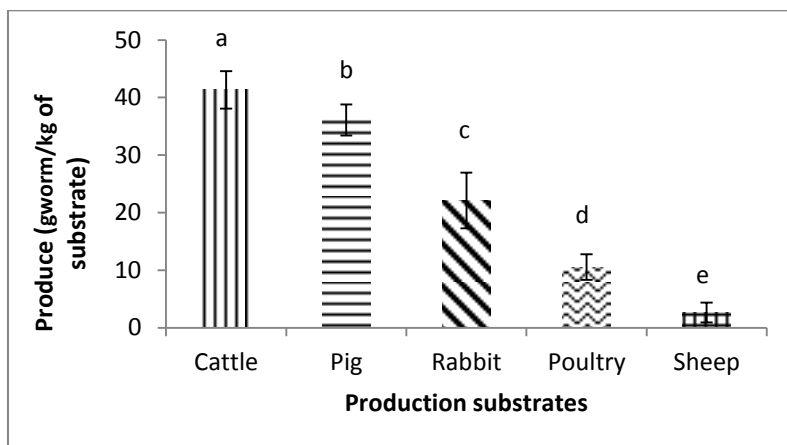


Fig 5.2.1: Produce of earthworm production

Proximate composition of earthworm meal

The proximate composition of earthworm meal (humidity, Nitrogen, protein and ash) varied with the different used animal manures ($P < 0.05$). The nutritional status of earthworm dried powder was shown in Table 5.2. 3. At the end of the study, the pig manure earthworm meal has the highest protein contents. Protein values in earthworm meals ranged between 51.38 ± 0.05 % (pig manure) and 42.45 ± 0.08 % (sheep manure) (Fig 5.2. 2)

Table 5.2. 3: Proximate composition of earthworm meal with different substrates

Parameters	cattle	Rabbit	Sheep	Pig	Poultry
humidity	86.09±0.02 ^a	85.15±0.5 ^b	84.40±0.5 ^c	86.41±0.05 ^d	84.5±0.05 ^c
Ash	18.38±0.05 ^a	14.56±0.05 ^b	18.55±0.05 ^c	13.51±0.05 ^d	20.95±0.03 ^e
Nitrogen	6.81±0.08 ^a	7.28±0.05 ^b	6.79±0.05 ^a	8.22±0.05 ^c	7.37±0.05 ^b

Each value is mean ± SE of triplicates. Means on the same line followed by different superscripts are significantly different (P<0.05).

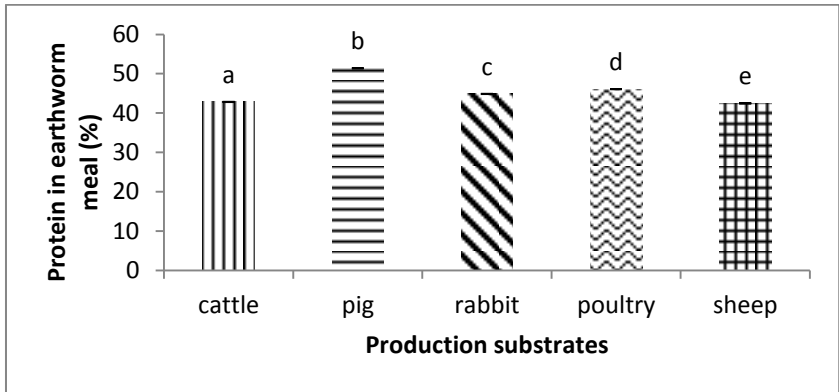


Fig 5.2. 2: Protein rate in earthworm meal with different production substrates

Ash (%) were: 20.95 ± 0.03 for poultry manure > 18.55 ± 0.05 for sheep manure > 18.38 ± 0.05 for cattle manure > 14.56 ± 0.05 for rabbit manure > 13.51 ± 0.05 for pig manure (Table 5.2. 3).

DISCUSSION

Earthworm production

Earthworm production depends on the biochemical quality of the feed substrates (Edwards, 1988). The animal manures used in this study don't have the same biochemical quality. At the end of this production, the growth rate and produce varied in the different used feed substrates ($P < 0.05$). The growth rate ranged between 0.06 ± 0.06 g worm/day (sheep manure) and 1.44 ± 0.13 g worm/day (cattle manure), and produce ranged between 2.66 ± 1.61 worm g/ Kg substrate for sheep manure and 41.33 ± 3.27 worm g/ Kg substrate for cattle manure. This variability of results in feed substrates can be proved not only by the biochemical quality of the feed substrates but also by the capacity of substrates to provide earthworms with sufficient amount of easily metabolizable organic matter and non-assimilated carbohydrates (Edwards, 1988) and the palatability of different substrates (Tripathi and Bhardwaj 2004; Gajalakshmi *et al.*, 2005). The higher growth rate (1.44 ± 0.13 g worm/day) and higher produce (41.33 ± 3.27

worm g/ kg substrate) obtained in this study are similar to that obtained by Vodounnou *et al.* (2016) in their study entitled: effect of animal waste and vegetable compost on production and growth of earthworm (*Eisenia fetida*) during vermiculture where the higher growth rate and produce were respectively 1.35 ± 0.11 g worm/day and 40.32 ± 3.24 worm g/kg substrate. The higher produce and growth rate in the two studies agree that cattle manure is good for vermiculture. Others results like that of Bhat *et al.* (2015) proved that cattle manure mixed with the bagasse is also used in vermicompost.

Proximate composition of earthworm meal in different substrates

Earthworm is an animal species rich in protein. Earthworm meal is more rich in protein than fish meal and meat meal (Dedeke *et al.*, 2010). For its quality it has been found to be an adequate replacement of fish meal in aquaculture and animal production. Protein content in earthworm meal is higher compared to the protein in fish meal, of: *Salmo gairdneri*, *Sarotherodon melanotheron*, *Channa striatus*, *Snakehead murrel* and *Parachanna*

obscura (Kinsella *et al.*,1984, Baliu *et al.*, 2007, Zuraini *et al.*,2006, Narhasan 2008, Ama-Abassi, 2013). Proximate composition of earthworm meal depends on the biochemical quality of the feed substrates. In this study, proteins, Nitrogen and ash varied with the different used feed substrates ($P < 0.05$). The highest protein content in earthworm meal in this study was obtained with pig manure $51.38 \pm 0.05\%$ and lowest with sheep manure ($42.45 \pm 0.08\%$). The higher protein content in earthworm meal induced by pig manure in this study can be ascribed to by the high organic matter and Carbon content of this manure compared to the other substrates. This result is different from that obtained by Shakorian (1991) where the protein in same species that our study (*E. fetida*) is 59%. These two studies proved that earthworm feeding with the substrates, affect not only the production, but also the proximate composition of earthworm. But the earthworm species also affect the nutritional quality of earthworm. The crude protein of *Lumbricus terrestris* is 32.60% (Julendra, 2003), earthworm meal of *Perionyx excavatus* contained 57.2%

crude protein (Tram et al., 2005). The same observation is reported with ash in earthworm meal. The ash rate varied with earthworm feeding substrates ($P < 0.05$). It is ranged between 20.95 ± 0.03 % (poultry manure) and 13.51 ± 0.05 % (pig manure).

Conclusion

The nutritional analysis of earthworm meal in this study proves that earthworm can be used for fish meal and meat meal substitution in fish and animal diets. But the earthworm production and the biochemical quality of earthworm meal are affected by earthworm feeding substrates.

Acknowledgements

This study was supported by the Ministry of Higher Education and Scientific Research of Bénin Republic which provided a PhD grant to D.S. Juste Vital VODOUNNOU. The authors of this paper would also like to thank the Béninese National Institute of Agricultural Research (INRAB) for their support.

Chapitre 6 : Essais de nutrition sur les alevins de *P. obscura*

6-1 Substitution de la farine de poisson par la farine des vers de terreau dans l'alimentation des alevins de *P. obscura*

Culture of earthworm (*Eisenia fetida*), production, nutritive value and utilization of its meal in diet for *Parachanna obscura* fingerlings reared in captivity

Vodounnou DS Juste Vital^{1*}, Kpoguè Diane NS², Mensah Guy Apollinaire³ and Fiogbe Emile Didier¹

* Correspondence author : justeking@yahoo.fr

1 UAC/FAST/LRZH 01 BP 526 Cotonou Bénin

2 UAK BP 43 Kétou Bénin

3 INRAB Bénin

Affiliation details

UAC: University of Abomey-Calavi

FAST: Faculty of Science and Techniques

LRZH: Laboratory of Research in the Wetlands

INRAB: Bénin National Agricultural Research Institute,

UAK: Agricultural University of Ketou

Article publié dans *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies* 2016; 4(5): 01-05

Abstract

The impact of the substitution of fish meal (FM) with earthworm meal (EM) in *Parachanna obscura* fingerlings diets was investigated for 42 days. Growth parameters, nutrient utilization and economical incidence of the fish were measured. Earthworms were cultured using animal wastes for 90 days and harvested, dried and stored. Five triplicate groups of fingerlings with initial average body weight of 1.13 ± 0.05 g were respectively fed with earthworm meal containing 0, 25, 50, 75 and 100% isonitrogenous diet (45% crude protein). The fish were reared in 15 circular tanks which volume of 90 l each, at a density of 20 fingerlings per tank. Better growth rate and feed conversion efficiency were obtained with the fish's diet containing 50% of earthworm meal. Feed efficiency, protein efficiency rate and specific growth rate between the groups of fish fed with 25% and 50% EM content diets were statistically similar ($p > 0.05$).

Keywords: earthworm meal, culture, growth performance, feed utilization and *Parachanna obscura*

Introduction

Aquaculture is an important economy generating activity worldwide. It generates employment in rural areas and also provides food security (Ogunremi and Obasa 2009). More than half of the fish consumed in the world is provided by aquaculture (Naylor *et al.* 2009).

Among African Snakeheads, *Parachanna obscura* is the most common (Bonou and Teugels 1985). Its rapid growth potential (2 g/day), tasty flesh, few bones, tolerance of high stocking density, utilization of atmospheric oxygen for respiration in water with low dissolved oxygen and high ammonia levels, make it a desirable species for culturing (Gras 1961;). Dietary protein requirement, feeding rate requirement, optimum stocking density of *P. obscura* have been previously studied (Kpoguè, 2013). Because of the worldwide application of FAO capture fishery down regulation

measure (FAO 2012), the permanent availability of fish meal the main protein source for fish feeding, is problematic. In contrast, the development of global fish supply is increasing the demand for feed resources, especially high quality protein and lipid feed such as fish meal and fish oil (Naylor *et al.*, 2009, Tacon and Metian 2009). As a result, fish meal prices are constantly rising, adversely affecting the profitability of aquaculture enterprises and increasingly forcing the aquaculture industry to explore new raw material like insects, worms and vegetable oils that can be used to feed fish. Earthworm meal was used in replacement of fish meal in plant based feeds for common carp in semi-intensive aquaculture (Pucher *et al.*, 2014). Such previous studies include the replacement of fish meal with Kikuyu grass and Moringa's Leaves (Hlophe and Moyo 2014) and the substitution of fish meal with the earthworm meal (*Eudrilus eugeniae*) to feed the fingerlings of *Heteroclinus* (Monebi *et al.*, 2012).

Among the many earthworm species which could be used for fish meal substitution. *Eisenia fetida* is the one which

supports tropical climatic conditions (Tomlin 1981; Lee 1985; Curry 1998). According these authors, these species can reproduce normally at a temperature ranging between 20 and 29 °C. This epigeic earthworm lives on soil surface, and mainly feeds on plant litter and other organic debris. Consequently, these earthworms are the most suitable for converting organic wastes into useful organic manures (Chattopadhyay 2012; Vodounnou 2016). This species is rich in amino acids and fatty acid such as Omega 3 (Dynes 2003). Some of the difficulties of aquaculture are the unavailability, the poor nutritive quality and the expensive cost of fish meal. Yet, because of its nutritional quality and palatability properties, this feedstuff is still the main dietary protein source (Hardy and Tacon 2002). The aim of the current study is to evaluate the effect of fish meal substitution with earthworm meal in *Parachanna obscura* fingerlings diet.

Materials and methods

Culture and meal production of earthworms.

Earthworms were cultivated in a mixture of dungs from (cow, sheep and rabbit) in 24 concrete cylindrical tanks

(118 cm x 40 cm x 55 cm) for 90 days. The animal wastes were collected from farms located in Abomey-Calavi Bénin. Because pre-composting is very essential to avoid the death of the worm (Gunadi and Edwards 2003), dung was used 14 days after collection. Adults of *E. fetida* (clitella accented) weighting 0.7 to 1.2 g and measuring 7 to 8 cm in length were collected from garbages at the National Institute of Agricultural Research of Bénin (INRAB). The experiment lasted for 90 days. Substrate mixture was inoculated to 20.62 ± 1.12 g of adult earthworms at a depth of 10 cm. During the study period substrate moisture was maintained by sprinkling water on the dung daily. The earthworms were weighed and rinsed with pure water and put into in bowl which was placed in a freezer. After drying them by using a lyophilisator, the dry matter was ground with a mill and then, stored at 0 -20 °C.

Use of earthworm meal in *P. obscura* fingerlings diet

A total of 300 fingerlings of *Parachanna obscura* (mean weight: 1.13 ± 0.05 g) were provided by the Laboratory of Wetland Research of Abomey-Calavi University in

Bénin.

The study was carried out for 42 days in 15 circular concreted tanks containing 90 l of water each under atmospheric conditions. Five isocaloric experimental diets were formulated to meet the nutrient requirements of *P. obscura* fingerlings (Kpoguè 2013). Fish meal in the control diet was replaced with earthworm meal at the inclusion level of 25, 50, 75 and 100 (Table 6.1.1). Each experimental diet was assigned three tanks at a density of 20 fingerlings per tank. The feed was distributed at a rate of $5.01(\text{fish biomass})^{-0.23}$ (Kpoguè, 2013). The fingerlings were fed three times a day (Kpoguè, 2013) and the fish were examined weekly (7days).

Table 6.1.1: Formulation of experimental diets

Ingredients	Experimental diets				
	A0	A 25	A50	A75	A100
Cotton bran meal	20	20	20	20	20
Maize meal	12	12	12	12	12
Fish meal	45	33.75	22.5	11.25	0
Earthworm meal	0	11.25	22.5	33.75	45
Soy bean meal	17	17	17	17	17
God fish liver oil	2	2	2	2	2
Premix(min – vit)*	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Ferrous sulphate	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Carboxymethylcellulose	1	1	1	1	1

* premix (vitamin – mineral) contains (%): Vitamin A 4 000 000 U.I; Vitamin D 800 000 U.I; Vitamin E 40 000U.I; Vitamin K3 1600 mg; Vitamin B1 4 000 mg; Vitamin B2 3 000 mg; Vitamin B6 3 800 mg; Vitamin B12 3 mg; Vitamin C 60 000 mg; Biotin 100 mg; Inositol 10 000 mg Pantothenic acid 8 000 mg; Nicotinic acid 18 000 mg; Folic acid 800 mg; Choline chloride 120 000

mg; Cobalt carbonate 150 mg; Ferrous sulphate 8 000
mg; Potassium iodide 400 mg; Manganese oxide 6 000
mg; Copper 800 mg; Sodium selenite 40 mcg; Lysine 10
000 mg; Methionine 10 000 mg; Zinc sulphate 8 000 mg

Biochemical analysis

Temperature, pH and dissolved oxygen were monitored daily with a thermometer, a pH meter and an oxygen meter respectively.

Using the Association of Analytical Chemist methods (AOAC), (2000), the proximate composition of the diets was analyzed for crude protein, crude lipid and gross energy. Fish carcasses were analyzed for crude protein before and after experiment. The amino-acids and crude protein of the earthworms were determined in laboratory of aquatic animal nutrition of the Faculty of Fishery of Kagoshima University in Japan.

Data and statistical analysis

At the end of the experiment, different parameters were calculated:

Specific Growth Rate (SGR; %/d) = $100 \times [\text{Ln} (\text{Final Body Weight (g)}) - \text{Ln} (\text{Initial Body Weight (g)})] / \text{Duration (days) of the experiment}$

Feed Efficiency (FE) = $(\text{FB} + \text{DB} - \text{IB}) / \text{FD}$, Survival Rate (SR, %) = $100 \times \text{FN} / \text{IN}$;

Condition factor (K %) = $100 \times \text{Final Body Weight} / L^3$,
Protein Efficiency Ratio (PER) = $(\text{FB} - \text{IB}) / (\text{FD} \times \text{Dietary Protein})$, Protein Productive Value (PPV) = $100 \times (\text{Final Protein in fish} - \text{Initial Protein in Fish}) / (\text{Total Feed Intake per Fish} \times \text{Dietary Protein})$.

With:

IB: Initial Biomasses (g), FB: Final Biomasses (g), DB: Dead fish Biomass (g), FD: Feed Distributed (g), IN: Initial Number, FN = Final Number, L: Fish Length (cm).

The data were analyzed using a one-way analysis of variance (ANOVA) with the facilities of STATVIEW version 5.01 software, after the verification of variance homogeneity, using Hartley's test. Significant differences among means were determined using Fisher's test $p = 0.05$ significance level.

Results

During the study, the water temperature, the dissolved oxygen and the pH averaged 27.60 ± 0.36 °C, 6.26 ± 0.23 mg/l⁻¹ and 6.67 ± 0.13 respectively.

Crude protein and essential amino acids profile of earthworm meal are presented in Table 6.1.2.

Table 6.1.2: Amino acids and crude protein composition in earthworm meal

Aminoacids	Values (%)
Threonine	1.76
Valine	1.32
Methionine	0.76
Isoleucine	1.16
Leucine	3.12
Phenylalanine	1.84
Histidine	1.36
Tryptophane	0.12
Lysine	2.68
Arginine	2.84
Crude Protein	56.90%

The chemical composition and the gross energy (kJ/g⁻¹) of each experimental diet are presented in Table

6.1.3. The different diets used were isonitrogenous and isolipidic. The crude protein content of the diets ranged from 44.40 (A100) to 44.85(A0) and lipid between 7.36 (A100) and 7.63(A0). The gross energy varied from 17.18 (A0) to 18.13 (A100).

Table 6.1.3: Proximate composition of experimental diet

Parameters	Experimental diets				
	A0	A 25	A50	A75	A100
Crude Protein (%)	44.85	44.84	44.62	44.51	44.40
Crude Lipid (%)	7.63	7.57	7.50	7.43	7.36
Gross Energy (kj/g)	17.78	17.81	17.92	18.05	18.13

Before the experiment, the initial levels of proximate proteins in the carcasses were measured (50.27±0.71 %). After the experiment, the different proteins in carcasses in each diet were also determined (Table 6.1.4). Significant differences were observed among proximate proteins in carcasses $p < 0.05$. The effect of different

diets on growth performance parameters was determined. The lowest Final Biomass (FB), Specific Growth Rate (SGR) were obtained with A100 diet whereas the highest values of these parameters were obtained with fingerlings fed with A25 and A50 (Table 6.1.4). The Protein Efficiency Rate ranged from 0.53 ± 0.02 (A100) to 1.29 ± 0.08 (A50). The Protein Productive Value exhibited significant differences ($P<0.05$). The highest Protein Productive Value (10.08 ± 0.85) was observed with A50 diet (Table 6.1.4).

Développement d'une pisciculture intensive de *Parachanna obscura* (Günther,1861) à base de vers de terreau comme outil de traitement écologique des déchets organiques

Table 6.1.4: Growth performances, feed utilization and body composition of *P. obscura* fingerlings fed with experimental diet

Parameters	A0	A25	A50	A75	A100
IB (g)	21 ± 0.00 ^a	22.33 ± 1.15 ^a	22.33 ± 1.15 ^a	23.00 ± 1.00 ^a	24.00 ± 1.00 ^a
FB (g)	39.33 ± 2.52 ^a	54.33 ± 4.5 ^b	54.33 ± 7.02 ^b	41.66 ± 0.58 ^a	31.66 ± 3.06 ^c
SGR (%/d)	1.50 ± 0.15 ^a	2.11 ± 0.11 ^b	2.11 ± 0.14 ^b	1.45 ± 0.14 ^a	0.74 ± 0.06 ^c
FE	0.39 ± 0.04 ^a	0.57 ± 0.02 ^b	0.58 ± 0.03 ^b	0.36 ± 0.02 ^a	0.24 ± 0.02 ^c
PI (g)	50.27 ± 0.71 ^a	50.27 ± 0.71 ^a	50.27 ± 0.71 ^a	50.27 ± 0.71 ^a	50.27 ± 0.71 ^a
PF (g)	51.01 ± 0.10 ^a	52.15 ± 1.17 ^b	53.09 ± 0.08 ^b	50.93 ± 2.03 ^a	50.87 ± 0.04 ^a
PER	0.88 ± 0.03 ^a	1.27 ± 0.06 ^b	1.29 ± 0.08 ^b	0.81 ± 0.02 ^a	0.53 ± 0.02 ^c
PPV	3.57 ± 0.13 ^a	7.55 ± 0.76 ^b	10.08 ± 0.85 ^c	2.77 ± 0.13 ^a	3.72 ± 0.13 ^a
K(%)	0.81 ± 0.09 ^a	0.82 ± 0.01 ^a	0.80 ± 0.03 ^a	0.81 ± 0.07 ^a	0.79 ± 0.03 ^a
SR (%)	100 ± 0.00 ^a	100 ± 0.00 ^a	100 ± 0.00 ^a	98.33 ± 1.67 ^a	96.66 ± 3.33 ^a

Each value is mean ± SE of triplicates. Means on the same line followed by different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

Variation of Feed Efficiency (FE) among the experimental diets is shown in Fig 6.1.1. The FE of the experimental diet were significantly different ($p < 0.05$). The lowest FE was obtained with A100 whereas the highest values were recorded with A25 and A50. The body composition showed that the experimental diets have significant impact of the crude proteins in the carcass of *P. obscura* fingerlings ($p < 0.05$). The highest crude Protein in Final carcass (PF) was obtained with diets A25 and A50. No significant difference was found between PF for fish fed diets A0, A75 and A100 ($p > 0.05$)

Développement d'une pisciculture intensive de *Parachanna obscura* (Günther,1861) à base de vers de terreau comme outil de traitement écologique des déchets organiques

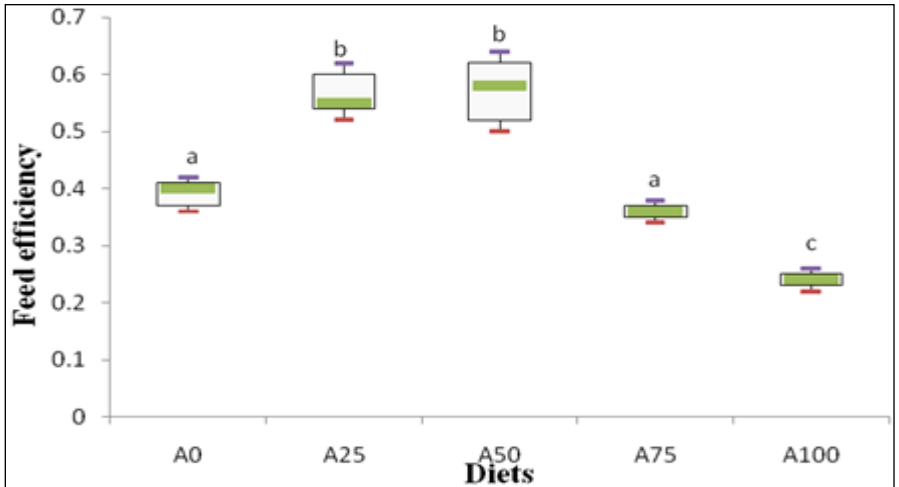


Fig 6.1.1: Effect of earthworm meal inclusion level on feed efficiency

Discussion

This study showed the importance of earthworm meal as an animal protein capable of supplementing the diet of *P. obscura* fingerlings. The physico-chemical parameters in our study were monitored within the suitable range for tropical fish, indicating that environmental conditions of the fish during the experimental period were adequate (Sogbessan *et al.* 2007). The different parameters like temperature (27.60 ± 0.36 °C), the dissolved oxygen (6.26 ± 0.23 mg/l⁻¹) and the pH (6.67 ± 0.13) have been recorded in our study. These results are accepted by *P. obscura* in natural environment (Bonou and Teugels 1985; Riehl and Baensch 1991).

The fish average survival rate (98.99 ± 0.22) can be explained by the higher physico-chemical quality in the rearing environment and the good quality of different diets. This result is in agreement with the study of Kpoguè (2013) on the *P. obscura* fingerlings reared in captivity.

The high specific growth rate (2.11 ± 0.11) obtained with

A25 and A50 diets are similar to that reported (2.55 ± 0.04) by Kpoguè (2013) in *P. obscura* fingerlings. This value also agreed with the results that Monebi and Ogwumba (2012) obtained while studying the utilization of the earthworm *Eudrilus eugeniae* in the diet of *Heteroclaris* fingerlings where the optimum inclusion level of the earthworm meal in diet was 25%. Similar results were also reported in a study by Dedeke *et al.*, (2013). According to Sogbessan *et al.* (2007), the optimum inclusion level of the earthworm (*Hyperiodrilus euryaulos*) meal in diet of *Heterobranchus longifilis* fingerlings have ranged from 7.5% to 25%. Our data is different from their results where the optimum inclusion level of earthworm meal in diet of *P. obscura* fingerlings ranged between 25% and 50% because of the carnivorous characters of African snakehead (*P. obscura*) is contrary to the omnivorous characters of *Heterobranchus longifilis*.

The high feed efficiency (0.58 ± 0.03) is obtained with A50 diet (50% inclusion level). The poor feed efficiency (0.24 ± 0.02) was obtained with A100 diet. This result

can be explained by hemolytic factors in the coelom fluid of *Eisenia fetida* (Medina *et al.* 2003; Kostecka and Paczka 2006). Indeed, Coelomic fluid was shown to play an important role in the immune reactions of earthworms and also can affect the immune reactions in other animals treated with coelomic fluid. The coelomic fluid of *Eisenia fetida* has toxic effects on fish (Kobayashi *et al.*, 2001). Lysenin, a component of the coelomic fluid, produce toxic effects (Kobayashi *et al.*, 2001, Kobayashi *et al.*, 2004).

The diet have a significant impact on the protein efficiency rate ($p < 0.05$). The high value (1.29 ± 0.08) obtained in our study with 50% inclusion level is close to the 1,52 obtained by Sogbessan *et al.*, (2007) on earthworms as animal protein, where 25% of fish meal was supplement e by earthworm meal in the diet of *Heterobranchus longifilis* fingerlings. Our study agreed with the one on *Heteroclaris* fingerlings fed with earthworm meal in hatchery tanks where the best protein efficiency rate (0.6) was observed when 50% of fish meal was replaced by earthworm meal (Olele 2011).

Other studies showed that fish meal can be replaced in diets for carnivorous fish species (Chou *et al.* 2004; Lim *et al.* 2004; Hernandez *et al.* 2006; Pham *et al.* 2007; Lim and Lee 2008). Particularly, fish meal can be substituted by animal proteins or vegetable proteins (Hlophe and Moyo 2014, Pucher *et al.* 2014). Earthworm is an alternative protein source in fish diet and can replace fish meal (Hasanuzzaman *et al.* 2010). The protein quality of earthworm meal is comparable to that of fish meal with high levels of essential amino acids for fish (Tacon *et al.* 1983; Tacon and Metian 2009; Dong *et al.* 2010; Tuan 2010; NRC 2011). This efficiency of earthworm meal was also proved in a study where it was used to feed tilapia post larvae (Chaves *et al.* 2015). However, this efficiency of earthworm meal can depend on the earthworm species and the feed substrate (Tacon *et al.* 1983; Stafford and Tacon, 1984; Sun *et al.* 1997; Changguo *et al.* 2006; Sogbesan *et al.* 2007; Dong *et al.* 2010; Tuan 2010).

Conclusion

The inclusion of earthworm meals in the diets of *P. obscura* have significant and positive impact on the growth performance of sneakheads; therefore suggesting that earthworm meal is suitable as a protein source in the diet of *P. obscura* fingerlings.

Acknowledgements

This study was supported by the Ministry of Higher Education and Scientific Research of Bénin Republic which provided a PhD grant to D.S. Juste Vital VODOUNNOU. The authors of this paper would also like to thank the Béninese National Institute of Agricultural Research (INRAB) for their support.

6-2 Performances zootechniques des alevins de *P. obscura* nourris avec des régimes à base de vers de terreau produits avec différents substrats.

Effet des substrats de production des vers de terreau sur les paramètres zootechniques et l'utilisation de l'aliment chez les alevins de *P. obscura* nourris avec des régimes à base de vers de terreau produits avec différents substrats.

D. S. J. V. VODOUNNOU^{1*}, D. N. S. KPOGUE², G. A. MENSAH³ & E. D. FIOGBE¹

1Laboratoire de Recherche sur les Zones Humides (LRZH) 01 BP 526 Cotonou République du Bénin

2Université d'Agriculture de Kétou (UAK) BP 43 Kétou

3 Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB)

*Auteur correspondant : VODOUNNOU D.S. Juste Vital, Laboratoire de Recherche sur les Zones Humides (LRZH) 01 BP 526 Cotonou République du Bénin

justeking@yahoo.fr

Article soumis dans le Cahier d'Agriculture

Résumé

L'effet des substrats sur les performances zootechniques et l'utilisation de l'aliment des alevins de *P. obscura* nourris avec des régimes à base de vers de terreau a été déterminé dans cette étude pendant 42 jours. Les vers de terreau ont été produits pendant 3 mois avec des déjections des animaux à savoir : les crottes d'ovins, les crottes de lapin, les fientes de volaille, la bouse de vache et la déjection de porc. Le taux de protéine a été déterminée dans la farine de ces vers de terreau produits avec différents substrats. Des différences significatives ont été observées en fonction des substrats ($P < 0,05$). Les alevins de *P. obscura* (375) de poids moyen initial $1,09 \pm 0,08$ g ont été utilisés à raison de 25 par bassin. Les traitements (5) avec trois répétitions ont été appliqués. A la fin de l'expérimentation, les résultats obtenus ont montré que les différents traitements ont eu un effet significatif ($P < 0,05$) sur les performances zootechniques et les paramètres d'utilisation de l'aliment. Le taux de survie a été de 100% au niveau de tous les traitements. Les valeurs les plus grandes du Taux de

Croissance Spécifique et de L'Efficacité Alimentaire sont respectivement $3,05 \pm 0,26\%/J$ et $0,63 \pm 0,04$. Ces valeurs ont été obtenues avec le traitement qui a subi l'incorporation de la farine des vers de terreau produits avec la déjection de porc.

Mots clés : Substrat de production, vers de terreau, paramètres zootechniques, *P. obscura*

Introduction

Au cours des trois dernières décennies, la production mondiale de poisson d'élevage destinée à la consommation a été multipliée par 12, avec un taux de croissance annuel moyen de 8,8 pour cent avec un intérêt particulier pour les poissons d'eaux douces. En effet, les poissons d'eau douce dominent la production aquacole mondiale et représentent environ 56,4 % soit 33,7 millions de tonnes de la production aquacole totale (FAO, 2012). Cette croissance de la production aquacole se justifie par l'intérêt porté à ce secteur qui est dû à la pression démographique et à la transformation de 50% des produits de la pêche en huile et farine servant à l'alimentation animale dont les poissons d'élevage

(Morin, 2006 ; Subasinghe, 2006). L'intérêt porté à l'aquaculture d'eau douce est beaucoup plus lié à sa facilité, à l'accès facile et moins coûteux à ses infrastructures et aussi l'inaccessibilité de certains pays à une façade maritime.

En Afrique, l'aquaculture en eau marine est moins développée et est pratiquement inexistante en Afrique de l'Ouest et plus particulièrement au Bénin où elle est inexistante surtout en pisciculture. L'aquaculture en eau douce pratiquée au Bénin fait appel aux espèces phare communément élevées, qui sont du genre *Tilapia* et *Clarias*. Or, la promotion de la pisciculture passe par sa diversification. Selon Fiogbé (1985) ; Toko (2007) et Montchowui (2009), le développement de la pisciculture béninoise nécessite la promotion d'espèces autochtones bien adaptées aux conditions locales. En plus des poissons déjà élevés au Bénin, *Parachanna obscura*, est une espèce menacée de disparition (Lalèyè *et al.*, 1997), et fortement appréciée par les consommateurs (FAO, 2001). *P. obscura* a une croissance rapide, une bonne rusticité, une bonne résistance au stress, une grande

valeur commerciale et une haute valeur nutritive (Bonou & Teugels, 1985 ; Bolaji *et al.*, 2011 ; Odo *et al.*, 2012 ; Ama – Abasi & Ogar, 2013). Une contribution à sa domestication en passant par la détermination de ses besoins nutritionnels ainsi que ses densités de mise en charge a été réalisée au Bénin (Kpoguè, 2013). Pour faire la promotion de cette nouvelle espèce face au déficit de la farine de poisson de bonne qualité pour la pisciculture béninoise, une substitution de la farine de poisson par la farine de vers de terreau a été réalisée (Vodounnou *et al.*, 2016 b). En effet, la farine de poisson constitue un ingrédient essentiel dans la composition des aliments aquacoles à cause de sa richesse en acides aminés essentiels, en acide gras essentiels, en vitamines, et en minéraux (Samocho *et al.*, 2004, Kristofersson & Anderson 2006, Muzinic *et al.*, 2009). Les vers de terreau ont une composition en acides aminés comparable à celle de la plupart des protéines d'origine animale (Navarro *et al.*, 1989) et sont riches, tout comme les poissons, en acide gras de type omega3 (Dynes 2003).

Les vers de terreau peuvent donc être valorisés dans l'alimentation des alevins de *P. obscura* afin de diminuer leur coût de production. Or, la production des vers de terreau dépend de l'espèce cultivée, mais aussi de la nature biochimique du substrat de production (Tripathi & Bhardwaj, 2004; Gajalakshmi *et al.*, 2005 ; Vodounnou *et al.*, 2016 a). La production des vers de terreau avec différentes déjections animales, a donné des rendements différents (Vodounnou *et al.*, 2016 a). De même, la qualité nutritionnelle des vers de terreau, est fonction de la nature du substrat ayant servi à sa production (Vodounnou *et al.*, 2016 a). L'objectif de cette étude est donc de déterminer l'effet des substrats de production sur les performances zootechniques des alevins de *P. obscura* nourris avec des régimes à base de vers de terreau issus de différents substrats.

Matériel et méthodes

Production des vers de terreau et fabrication de sa farine

Les vers de terreau ont été produits avec un bloc de Fisher de cinq traitements et à trois répétitions. Les substrats utilisés sont constitués de bouse de vache, de déjection de porc, de fiente de volaille, de crottes d'ovin et de crottes de Lapin. Des vers matures (*E. fetida*) ont étéensemencés avec une densité de 15g/kg de substrat. Avant la production, tous les substrats ont été analysés pour doser la matière organique, l'humidité, la cendre, le Carbone, L'Azote, le Phosphore. De même les ratios Carbone / Azote, C / Phosphore et Carbone/Azote/Phosphore ont été déterminés (Tableau 6.2. 1). Un arrosage conséquent est réalisé tout au long de la production afin de maintenir l'humidité constante. Après une durée de production de trois mois, la récolte est faite manuellement. Après la récolte, les vers de terreau sont rincés avec de l'eau propre, égouttés avec un dispositif adapté, mises au congélateur et lyophilisés.

Après la lyophilisation, les vers de terreau sont écrasés à l'aide d'une moulinette pour être rendu en farine. La cendre, l'Azote et le taux de protéine des vers de terreau sont recherchés dans leurs farines en fonction des substrats de production (Tableau 6.2. 2).

Tableau 6.2. 1 : Qualité chimique des substrats de production

Substrats (déjections animales)	Matière								
	Humi dité %	Cendre %	organique %	Phosphore (P)%	Carbone (C) %	Azote (N) %	Ratio C:N	Ratio C:P	Ratio C:N:P
Lapin	12,66	35,62	64,38	1,04	37,34	2,46	15,18	36,38	14,59
Ovin	11,76	39,55	60,45	0,59	35,06	2,99	11,73	59,42	19,88
Bœuf	8,71	60,24	39,76	0,37	23,06	2,06	11,19	62,32	30,24
Porc	10,29	31,48	68,52	0,42	39,74	2,05	19,39	94,61	46,16
Volaille	6,84	63,27	36,73	0,6	21,31	1,82	11,71	35,51	19,51

Tableau 6.2. 2 : Taux de protéine de la farine des vers de terreau en fonction des substrats

Paramètres	FVT 1	FVT 2	FVT 3	FVT 4	FVT 5
Protéine	42,84±0,05	51,38±0,05	46,07±0,04	44,87±0,05	42,45±0,08
Azote	6,81±0,08	7,28±0,05	6,79±0,05	8,22±0,05	7,37±0,05
Cendre	18,38±0,05	14,56±0,05	18,55±0,05	13,51±0,05	20,95±0,03

Avec

FVT 1 : Farine issue des vers de terreau produits à base de la bouse de vache

FVT 2 : Farine issue des vers de terreau produits à base de déjections de porc

FVT 3 : Farine issue des vers de terreau produits à base de fiente de volaille

FVT 4 : Farine issue des vers de terreau produits à base de crottes de lapin

FVT 5 : Farine issue des vers de terreau produits à base de crottes d'ovin

Dispositif expérimental

L'expérimentation a été réalisée en circuit ouvert dans 15 bassins circulaires hors-sol en béton. Chaque bassin a été rempli à environ 1/5 de son volume et contenait 90 L d'eau. Chaque bassin comprenait une arrivée d'eau et un dispositif central d'évacuation de l'eau en PVC muni d'un filet à maille fine pour éviter la fuite des alevins.

Chaque bassin a été recouvert à moitié de sa surface d'une claie afin d'éviter la pénétration directe du soleil.

Traitements appliqués

Cinq traitements à 3 répétitions chacun ont été appliqués. La fréquence de nourrissage a été de trois fois par jour (8h, 13h et 18 h). La durée de l'expérience a été de 42 jours. La densité de mise en charge est de 25 alevins/bassin avec un poids moyen initial de $1,09 \pm 0,08$ g. La répartition des poissons a été faite après un tri des alevins afin de les calibrer et ainsi d'éviter des hétérogénéités de taille qui pourraient conduire au cannibalisme. La biomasse par bassin de même que le poids individuel et la longueur totale de tous les individus par bassin ont été mesurés avant la mise en charge. Une période d'acclimatation d'une semaine a été observée avant le démarrage de l'expérience. Ensuite, les aliments expérimentaux ont été distribués trois fois par jour aux poissons.

Aliments expérimentaux

Les lots de poissons ont été nourris avec cinq différents régimes (Tableau 6.2. 3).

Développement d'une pisciculture intensive de *Parachanna obscura* (Günther,1861) à base de vers de terreau comme outil de traitement écologique des déchets organiques

Tableau 6.2. 3: Régimes expérimentaux

Régimes	T₁	T₂	T₃	T₄	T₅
Tourteaux de coton (%)	20	20	20	20	20
Farine de maïs (%)	12	12	12	12	12
Farine de poisson (%)	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5
FVT 1(%)	22,5	0	0	0	0
FVT 2(%)	0	22,5	0	0	0
FVT 3(%)	0	0	22,5	0	0
FVT 4(%)	0	0	0	22,5	0
FVT 5(%)	0	0	0	0	22,5
Tourteaux de soja (%)	17	17	17	17	17
Huile de foie de morue(%)	2	2	2	2	2
Prémix min et vit*(%)	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Sulfate de fer(%)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
CMC(%)	1	1	1	1	1
Total(%)	100	100	100	100	100
Taux de protéine(%)	44,12	45,93	44,84	44,73	43,97
Taux de lipide(%)	7,49	7,65	7,55	7,53	7,40

* premix (vitamin – mineral) contains (‰): Vitamin A 4 000 000 U.I; Vitamin D 800 000 U.I; Vitamin E 40 000U.I; Vitamin K3 1600 mg; Vitamin B1 4 000 mg; Vitamin B2 3 000 mg; Vitamin B6 3 800 mg; Vitamin B12 3 mg; Vitamin C 60 000 mg; Biotin 100 mg; Inositol 10 000 mg Pantothenicacid 8 000 mg; Nicotinicacid 18 000 mg; Folicacid 800 mg; Cholinchloride 120 000 mg; Colbat carbonate 150 mg; Ferroussulphate 8 000 mg; Potassium iodide 400 mg; Manganeseoxide 6 000 mg; Copper 800 mg; Sodium selenite 40 mcg; Lysine 10 000 mg ; Methionin 10 000 mg; Zinc sulphate 8 000 mg

Nourrissage des poissons avec les aliments fabriqués

L'aliment granulé a été distribué aux alevins selon le traitement avec un taux de rationnement fixé à $5,01(\text{biomasse du poisson})^{-0,23}$ (Kpogue, 2013) par bassin. Les rations ont été distribuées trois fois dans la journée. La distribution de l'aliment a été faite manuellement grain après grain pour s'assurer d'une bonne ingestion de l'aliment par les poissons.

Suivi de l'expérimentation

Les paramètres physico – chimiques de l'eau des bassins ont été mesurés durant toute la période de l'expérimentation. Pour mesurer ces paramètres, un multimètre portable a multifonction a été utilisé pour la mesure de la température de l'eau, le pH de l'eau et de l'oxygène dissous.

La pêche de contrôle a eu lieu tous les 7 jours. Les bassins ont été entièrement vidés et nettoyés. Les poissons ont été comptés par bassin et leur biomasse relevée. Les biomasses ainsi mesurées à chaque pêche de contrôle ont permis de réajuster régulièrement la ration alimentaire à distribuer dans chaque bassin jusqu'à la pêche de contrôle suivante.

A la fin de l'expérimentation, la biomasse par bassin, le nombre total d'alevins par bassin, le poids et la longueur individuels de tous les alevins par bassin ont été relevés.

Paramètres zootechniques et utilisation de l'aliment

A partir des différentes données collectées durant l'expérimentation, les paramètres zootechniques ainsi que le taux de survie ont été calculés. Les formules

mathématiques utilisées pour déterminer ces paramètres
chez *P. obscura* sont présentés comme suit :

Taux de survie des poissons (TS) : $((Nf \times 100) / Ni)$

Poids moyen final (Pmf) : Bf / Nf

Taux de Croissance Spécifique (TCS) : $(Ln(Pmf) - Ln(Pmi)) \times 100 / \Delta T$

Efficacité Alimentaire (EA) : $(Bf + Bm - Bi) / Rd$

Indice de consommation (IC) : I / EA

Coefficient de condition : $K : P/L^3$

Avec :

Nf est le nombre final par bassin,

Ni le nombre initial par bassin,

Bf est la biomasse finale par bassin,

Ln est le logarithme népérien à base 10,

ΔT La durée de l'expérience

Bm est la biomasse des morts (en g),

Bi est la biomasse initiale (en g)

Rd est la quantité d'aliment distribuée (en g).

Traitement des données

Les données collectées au cours de notre expérimentation ont été encodées dans le tableur Excel 2010. Les différents paramètres zootechniques, physico-chimiques et morphométriques ont été calculés dans le même tableur. Pour chaque paramètre, la moyenne accompagnée de l'écart-type ont été calculés. Les graphiques ont été également réalisés avec le tableur Excel 2010. Pour l'analyse statistique, le logiciel statistique STATVIEW (version 5.01) a été utilisé avec le seuil de probabilité de 5%. L'analyse de variance à un critère de classification (ANOVA 1) a été utilisée pour comparer les performances zootechniques des différents traitements. Au cas où des différences significatives ont été observées entre les traitements, le LSD (Least Significant Difference) de Fisher a été utilisé pour effectuer les comparaisons des différentes moyennes.

Résultats

Qualité de l'eau des bassins

La température moyenne a été de $27,60 \pm 0,36^{\circ}\text{C}$. Le taux d'oxygène dissous moyen a été de $6,26 \pm 0,23$ mg/L et le pH moyen obtenu a été de $6,67 \pm 0,13$.

Paramètres zootechniques, utilisation de l'aliment et taux de survie

Les résultats obtenus pour les principaux paramètres zootechniques et le taux de survie chez les alevins de *P. obscura* à la suite des 42 jours d'expérimentation sont présentés dans le Tableau 6.2. 4.

Poids moyen final

Le poids moyen final a significativement varié ($P < 0,05$) en fonction des traitements appliqués (Tableau 6.2. 4) et en fonction des différentes pêches de contrôle (Figure 6.2. 2). Le poids moyen a significativement varié de $3,05 \pm 0,26$ (T2) à $2,47 \pm 0,28$ (T5) ($P < 0,05$). Il n'a pas eu de différence significative ($P > 0,05$) entre le poids moyen final obtenu avec les traitements T1, T3 et T4.

Taux de croissance spécifique

Les taux de croissance spécifiques observés au cours de cette étude ont significativement varié ($P < 0,05$) en fonction des traitements appliqués (Tableau 6.2. 4). Cependant, il n'y a pas de différence significative ($P > 0,05$) entre les traitements T1, T3 et T4. Le taux de croissance spécifique le plus élevé a été obtenu avec le traitement T2 ($P < 0,05$).

Tableau 6.2. 4: Paramètres zootechniques, utilisation de l'aliment et taux de survie

Paramètres	T1	T2	T3	T4	T5
Biomasse initiale (g)	27 ± 1,00 ^a	27,33 ± 1,35 ^a	27,50 ± 0,85 ^a	27,60 ± 1,00 ^a	27,40 ± 1,00 ^a
Poids moyen initial (g)	1,08 ± 0,04 ^a	1,09 ± 0,08 ^a	1,10 ± 0,06 ^a	1,10 ± 0,07 ^a	1,09 ± 0,05 ^a
Biomasse finale (g)	66,45 ± 1,62 ^b	76,33 ± 3,5 ^a	68,25 ± 3,62 ^b	66,66 ± 4,58 ^b	61,86 ± 3,36 ^c
Poids moyen final (g)	2,65 ± 0,33 ^b	3,05 ± 0,26 ^a	2,72 ± 0,43 ^b	2,66 ± 0,64 ^b	2,47 ± 0,28 ^c
Taux de Croissance Spécifique (%/J)	2,13 ± 0,13 ^b	2,44 ± 0,14 ^a	2,15 ± 0,15 ^b	2,10 ± 0,17 ^b	1,94 ± 0,06 ^c
Indice de Consommation	1,80 ± 0,16 ^b	1,61 ± 0,13 ^a	1,76 ± 0,26 ^b	1,85 ± 0,16 ^b	1,98 ± 0,17 ^b
Coefficient de condition	0,83 ± 0,09 ^a	0,86 ± 0,01 ^a	0,83 ± 0,03 ^a	0,83 ± 0,07 ^a	0,83 ± 0,03 ^a
Taux de survie (%)	100 ± 0,00 ^a	100 ± 0,00 ^a	100 ± 0,00 ^a	100 ± 0,00 ^a	100 ± 0,00 ^a

Les valeurs sont exprimées en moyenne ± écart type. Les valeurs d'une même ligne ayant une lettre en commun ne sont pas significativement différentes (p>0,05).

Efficacité alimentaire

L'efficacité alimentaire obtenue pour les cinq (05) traitements a varié de $0,51 \pm 0,01$ (T5) à $0,63 \pm 0,04$ (T2). Cependant, on note une différence significative ($P < 0,05$) entre le traitement T2 et tous les autres traitements T1, T3, T4 et T5 (Figure 6.2.1). Aucune différence significative ($P > 0,05$) n'a été observée entre les traitements T1, T3, T4 et T5.

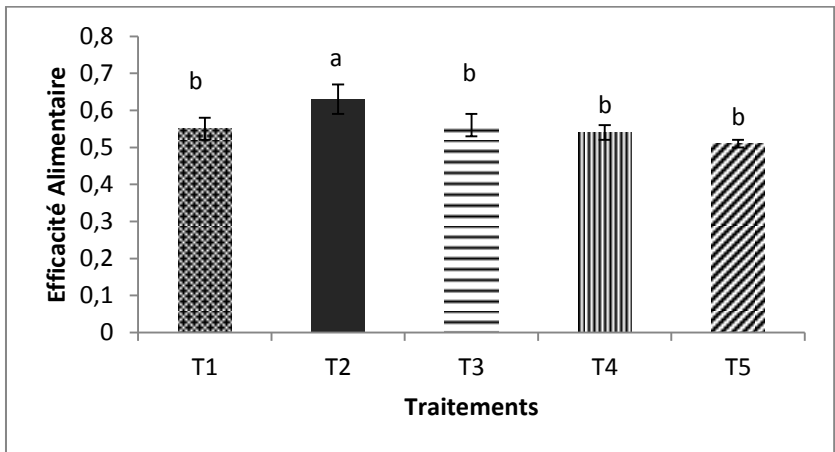


Figure 6.2. 1 : Efficacités alimentaires en fonction des traitements

Poids moyen final

Le poids moyen final a varié de $3,05 \pm 0,26$ (le plus grand) à $2,47 \pm 0,28$ (le plus faible). Il a significativement varié en fonction des traitements (Tableau 6.2. 4) ($P < 0,05$). Des différences significatives ont été notées lors des pêches de contrôle de chaque semaine (Figure 6.2.2).

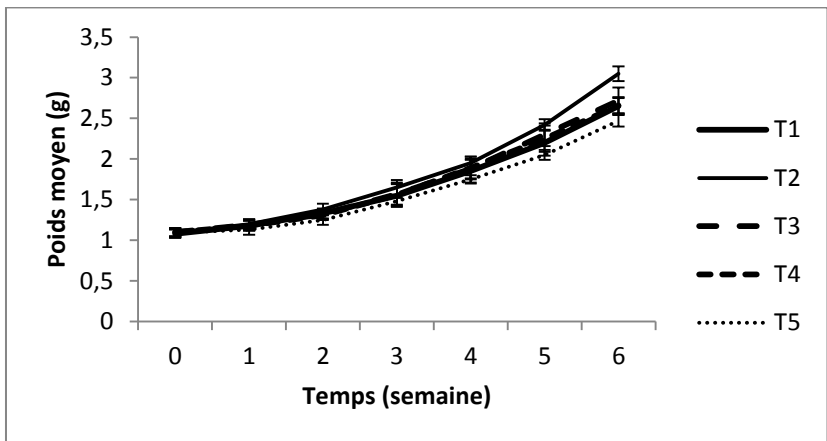


Figure 6.2. 2: Courbe de croissance des poids moyens en fonction du temps

Coefficient de condition

Le coefficient de condition a varié de $0,86 \pm 0,01$ à $0,83 \pm 0,03$. Aucune différence significative n'a été observée

entre les traitements. Les différents traitements n'ont donc pas significativement impacté l'embonpoint des poissons ($P > 0,05$)

Taux de survie

Aucune mortalité n'a été enregistrée tout au long de l'expérience. Le taux de survie a été de 100% (Tableau 6.2. 3) pour tous les traitements. Les différents traitements n'ont donc pas significativement impacté la survie des poissons ($P > 0,05$).

Discussion

Paramètres physico-chimiques

La température moyenne de l'eau de $27,60 \pm 0,36$ °C obtenue au cours de notre étude est comprise dans la gamme de températures variant entre 26 et 28 °C supportée par *P. obscura* dans le milieu naturel (Bonou & Teugels, 1985). La valeur moyenne du pH de $6,67 \pm 0,13$ obtenue est assez proche de la gamme de pH légèrement acides (variant de 6,6 à 6,9) tolérée par l'espèce dans le milieu naturel (Bonou & Teugels, 1985). De même, le taux d'oxygène dissous moyen de l'eau est

de $6,41 \pm 0,15$ mg/litre. Ce taux est tolérable pour *P. obscura* qui est une espèce peu exigeante en oxygène dissous, munie d'organes accessoires servant à la respiration aérienne (Bonou & Teugels, 1985). En effet, grâce aux diverticules pharyngiens dont dispose *P. obscura*, des possibilités de respiration aérienne lui permettent de survivre dans des milieux faiblement oxygénés (Lee & Ng, 1991).

Paramètres zootechniques et utilisation de l'aliment

Après avoir évalué l'effet des substrats sur la production des vers de terreau, (Vodounnou *et al.*, 2016 a), l'effet des substrats sur la qualité nutritionnelle des vers de terreau (Vodounnou *et al.*, 2016 c) et le taux idéal de substitution de la farine de poisson par la farine de vers de terreau dans l'alimentation des alevins de *P. obscura* (Vodounnou *et al.*, 2016 b), La présente étude consiste à évaluer l'effet des substrats sur les performances zootechniques, l'utilisation de l'aliment et la survie des alevins de *P. obscura* nourris avec des régimes à base de la farine des vers de terreau produits avec différents substrats. Diverses études ont prouvé que la nature du

substrat affecte significativement ($P < 0,05$) le rendement des vers de terreau ainsi que leur qualité nutritionnelle (Tripathi & Bhardwaj 2004; Gajalakshmi *et al.*, 2005 ; Vodounnou *et al.*, 2016 a ; Vodounnou *et al.*, 2016 c). La qualité nutritionnelle des vers de terreau est fonction de la nature biochimique du substrat, mais beaucoup plus du ratio C/N/P (Vodounnou *et al.*, 2016 c).

Taux de survie

Le taux de survie n'a pas significativement varié entre les traitements ($P > 0,05$). Il est de 100% dans tous les traitements. Ce taux de survie obtenu témoigne de la bonne qualité physico-chimique du milieu d'élevage à travers le renouvellement continu de l'eau mais aussi par la valeur nutritionnelle des aliments utilisés. *P. obscura* possède donc beaucoup de potentialités aquacoles dont sa rusticité. Les alevins de *P. obscura* sont très résistants et supportent aisément les situations de stress observées en permanence dans les milieux d'élevage. La même observation a été faite lors des travaux de Kpoguè *et al.* (2012) sur *P. obscura* avec un

taux de survie de 98,99% ainsi que les travaux de Vodounnou *et al.* (2014) portant sur la substitution de la farine de poisson par la farine de vers de terreau avec un taux de survie de $98,99 \pm 0,22\%$.

Poids moyen final et Taux de Croissance Spécifique

Le poids moyen final a significativement varié ($P < 0,05$) en fonction des différents traitements. Le poids moyen le plus élevé $3,05 \pm 0,26$ g a été obtenu avec le traitement ayant subi l'incorporation de la farine des vers produits avec la déjection de porc. En effet, la déjection de porc a été le substrat de production des vers parmi les autres substrats qui a le plus grand ratio C/N/P (46,16). De même, la farine des vers de terreau ayant le plus grand taux de protéine est issue des vers produits avec la déjection de porc.

Le taux de croissance spécifique qui est un paramètre clé de la performance de croissance a significativement varié ($P < 0,05$) en fonction des différents traitements. La valeur la plus élevée du taux de croissance spécifique (TCS) a été de $2,44 \pm 0,14\%/J$ et a été obtenue avec le

régime ayant subi l'incorporation de la farine des vers produits avec de la déjection porcine. Ce taux obtenu est supérieur à celui obtenu par Vodounnou, (2014). ($2,11 \pm 0,11\%/J$) lors de la détermination du taux optimal de la substitution de la farine de poisson par la farine de vers de terreau. La farine de vers de terreau produits avec les déjections de porc et contenant le taux de protéine le plus élevé, a induit le fort taux de croissance spécifique, et a présenté une différence significative avec les autres traitements.

Efficacité alimentaire

L'efficacité alimentaire obtenue pour les cinq (05) traitements a significativement varié ($P < 0,05$). La valeur la plus élevée est de $0,63 \pm 0,04$ et obtenue avec le traitement T2. La valeur la plus faible est de $0,51 \pm 0,01$ obtenue avec le traitement T5. On note une différence significative ($P < 0,05$) entre le traitement T2 et tous les autres traitements T1, T3, T4 et T5. Aucune différence significative ($P > 0,05$) n'a été observée entre les traitements T1, T3, T4 et T5. La farine de vers de terreau

produits avec les déjections de porc et contenant le taux de protéine le plus élevé, a induit également la grande Efficacité Alimentaire, et a présenté une différence significative avec les autres traitements ($P < 0,05$).

Conclusion

L'utilisation de la farine des vers de terreau comme substituant à la farine de poisson dans l'alimentation des alevins de *P. obscura* favorise leur croissance. Cette croissance dépend de la qualité nutritionnelle de la farine de vers de terreau utilisée, laquelle aussi dépend de la qualité biochimique des substrats ayant servi à la production des vers de terreau. Le poids moyen le plus élevé $3,05 \pm 0,26$ g a été obtenu avec le traitement ayant subi l'incorporation de la farine des vers produits avec la déjection de porc. Ce dernier ayant le plus grand ratio C/N/P (46,16). La nature du substrat impacte donc les performances zootechniques ainsi que l'utilisation des aliments des alevins de *P. obscura*.

6-3 Acides aminés et effets de trois formes des vers de terreau (séchée, congelée et vivante) sur les performances zootechniques des alevins de *P. obscura*

Earthworm amino acids and effect of 3 different forms of earthworm (meal, frozen and living) on growth, feed utilization and survival rate of African Snakehead fingerlings (*Parachanna obscura*) reared in captivity

VODOUNNOU D. S. Juste Vital^{1*}, KPOGUE Diane N. S.², MENSAH Guy Apollinaire³, FIOGBE Emile Didier¹

¹ Laboratory of Research on Wetland, Department of Zoology, Faculty of Sciences & Techniques, University of Abomey-Calavi, 01 BP 526 Cotonou Bénin

² Agriculture University of Ketou/ EAQ BP 43 Ketou Bénin

³ National Institute of Agriculture Research of the Bénin 01 BP 884 Cotonou Bénin

* Corresponding author's address:
justekingjv@gmail.com ; (229) 66533743

Article publié dans *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies* 2017; 5(1): 268-273

Abstract

The earthworm amino acids and the effect of earthworm ingredient form were investigated on African snakehead fingerlings (*Parachanna obscura*) reared in captivity for 42 days. Feed utilization, growth parameters, whole body composition and survival rate were measured. A total of 180 fingerlings of *Parachanna obscura* (mean weight: 2.77 ± 0.15 g) were provided by the Laboratory of Wetland Research and were respectively fed with diet containing earthworm meal, frozen and living form. The fish were reared in 15 circular tanks which volume was 90 l each, at a density of 20 fingerlings per tank and feed was distributed at a rate of $5.01 (\text{fish biomass})^{-0.23}$. The different earthworm ingredient forms affect the growth performance, feed utilization and whole body composition ($P < 0.05$) of *P. obscura*. The living and meal form of the earthworm gave the best results in terms of growth parameters and whole body composition compared to the frozen form.

Keywords: earthworms, effect, form, *P. obscura*

1 Introduction

More than the half of the world fish consumption is provided by aquaculture. Aquaculture is an important activity to be promoted to ensure food security. It remains an important employment and income generating activity for the countries (Naylor *et al.*, 2009, Ogunremi and Obasa 2009) . Fish meal is one of the main ingredients in fish feeds because it offers a balanced source of essential amino acids, essential fatty acids, vitamins, minerals and generally enhances palatability (Samocha *et al.*, 2004, Kristofersson and Anderson 2006, Muzinic *et al.*, 2009) . Nowadays, aquaculture is influenced by the unavailability and the high price of fish meal. The solution to this problem is to evaluate others protein sources for partial or total fish meal substitution (Gao *et al.*, 2013, Yuan *et al.*, 2013, Jung *et al.*, 2016). Fish meal used as feedstuffs in fish feeding in aquaculture has become unprofitable. Consequently, several authors have evaluated protein sources of plant origin and animal origin in fish diets to replace fish meal (Bairagi *et al.*, 2004, Ramachandran *et al.*, 2005,

Ramachandran and Ray 2008). Earthworm meal can be used to replace fish meal in fish diet (Vodounnou *et al.*, 2016).

Earthworms are terrestrial invertebrates grouped into three categories according to their behavior in the natural environment (Vodounnou *et al.*, 2015). Its meal is as good as fish meal in terms of quality and has been found to be an efficient substitute for fish meal in domestic animal diets (Bhorgin and Uma 2013). Earthworms have been shown to contain 60-70% crude protein and very little crude fibre (<5%), contain amino acids, fat acids Omega3 and also several minerals that are nutritionally important (Sabine 1983, Dynes 2003, Paoletti *et al.*, 2011). The content of lysine in earthworm meal is significant, representing the daily requirement of children between the age of 2 and 5 years (Segovia 1996). The earthworm meal has been used to substitute the fish meal in diet of African Snakeheads, *Parachanna obscura* (Vodounnou *et al.*, 2016).

P. obscura is the commonest African Snakeheads. *P. obscura* has a paramount economic value for African

aquaculture because its flesh is highly appreciated, its rapid growth potential (2 g/day), tolerant of high stocking density, use of atmospheric oxygen for respiration in water with low dissolved oxygen and high ammonia levels (Bonou and Teugels 1985, Ng and Lim 1990, Victor and Akpocha 1992, O' Bryen and Lee 2007, Bolaji *et al.*, 2011) . Dietary protein requirements, feeding rate requirement, optimum stocking density of *P. obscura* have been previously studied (Kpogue and Fiogbe 2012, Kpogue *et al.*, 2013). It was demonstrated that meal form of earthworm can be used to substitute fish meal in diet of African Snakeheads *P. obscura* (Vodounnou *et al.*, 2016). But the frozen and living forms were not hitherto tested in diet of *P. obscura* fingerlings. The aim of the current study is to evaluate the earthworm amino acids and the effect of its 3 different ingredient forms (meal, frozen and living) on growth, feed utilization, and whole body composition and survival rate of *P. obscura* reared in captivity.

2 Materials and methods

2.1 Earthworms culture and meal production.

Earthworms were cultivated in cow manure in 9 concreted tanks (3 triplicates) 80 cm x 80 cm x 60 cm for 90 days. The cow manure was collected from farms located in Abomey-Calavi district in Bénin. To prevent worm death the manure was pre-composted for 14 days after collection before its utilization (Gunadi and Edwards 2003), manure was used. The experiment lasted 90 days. During the study period substrate moisture was maintained by sprinkling water on the manure, on daily basis.

2.2 Different earthworm ingredient form utilization in *P. obscura* fingerlings diet

The meal, frozen and living ingredient form of the earthworm were tested in *P. obscura* fingerlings diet. To obtain the worm meal ingredient, the harvested concreted tanks were weighed, rinsed with pure water and put in freezer. After drying them by using a lyophilisator, the dry matter was ground with a mill and then, stored at 0 - 20 °C. The worm from the second triplicate concreted tanks was harvested and conserved by freezing. The living worm ingredient was maintained in the last

triplicate concreted tanks. The fish meal was replaced by earthworm ingredient in *P. obscura* diet at the inclusion level of 50 % (Vodounnou et al. 2016).

2.3 Experiment procedure

One hundred eighty fingerlings of *P. obscura* (mean weight: 2.77 ± 0.15 g) were provided by the Laboratory of Wetland Research of Abomey-Calavi University in Bénin. Prior to receiving the experimental diet, the fish were acclimated with a mixture of different experimental diets for one week. The study was carried out for 42 days in 9 circular concreted tanks containing 90 l of water each under atmospheric conditions. The water was renewed continuously in all the tanks at the rate of 1l per min. Each experimental diet was assigned three tanks at a density of 20 fingerlings per tank. The feed was distributed at a rate of $5.01(\text{fish biomass})^{-0.23}$ (Kpogue 2013). Temperature, pH and dissolved oxygen were monitored daily with a thermometer, a pH meter and an oxygen meter respectively. The fingerlings were fed three times a day (Kpogue 2013) and the fish were examined weekly.

2.4 Experimental diet

Three experimental diets were formulated to meet the nutrient requirements of *P.obscura* fingerlings (Table 6.3. 1). The various ingredients were ground with a hammer mill, weighed with scale and blended with a mixer. The feed was prepared by mixing the dry ingredients with oil and water until a desirable paste-like consistency was reached. The resulting paste was transformed into pellets of 1.5 mm using the feed blender. The nutritional compositions of the different diet were determined.

Table 6.3.1: Formulation of experimental diets and nutrition composition

Ingredients (%)	Experimental diets		
	T1	T2	T3
Cotton bran meal	20	20	20
Maize meal	12	12	12
Fish meal	22.5	22.5	22.5
Earthworm meal	22.5	0	0
Earthworm frozen	0	X	0
Earthworm living	0	0	Y
Soy bean meal	17	17	17
Godfish liver oil	2	2	2
Premix(min – vit)*	2.5	2.5	2.5

Développement d'une pisciculture intensive de *Parachanna obscura* (Günther, 1861) à base de vers de terre comme outil de traitement écologique des déchets organiques

Ferrous sulphate	0.5	0.5	0.5
Carboxymethylcellulose	1	1	1
Total	100	77.5 + X	77.5 + Y
Nutrition composition			
Moisture	9.80	9.19	9.22
Crude protein	45.72	32.27	32.28
Ash	14.14	4.08	4.11

* premix (vitamin – mineral) contains (%): Vitamin A 4 000 000 U.I; Vitamin D 800 000 U.I; Vitamin E 40 000 U.I; Vitamin K3 1600 mg; Vitamin B1 4 000 mg; Vitamin B2 3 000 mg; Vitamin B6 3 800 mg; Vitamin B12 3 mg; Vitamin C 60 000 mg; Biotin 100 mg; Inositol 10 000 mg Pantothenic acid 8 000 mg; Nicotinic acid 18 000 mg; Folic acid 800 mg;

Cholinchloride 120 000 mg; Colbat carbonate 150 mg;
Ferroussulphate 8 000 mg; Potassium iodide 400 mg;
Manganesoxide 6 000 mg; Copper 800 mg; Sodium
selenite 40 mcg; Lysine 10 000 mg ; Methionin 10 000
mg; Zinc sulphate 8 000 mg

With:

T1: the diet in which earthworm meal form was used to
replace fish meal at the inclusion level of 50 %.

T2: the diet in which earthworm frozen form was used to
replace fish meal at the inclusion level of 50 %.

T3: the diet in which the living form of earthworm was
used to replace fish meal at the inclusion level of 50 %.

X= the quantity of the frozen form of earthworm,
calculated based on the dry matter, inclusion level and
used as complement in diet.

Y= the quantity of the living form of earthworm,
calculated based on the dry matter, inclusion level, and
used as complement in diet.

2.5 Biochemical analysis and calculations

Fish carcasses were analyzed for crude protein analysis before and after experiment using the Association of Analytical Chemist methods (AOAC, 2000). The proximate proteins in diets were also analyzed. The amino-acids and crude protein of the earthworms were determined in laboratory of aquatic animal nutrition of the Faculty of Fishery of Kagoshima University in Japan. At the end of the experiment, different parameters were calculated:

Specific Growth Rate (**SGR**; %/d) = $100 \times [\text{Ln}(\text{Final Body Weight (g)}) - \text{Ln}(\text{Initial Body Weight (g)})] / \text{Duration (days) of the experiment}$

Final Body Weight (**FBW**) = FB/FN; Initial Body Weight (**IBW**) = IB/IN; Feed Efficiency (**FE**) = $(\text{FB} + \text{DB} - \text{IB}) / \text{FD}$; Feed Conversion Rate = $1/\text{FE}$; Survival Rate (**SR** %) = $100 \times \text{FN}/\text{IN}$; Protein Efficiency Ratio (**PER**) = $(\text{FB} - \text{IB}) / (\text{FD} \times \text{Dietary Protein})$; Protein Productive Value (**PPV**) = $100 \times (\text{Final Protein in fish} - \text{Initial Protein in Fish}) / (\text{Total Feed Intake per Fish} \times \text{Dietary Protein})$.

With:

IB: Initial Biomasses (g), FB: Final Biomasses (g), DB: Dead fish Biomass (g), FD: Feed Distributed (g), IN: Initial Number, FN = Final Number.

2.6 Statistical analysis

The data were analyzed using a one-way analysis of variance (ANOVA) with the facilities of STATVIEW version 5.01 software, after the verification of variance homogeneity, using Hartley's test for evaluate the effect of different forms of earthworm on growth, feed utilization and survival rate of *P. obscura*. Significant differences among means were determined using Fisher's test $p= 0.05$ significance level.

3 Results

Essentials amino acids of the earthworm used in diet are presented in Table 6.3.2.

Crude protein of the earthworm used is 56.90% and ash of the earthworm used in diet is 17.52 % (Table 6.3.2)

Table 6.3.2: Amino acids, crude protein and ash composition in earthworm meal

Aminoacids	Values (%)
Threonine	1.76
Valine	1.32
Methionine	0.76
Isoleucine	1.16
Leucine	3.12
Phenylalanine	1.84
Histidine	1.36
Tryptophane	0.12
Lysine	2.68
Arginine	2.84
Crude Protein	56.90%
Ash	17.52 %

Temperature, pH and dissolved oxygen monitored daily haven't varied according the treatment ($P > 0.05$). The results are presented in Table 6.3. 3

Table 6.3. 3: Physico-chemical parameters monitored

Parameters	T1	T2	T3
pH	6.66 ± 0.13 ^a	6.65 ± 0.08 ^a	6.69 ± 0.11 ^a
Temperature (°C)	27.64 ± 0.26 ^a	27.68 ± 0.31 ^a	27.59 ± 0.16 ^a
Dissolved Oxygen (mg/l-1)	6.16 ± 0.25 ^a	6.22 ± 0.23 ^a	6.19 ± 0.18 ^a

Each value is mean ± SE of triplicates. Means in the same line followed by same superscripts are not significantly different ($P > 0.05$).

The result of whole-body composition analysis is presented in Table 6.3. 4. Moisture, Crude protein and ash were significantly affected by the different forms of earthworm included in the diet ($P < 0.05$). The crude proteins observed in the whole-body of the fish fed with experimental diets are different from that observed in the initial whole body. There was a significance difference between the living, the frozen and the meal form of earthworm, fed ($P < 0.05$). Moisture in fish with initial condition and the fish fed with experimental diet was similar. Ash ranged between 11.32 ± 0.31 (initial body)

and 12.56 ± 0.34 (T3: living form). The ash content of the fish initial body was less than that of body of fish fed the experimental diets.

Table 6.3. 4: Effect of diets with different forms of earthworm on *P. obscura* whole body composition

Parameters	Initial body	Experimental diets		
		T1	T2	T3
Moisture	69.70 ± 0.05^a	69.94 ± 0.12^a	69.84 ± 0.09^a	70.13 ± 0.14^a
Crude protein	56.77 ± 0.23^a	57.88 ± 0.28^b	56.69 ± 0.14^a	58.17 ± 0.19^b
Ash	11.32 ± 0.31^a	11.58 ± 0.22^a	11.40 ± 0.37^a	12.56 ± 0.34^b

Each value is mean \pm SE of triplicates. Means in the same line followed by different superscripts are significantly different ($P < 0.05$).

The effect of different diets on growth performance parameters and feed utilization were shown in Table 6.3. 5. The highest Final Biomass (FB), Specific Growth Rate (SGR) and Feed Efficiency (FE), were obtained with the earthworm living form diet (T3). The lowest values of these parameters were obtained with the frozen earthworm diet (T2). Survival Rate (SR) were similar among all the experimental fish ($P > 0.05$) (Table 6.3. 5). The highest Protein Productive Value (2.57 ± 0.06) was observed with diet T3 with a significant difference

among treatment groups ($P < 0.05$). The Protein Efficiency Rate ranged from 0.96 ± 0.10 (T2) to 1.58 ± 0.08 (T3) with also a significant difference among treatment groups ($P < 0.05$).

Table 6.3.5: Growth performances and feed utilization of *P. obscura* fingerlings fed with earthworm different forms

Parameters	T1	T2	T3
IB(g)	55.30 ± 0.05^a	55.43 ± 0.06^a	55.30 ± 0.10^a
FB(g)	124.00 ± 0.57^a	103.66 ± 1.76^b	140.00 ± 3.60^c
IBW (g)	2.76 ± 0.00^a	2.77 ± 0.00^a	2.76 ± 0.00^a
FBW (g)	6.20 ± 0.03^a	5.46 ± 0.08^b	7.00 ± 0.18^a
FE	0.61 ± 0.04^a	0.44 ± 0.05^b	0.71 ± 0.02^a
SGR (%/d)	2.23 ± 0.03^a	1.90 ± 0.06^b	2.57 ± 0.07^c
PER	1.33 ± 0.06^a	0.96 ± 0.10^b	1.58 ± 0.08^a
PPV (%)	2.15 ± 0.07^a	0.42 ± 0.03^b	2.57 ± 0.06^a
SR (%)	100.00 ± 0.00^a	95.00 ± 0.00^a	100.00 ± 0.00^a

Each value is mean \pm SE of triplicates. Means in the same line followed by different superscripts are significantly different ($P < 0.05$).

The Feed Conversion Rate is shown in Figure 6.3. 1. Feed Conversion Rate was significantly affected by the different form of earthworm ingredient included in the diet ($P < 0.05$). It was ranged between 1.41 ± 0.06 (T3) and 2.28 ± 0.09 (T2). The best Feed Conversion Rate was observed in T3 diet (Figure 6.3. 1). But no significant difference was observed between T3 and T1.

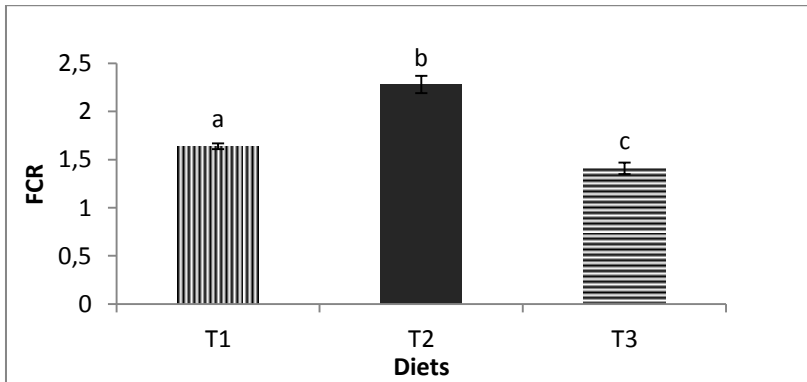


Figure 6.3.1: Effect of different forms of earthworm diet on *P. obscura* Feed Conversion ratio

4 Discussion

The unavailability and the high price of fish meal have forced the aquaculture industry to explore new raw material like vegetable proteins, vegetable oils, insects and worms that can replace fish meal (Stickney *et al.*,

1996, Kikuchi 1999, Pham *et al.*, 2007, Lim and Lee 2008). It is proved that earthworm meal is rich in proteins, amino acids and fat acids Omega3 (Dynes 2003) and can be used to feed a carnivorous fish (Hasanuzzaman *et al.*, 2010). Crude protein (56.90%) of earthworm in this study is better than crude protein in some fish such as *Channa striatus*, *P. obscura* and *Sarotherodon melanotheron* (Baliu et al. 2007, Zuraini et al. 2006, Ama-Abassi 2013) . It is also rich in crude protein better than crude protein in some vegetable feedstuff using in aquaculture such as *Azolla filiculoides*, *Moringa oleifera* and *Dialium guineensis* (Djissou *et al.*, 2016). The essential amino acids in earthworm are better than some animal and vegetable feedstuff in aquaculture. For example methionine in earthworm in this study 0.76% is superior that of *Azolla filiculoides* (0.00%) and commercial fish meal 0.4% (Djissou *et al.*, 2016).

Fish average survival rate (98.33 ± 0.14) can be explained by the higher physico-chemical quality of the rearing water and the good quality of the different experimental diets. In this study, physico-chemical parameters

(temperature, dissolved oxygen and pH) were monitored and maintained within the suitable range for tropical fish, indicating that rearing water conditions of the fish during the experimental period were adequate (Sogbessan *et al.*, 2007). This result agreed with the study of Kpogue (2013) and Vodounnou *et al.*, (2016) on the *P. obscura* fingerlings reared in captivity.

Previous study concerning, the culture of earthworm (*Eisenia fetida*), its production, nutritive value and the utilization of its meal in diet of *P. obscura* fingerlings or reared in captivity has shown that earthworm meal can be used at 50% level to replace fish meal in African snakehead fingerlings (*P. obscura*) reared in captivity (Vodounnou *et al.*, 2016). This study provides substantial information on the different form of earthworm that can be used in *P. obscura* diet on the basis of 50% fishmeal replacement rate of. It is showed that earthworm efficiency in fish diet depends on the earthworm species and the feed substrate (Changguo *et al.*, 2006; Dong *et al.*, 2010). This study showed that ingredient form of earthworm affects significantly

($p < 0.05$) the growth performance, nutrient utilization the whole body and the survival rate of *P. obscura*.

The highest Specific Growth Rate (2.57 ± 0.07) and final body weight (7.00 ± 0.18) are obtained with living form of earthworm content diet (T3). For these parameters, the values recorded with fish fed with T2 are lower. This result can be explained in one hand by the carnivorous character of *P. obscura* that like capturing its prey and on the other hand by the higher nutritional quality of the living earthworm which hasn't undergone any transformation. The non-consumption of the frozen earthworms is confirmative of this carnivorous aspect of the fish. Consequently, the Specific Growth Rate and the final body weight parameters were better than the result obtained in frozen earthworm content diet (T2), but no significance difference was so far observed between T1 and T3 ($P > 0.05$). This result agreed with the study of Vodounnou *et al.* (2016) on fish meal substitution by earthworm meal in *P. obscura* diet where the optimum substitution rate was 50%. It agreed also with a study on partial replacement of fish meal by earthworm meal

(*Libyodrilus violaceus*) in diets of African catfish, *Clarias gariepinus* (Dedeke *et al.*, 2013) . The low Specific Growth Rate (1.90 ± 0.06) and the low final body weight (5.46 ± 0.08) were obtained with T2 diet (frozen earthworm content diet)

The different earthworm ingredients forms tested in fish diet have had a significant effect on Feed Efficiency, Protein Efficiency Rate and Protein Productive Value ($P < 0.05$). The highest Feed Efficiency (0.71 ± 0.02) is obtained with the living form of earthworm and the lowest value (0.44 ± 0.05) with frozen earthworm. The highest value (1.58 ± 0.08) of Protein Efficiency Rate is obtained with earthworm living form content diet, with no significant difference with that of the earthworm meal form content diet (1.33 ± 0.06) ($P > 0.05$). This value is lightly better than that obtained by Vodounnou *et al.* (2016) in substituting fish meal by earthworm meal, with 50% inclusion level, but close to the 1.52 obtained by Sogbessan *et al.* (2007) on the use of earthworms as animal protein in fish diet, where 25% of fish meal were supplemented by earthworm meal in the diet of

Heterobranchus longifilis fingerlings. The low value (0.96 ± 0.10) is obtained with frozen earthworm. The Protein Productive Value result is also higher (2.57 ± 0.06 %) in earthworm living form content diet and lower (0.42 ± 0.03 %) in frozen worm content diet. But this result is lower compared to the one obtained by Vodounnou *et al.* (2016) on the substitution of fish meal by earthworm meal with 50% inclusion level (10.08 ± 0.85 %).

The different forms of earthworm ingredient used in this study have not undergone a heat treatment, yet a heat treatment is recommended before using earthworm in animal diet (Medina *et al.*, 2003, Kostecka and Paczka 2006) . Indeed, the coelom fluid of earthworm has a hemolytic effect that can be reduced by heat. It is shown that coelomic fluid plays an important role in the immune reactions of earthworms and can affect the immune reactions of fish fed with earthworm (Kobayashi *et al.*, 2001, Ohta *et al.*, 2003). This effect on immune reactions is due to Lysenin in coelomic fluid which is a toxic effect

producing (Kobayashi *et al.*, 2001, Kobayashi *et al.*, 2004).

5 Conclusion

At the end of this experiment, the living form and meal form of earthworm have given the best results in terms of growth parameters and whole body composition compared to the frozen form.

Chapitre 7 : Dimorphisme sexuel et reproduction semi artificielle chez *P.obscra*

7-1 Détermination du dimorphisme sexuel chez *P.obscura*

Determination of sexual dimorphism of African Snakhead (*Parachanna obscura*): morphometric and meristic parameters, weight-length relationship and condition factor

**Vodounnou DS Juste Vital^{1*}, Kpoguè Diane NS²,
Mensah Guy Apollinaire³ and Fiogbe Emile Didier¹**

* Correspondence author : justeking@yahoo.fr

1 UAC/FAST/LRZH 01 BP 526 Cotonou Bénin

2 UAK BP 43 Kétou Bénin

3 INRAB Bénin

Affiliation details

UAC: University of Abomey-Calavi

FAST: Faculty of Science and Techniques

LRZH: Laboratory of Research in the Wetlands

INRAB: Bénin National Agricultural Research Institute,

UAK: Agricultural University of Ketou

***Article soumis dans international Journal of Biological
and Chemical Sciences (in press)***

Abstract

Artificial reproduction of fishes requires knowledge of their sexual dimorphism. African snakehead, *Parachanna obscura* sexual dimorphism determination is difficult through urogenital orifice examination. The aim of this study is to determine the sexual dimorphism of *P. obscura* using the parameters such as morphometric parameters, meristic parameters weight-length relationship and condition factor. For the study, 30 specimens of *P. obscura* were collected from a swamp in Sakete a southeastern district of Bénin. The fish weighed between 117g and 251g and their length were between 24.40 cm and 32.20 cm. At the end of this study, the different fins ray number were not significantly different ($P > 0.05$). There was no significant difference among male and female fish ($P > 0.05$) in total length, standard length, head length, snout length, snout width, head circumference and body circumference. Tail length had a

significantly difference between male and female ($P < 0.05$). The weight-length relationship indicated an allometric growth for the males and an isometric growth for the females. Significant difference was observed between male and female in condition factor ($P < 0.05$). The male condition factor was the double of female condition factor. Condition factor, tail length and weight-length can be used for *P. obscura* sexual dimorphism determination.

Keywords: *Parachanna obscura*, sexual dimorphism, condition factor, weight-length relationship

Introduction

Reproduction is essential for species conservation. In aquaculture, the supply of the seed must be assured for economic development of this sector (Ravindranath, 1988; Greiner and Gregg, 2010; Ibrahim and Nagar, 2010). Only natural propagation of some fish can't assure a breeding in captivity (Marimuthu *et al.*, 2001; Mylonas *et al.*, 2010). The control of artificial fish propagation is essential to promote aquaculture (Brzuska, 2004; De

Lapeyre *et al.*, 2010; Azrita *et al.*, 2015). The artificial fish propagation necessitated a control of some parameters included sexual dimorphism (Makmur *et al.*, 2003; Bijaksana *et al.*, 2015). Some Channidae fish are difficult sexually to distinguish. Channidae fish is known as snakeheads, murrels or serpent-headed fish (Kumar *et al.*, 2011; Kumar *et al.*, 2012). They are fishes living in freshwater, having accessory respiratory organ to utilize atmospheric air for respiration that enables them to thrive in oxygen depleted waters and they are native to Asia and Africa (Qin and Fast, 1998; Ali, 1999; Kumar *et al.*, 2012, Sahu *et al.*, 2012). They have a large mouth and sharp teeth with a long, cylindrical body with marks on the flank. Snakeheads have enlarged scales on the top of their heads and their eyes are located far forward on their head, similar to the scale patterns and eye positions of snakes (Courtenay and William 2004). The feeding and habitat depend on life stages; juveniles eat zooplankton, insect larvae, the young of other fishes and small crustaceans and the adults, become voracious predators.

Size and color patterns vary among 30 recognized species (Kumar *et al.*, 2012).

The African Channidae is known as genus *Parachanna* with only three species (*Parachanna africana*, *Parachanna insignis* and *Parachanna obscura*) and are restricted to Central and West Africa (Kumar *et al.*, 2012). *Parachanna obscura* is found in Bénin a West African country. African Snakeheads, *P. obscura* flesh is very appreciated by African consumers. It has a high economic value for African aquaculture, and a better growth rate (2 g/day), few bones, and tasty flesh, accepts high stocking density and can use the atmospheric oxygen for respiration (Micha 1974; Victor and Akpocha 1992; 2007; Bolaji *et al.* 2011). Dietary protein requirement, feeding rate requirement, optimum stocking density of *P. obscura* were previously studied (Kpogue and Fiogbe 2012 a, Kpogue and Fiogbe 2012 b , Kpogue *et al.*, 2013). Few information exist about the artificial propagation of this specie, except the study on Induced spawning of african snakehead fish (Agokei *et Hart* 2010) and the one on some aspects of the reproductive

biology of african Snakehead *parachanna obscura* in itu-cross river system (Isangedighi, and Umoumoh, 2011). The male and female uro-genital opening of male are same. The aim of this study is to determine the sexual dimorphism of *P. obscura* by using the parameters such as the morphometric and meristic parameters weight-length relationship and condition factor.

Material and methods

Specimen collection

30 specimens of *P. obscura* were collected from a swamp in Takon, a Sakete district (Southeast Bénin). specimens collection was carried out in rainy season with water temperature of 26.6°C, pH: 6.4 and dissolved oxygen 2.3 mg/L. Collected fish specimens weight was between 117g and 251g . After the transfer of specimens in the Wetland Research Laboratory of Abomey-Calavi University, the fish specimens dissection was made to separate the male from the female. The alcohol of 96° was used to keep the specimen.

Moderate parameters

According to the sex, the parameters such as:

Total Weight (TW),

Total Length (TL): Distance from the tip of the mouth to the extended tip of the caudal fin in cm

Standard Length (SL): Distance from the tip of the mouth to the caudal peduncle in cm

Tail Length (TaL): Distance from the tip of the caudal peduncle to the extended tip of the caudal fin in cm

Head Length (HL): Distance from the tip of the mouth to the extended tip of the occiput in cm

Snout Length (SL): Distance from the tip of the mouth to the former edge of the eye in cm

Snout Width (SW): Distance between both ocular lobes in cm

Head Circumference (HC): Circumference of head on a level with pectoral fins in cm

Body Circumference (BC): Circumference of body on a level with orifice urogenital in cm

Flank Number Task (FNT): Number of task on one flank

Scale Number of Lateral Line (SNLL): Number of scale on lateral line on one flank

Anal Number Ray (ANR): Number of ray of anal fin

Dorsal Number Ray (DNR): Number of ray on a level with dorsal fin

Tail Number Ray (TNR): Number of ray on a level with tail fin

Pelvic number Ray (PnR): Number of ray on a level with one pelvic fin

Pectoral Number Ray (PNR): Number of ray on a level with one pectoral fin

Calculated parameters and statistical analysis

Length-weight relationship was estimated using the equation: $TW = a TL^b$ (Ricker, 1971)

The condition factor was determined by the formula:

$$K = 100TW/TL^b$$

With:

a = intercept on y-axis; **b** = an exponent between 2 and 4 (Bagenal and Tesch, 1978); **K** = condition factor (Tesch, 1971); **TW** = Total Weight in g; **TL** = Total Length in cm.

Data were analyzed with the STATVIEW version 5.01 software. The data were analyzed using a one-way analysis of variance (ANOVA). Means were expressed as Means \pm SE. Significant differences among means were determined using Fisher's test $p= 0.05$ significance level. Relationship between weight and length were carried out using correlation and regression analyses.

Results

Male and female urogenital opening

P. obscura is an African Channidae suitable for aquaculture because of good zoo-technical performance, appreciated by African consumers and its high economic value. It has a large mouth and sharp teeth with a long cylindrical body with the marks on the flank (Figure 7.1. 1)



Figure 7.1. 1: specimen of *P.obscura*

Sexual dimorphism based on urogenital orifice form is difficult (Sparre and Venema, 1979) because male and female urogenital orifice looks alike (Figure 7.1.2 and 3).

Développement d'une pisciculture intensive de *Parachanna obscura* (Günther,1861) à base de vers de terreau comme outil de traitement écologique des déchets organiques



Figure 7.1.2: Orifice urogenital male of *P. obscura*



Figure 7.1.3: Orifice urogenital female of *P. obscura*

Ray number of different fins

Ray number of different fins was counted for sexual dimorphism determination (Table 7.1. 1). Dorsal fin ray ranged between 41 and 42 in male, and was 41 in female. Anal fin ray ranged between 27 and 30 in male and female. Tail fin ray was 12 in male and female. Pelvic fin ray ranged between 5 and 6 in female and was 6 in male. Pectoral fin ray was 15 in male and female. The different fins ray number was not significantly different ($P > 0.05$).

Table 7.1. 1: Ray number of different fins

Parameters	Sex	Number	Min	Max	Mean \pm SD	P
Anal Ray Number	♂	15	27.00	30.00	28.60 \pm 0.99	(P>0.05)
	♀	15	27.00	30.00	28.66 \pm 0.98	
Dorsal Ray Number	♂	15	41.00	42.00	41.06 \pm 0.25	(P>0.05)
	♀	15	41.00	41.00	41.00 \pm 0.00	
Tail Ray Number	♂	15	12.00	12.00	12.00 \pm 0.00	(P>0.05)
	♀	15	12.00	12.00	12.07 \pm 0.00	
Pelvic Ray number	♂	15	6.00	6.00	6.00 \pm 0.00	(P>0.05)

Développement d'une pisciculture intensive de *Parachanna obscura* (Günther,1861) à base de vers de terreau comme outil de traitement écologique des déchets organiques

	♀	15	5.00	6.00	5.87±0.35	
Pectoral Ray Number	♂	15	15.00	15.00	15.00±0.00	(P>0.05)
	♀	15	15.00	15.00	15.00±0.00	

***P. obscura* morphometric parameters**

Morphometric parameters such as: total length, standard length, tail length, head length, snout length, snout width, head circumference and body circumference were measured to determine a sexual dimorphism of *P. obscura* (Table 7.1. 2). No significant difference was ever observed with these different morphometric parameters between male and female ($P > 0.05$). Only the tail length was significantly different between male and female ($P < 0.05$). The tail length can be used to distinguish *P. obscura* male from female.

Table 7.1. 2: *P. obscura* morphometric parameters measured

Parameters	Sex	Number	Minimum	Maximum	Mean ± SD	P
Total Length	♂	15	24.80	32.20	28.34±2.07	(P>0.05)
	♀	15	24.40	30.00	26.99±1.60	
Standard Length	♂	15	21.40	27.00	24.94±3.68	(P>0.05)
	♀	15	20.50	26.40	23.26±1.46	
Tail Length	♂	15	3.40	5.80	4.17±0.63	(P<0.05)
	♀	15	2.80	4.40	3.72±0.44	
Head Length	♂	15	6.00	8.00	7.07±0.66	(P>0.05)
	♀	15	6.00	7.50	6.73±0.40	

Développement d'une pisciculture intensive de *Parachanna obscura* (Günther,1861) à base de vers de terreau comme outil de traitement écologique des déchets organiques

Snout Length	♂	15	1.50	2.00	1.81±0.20	(P>0.05)
	♀	15	1.40	2.00	1.73±0.16	
Snout Width	♂	15	1.40	2.60	2.03±0.35	(P>0.05)
	♀	15	1.50	2.60	1.92±0.30	
Head Circumference	♂	15	10.00	13.50	12.06±1.03	(P>0.05)
	♀	15	10.50	13.00	11.95±0.79	
Body Circumference	♂	15	9.80	13.00	11.67±0.92	(P>0.05)
	♀	15	9.90	13.80	11.86±1.08	

Weight, flank task and scale of lateral line

Total weight, flank task number and scale number of lateral line were measured (Table 7.1. 3). Total weight ranged between 124g and 251g in male and between 117g and 236g in female. Flank task number ranged between 6 and 8 in male and female. Scale number of lateral line ranged between 67 and 70 in male and between 66 and 70 in female. No significant difference was observed between male and female with this parameters ($P > 0.05$).

Table 7.1. 3: Weight, flank task and scale of lateral line of *P.obscura*

Parameters	Sex	Number	Minimum	Maximum	Mean ± SD	P
Total Weight(g)	♂	15	124.00	251.00	192.20±40.15	(P>0.05)
	♀	15	117.00	236.00	180.60±33.78	
Flank Number Task	♂	15	6.00	8.00	7.20±0.56	(P>0.05)
	♀	15	6.00	8.00	7.20±0.86	
Scale Number of Lateral Line	♂	15	67.00	70.00	68.47±0.91	(P>0.05)
	♀	15	66.00	70.00	68.47±1.25	

Weight- length relationship

Weight- Length relationship was determined by the following regression equations:

Male: $TW = 0.0197 TL^{2.7422}$ with $r^2 = 0.8366$ (Figure 7.1. 4)

Female: $TW = 0.0087 TL^{3.0128}$ with $r^2 = 0.8558$ (Figure 7.1. 5)

Weight- Length relationship differ significantly in male and female ($P < 0.05$). Regression coefficient in the male was different from 3 (Table 7.1. 4). The male had an allometric growth with more growth in length than in weight. A correlation exists between the total weight and the total length for the square of the correlation coefficient was superior to 0.6 ($r^2 > 0.6$) (Table 7.1. 4).

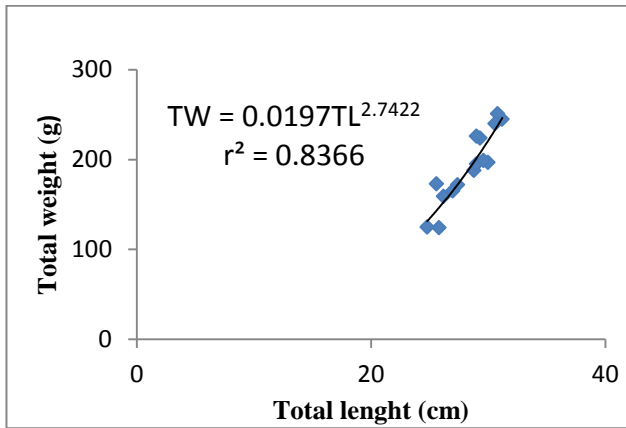


Figure 7.1. 4: Weight- length relationship of male

With: TW= Total Weight and TL= Total length

Table 7.1. 4: Parameters of weight- length relationship of *P.obscura*

Sex	a	b	r ²
Male	0.02	2.74	0.84
Female	0.01	3.01	0.85

Regression coefficient for the female was not different from 3 (Table 9. 4). The female had isometric growth.

Correlation exists between the total weight and total length because the correlation coefficient was superior to 0.6 ($r^2 > 0.6$) (Table 7.1. 4).

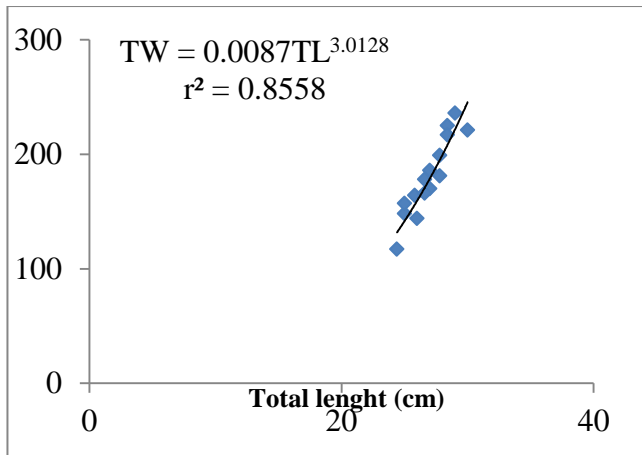


Figure 7.1. 5: Weight- length relationship of female

With: TW= Total Weight and TL= Total length

Condition factor

Condition factor varied according to the sex (Figure 7.1. 6). Condition factor ranged between 1.68 and 2.4 (1.99 ± 0.18) in male and varied from 0.78 to 0.97 (0.88 ± 0.06)

in female. Significant difference was observed between male and female ($P < 0.05$). Condition factor can be used to determine sexual dimorphism in *P. obscura*.

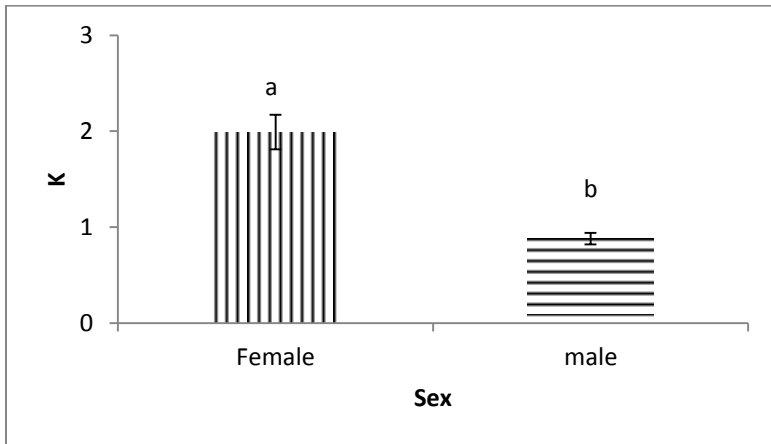


Figure 7.1. 6: condition factor

Discussion

Sexual dimorphism of *P. obscura* is not an easy task with urogenital orifice consideration. Meanwhile, other parameters such as: morphometric parameters, meristic parameters, coat, weight-length relationship and condition factor can be used for sexual dimorphism determination. Ray number of different fins like, anal fin,

tail fin, pelvic fin and pectoral fin were not significantly different in male and female ($P > 0.05$). The dorsal fin ray number ranged between 41 and 42 in male, and was 41 in female. This result agreed with the study of Leveque *et al.*, (1990) on description of this species in the fresh and brackish fish water of West Africa where the dorsal fin ray ranged between 39 and 45. The same study showed that the anal fin ray (26-32) ranged between 27 and 30 in male and female. Scale number of lateral line ranged between 67 and 70 in male and 66 and 70 in female. This observation agreed with the study of Kumar *et al.*, (2012) on sneakhead fishes fact sheets where the Scale number of lateral line ranged between 65 and 78. The flank scale number ranged between 6 and 8 in male and female agreed with the study of Leveque *et al.*, (1990) on description of this species in the fresh and brackish fish water of West Africa where the flank scale number ranged between 5 and 8. The flank scale number in both studies does not exceed 8.

The morphometric parameters, total length, standard length, head length, snout length, snout width, head

circumference and body circumference were not significantly different between male and female ($P > 0.05$). The maximum total length of this fish reported by Bonou and Teugels (1985) on systematic revision of *Parachanna* genus was 41cm and 35 cm on guide to the fishes of the river Nile in the Republic of the Sudan (Bailey, 1994). Those lengths are larger than the largest specimen (32.20 cm) observed in this study. But the tail length can be used to determine the sexual dimorphism of *P. obscura* because a significant difference exists between male and female ($P < 0.05$). Tail length of male is 4.17 ± 0.63 while the female's is 3.72 ± 0.44 .

Significant difference was observed between male and female in condition factor ($P < 0.05$). The male condition factor is the double of female condition factor. The condition factor value observed in the current study was lower compared to the one obtained by Olurin and Savage (2011) on *P. obscura* male reproductive biology in Southwestern Nigeria (59.49 ± 9.52). Female condition factor in this study 0.88 ± 0.06 is also lower than the female condition factor obtained by Olurin and

Savage (2011) (1.357 ± 0.4305). In the study of these authors, condition factor of the male was forty four times that of the female. In both studies, significant differences were observed between male and female in condition factor parameter. This parameter can be used to determine a sexual dimorphism in *P. obscura*.

Female specimens of *P. obscura* in this study were isometric growth because the regression coefficient was not significantly different from 3 ($b = 3.01$). This study agreed with that of Olurin and Savage (2011) on *P. obscura* reproductive biology in Southwestern Nigeria and disagreed with the study of Codjo (2012) on biology and ecology characterization of *P. obscura* in South of Bénin where the regression coefficient were 2.74 and 2.66 in two regions without sexual difference. The regression coefficient of female in this study was different from male regression coefficient. Male specimens were allometric growth because the regression coefficient was significantly different from 3 ($b = 2.74$). This result corroborated with the study of Olurin and Savage (2011) *P. obscura* reproductive biology in

Southwestern Nigeria where the regression coefficient of male was 1.77. This study shows that *p.obscura* male length was larger than the female specimen length. The study prove that weight-length relationship can be used to determine a sexual dimorphism in *P. obscura*.

Conclusion

African snakeheads, *Parachanna obscura* has a high economic value in african aquaculture, but the similar form of male and female urogenital orifice its make the artificial reproduction of this species difficult. This study tried to determine the sexual dimorphism by using other parameters such as: morphometric parameters, weight-length relationship and condition factor. The current study proved that tail length, weight-length relationship and condition factor can be used to distinguish *P.obscura* male and female.

Acknowledgements

We thank the authors of this study, the Laboratory of Research on Wetland of Abomey-calavi University and

the Ministry of High Education and Scientific Research
of Bénin Republic which provided a PhD grant to D.S.
Juste Vital Vodounnou.

7-2 : Reproduction semi-artificielle chez *P. obscura* en étang

7-2-1 Problématique de la reproduction chez *P. obscura*

La reproduction est un processus par lequel les espèces assurent leur pérennité. Cependant, seule la reproduction naturelle, ne peut permettre ni assurée convenablement l'élevage des espèces aquacoles en milieu contrôlé (Marimuthu *et al.*, 2001; Mylonas *et al.*, 2010). De ce part, la maîtrise de la reproduction artificielle et la disponibilité des larves et alevins d'une espèce piscicole constituent les facteurs déterminants pour sa domestication et son élevage en milieu contrôlé (Webber & Riordan, 1976). Mais la maîtrise de la reproduction artificielle n'est pas chose évidente sans la détermination du dimorphisme sexuel de l'espèce. Chez *P. obscura*, peu de données sont disponibles sur son dimorphisme sexuel encore moins sur sa reproduction artificielle. La ressemblance sexuelle du mâle et de la femelle ne favorise guère la faisabilité de sa reproduction artificielle (Sparre & Venema, 1979). Cependant, quelques études

ont essayé la détermination du dimorphisme sexuelle par des paramètres morphométriques, méristiques et autres (Kpoguè, 2012, Vodounnou, 2016). Vu les difficultés de détermination du dimorphisme sexuel afin de passer à une reproduction purement artificielle, une autre alternative pour rendre disponible en plein temps les larves et alevins de *P. obscura*, est la reproduction semi artificielle en étang. En effet, dans le milieu naturel, *P. obscura* se reproduit tout au long de l'année excepté les mois de février, mars et avril. Le pic de la reproduction est observé de mai à juillet. La fécondité absolue est estimée à $1813 \pm 1895,25$ œufs et la fécondité relative est estimée entre 3 et 41 oocytes par gramme de poids corporel (Isangedighi & Umoumoh, 2011). La reproduction semi- artificielle devient donc une solution pour avoir des larves et alevins de *P. obscura* tout au long de l'année.

7-2-2 Essai de reproduction semi artificielle de *P. obscura* en étang

Selon Adebisi 1987, la première taille de maturité chez les géniteurs de *P. obscura* est de 24,5 cm. Pour notre

expérimentation, deux séries de trois géniteurs matures de *P. obscura* de poids moyen $204,74 \pm 19,56$ g et compris entre 26,4 cm et 30,12 cm de longueur totale ont été utilisés. Une injection d'hormone (Ovaprim) à une dose de 0,7 ml/kg (Agokei & Hart, 2010), a été administrée aux deux séries (Figure 7.2.1). Après l'injection, les géniteurs ont été retournés dans un étang contenant de la jacinthe d'eau (*Eichhornia crassipes*) (Figure 7.2.2). 32 jours après l'injection, des alevins de $0,2 \pm 0,01$ g ont été récoltés (Figure 7.2.3).



Figure 7.2.1 : Injection hormonale au géniteur de *P. obscura*

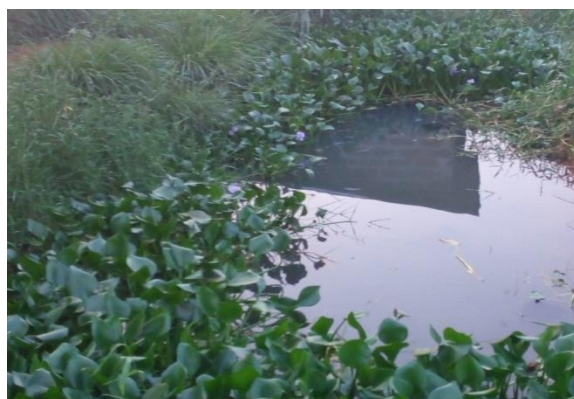


Figure 7.2.2 : Etang contenant de la jacinthe d'eau



Figure 7.2.3 : Larves de *P. obscura*

7-2-3 Conclusion

La disponibilité en plein temps des larves de *P. obscura* est possible grâce à une reproduction semi-artificielle en étang. En effet, la maturité sexuelle des géniteurs, l'injection hormonale et un étang comportant de la végétation flottante sont les conditions nécessaires pour cette reproduction semi artificielle.

Chapitre 8 : Discussion générale

La production et la valorisation des vers de terreau sous différentes formes dans les aliments aquacoles pour nourrir les alevins de *P. obscura* ont été recherchées dans cette étude. La demande croissante du poisson pour la consommation et la baisse des pêches face à l'explosion démographique provoquent une augmentation du prix de la farine de poisson (Tacon, 1997). Ce qui oblige les entreprises aquacoles à utiliser d'autres sources de protéines végétales comme animales pour une substitution partielle ou totale de la farine de poisson (Bairagi *et al.*, 2004; Ramachandran & Ray 2007; Ramachandran & Ray 2008 ; Djissou *et al.*, 2016 a ; Djissou *et al.*, 2016 b). Dans le souci de trouver d'autres substituants à la farine de poisson dans les aliments aquacoles, plusieurs études se sont focalisées sur l'utilisation des invertébrés à peu d'importance en consommation humaine pour la pisciculture (Monebi *et al.*, 2012 ; Nguyen, 2010 ; Ng *et al.*, 2001). Il a été donc impérieux de réaliser une synthèse bibliographique sur l'utilisation de quelques invertébrés en occurrence les

mouches, les termites et les vers de terreau en pisciculture. De même, une synthèse bibliographique a été réalisée sur la biologie, l'écologie et l'habitude alimentaire de *E. fetida* et de *P. obscura*. En effet, *P. obscura* est une espèce africaine d'eau douce, de la famille des Channidés, rustique, fort appréciée par les consommateurs à cause de la qualité de sa chair et à forte potentialités aquacoles (O' Bryen & Lee, 2007). Pour faciliter son élevage en captivité, des études récentes ont déterminé ses besoins nutritionnels et ses densités de mise en charge (Kpoguè, 2013). Mais l'inexistence de données sur la reproduction artificielle de cette espèce due aux difficultés de sa différenciation sexuelle nous ont orienté vers une étude sur le dimorphisme sexuel et la reproduction semi artificielle en étang. En effet, la détermination du dimorphisme sexuel des géniteurs d'une espèce est une condition sine qua non pour la réussite de sa reproduction artificielle en pisciculture. Or la maîtrise de la reproduction artificielle et la disponibilité des larves et alevins d'une espèce piscicole constituent les facteurs déterminants pour sa

domestication et son élevage en milieu contrôlé (Webber & Riordan, 1976). En plus de l'aspect du dimorphisme sexuel chez *P. obscura* et la reproduction semi artificielle en étang de *P. obscura* abordés dans notre étude les diverses études menées, nous ont permis de déterminer les meilleurs substrats de production des vers de terreau, d'évaluer la qualité nutritionnelle de la farine des vers de terreau en fonction des substrats utilisés, de déterminer le taux optimal de substitution de la farine de poisson par la farine de vers de terreau dans l'alimentation des alevins de *P. obscura*, de déterminer la meilleure forme de présentation des vers de terreau à valoriser en élevage de *P. obscura* et de déterminer l'effet des substrats de production sur les performances zootechniques des alevins de *P. obscura* nourris avec des régimes à base de vers de terreau issus de différents substrats.

8-1 Détermination des meilleurs substrats de production des vers de terreau

Il est prouvée par cette étude que les déjections animales comme : les crottes d'ovin, les crottes de lapin, les déjections de porcs, la bouse de vache, la fiente de

volaille et du compost végétal peuvent être utilisés pour produire les vers de terreau (Vodounnou *et al.*, 2016 a). Mais la croissance et le rendement de la production des vers de terreau dépendent non seulement de la qualité biochimique des substrats, mais aussi de la disponibilité de ses éléments nutritifs ainsi que l'utilisation de ces éléments nutritifs par les vers de terreau de même que l'espèce utilisée (Edwards *et al.*, 1998, Vodounnou *et al.*, 2016). *E. fetida* utilisée dans notre étude, est une espèce cosmopolite, de la famille des épigés, retrouvée souvent dans du terreau ou du fumier, d'où son nom "vers de terreau" ou encore "vers de fumier". Elle supporte la température sous les tropiques. C'est une espèce détritivore qui se nourrit des débris organiques qui sont dans le substrat tout en les décomposant (Chattopadhyay, 2012).

Des mortalités de vers de terreau ont été enregistrées avec quelques substrats comme les crottes d'ovins, le compost végétal et la fiente de volaille. Concernant la fiente de volaille les mortalités ont été observées pendant

le tout premier mois. Cette mortalité peut s'expliquer par la condition anaérobique qui s'est développée due aux forts taux d'Azote et de minéraux que contiennent la fiente de volaille (Sherman, 2003). Pour certains auteurs, la fiente de volaille est carrément déconseillée pour la vermiculure à cause des mortalités qu'engendrerait ce substrat de production (Sherman, 2003, Garg et *al.*, 2005). Pour d'autres, un pré-compostage très poussé est conseillé avant l'utilisation de la fiente de volaille comme substrat de production (Gunadi & Edwards, 2003). Le compost végétal utilisé est trop riche en cendre soit 84,4%, ce qui a conduit à des mortalités tout au long de la production. En effet, ce substrat contenait beaucoup de sable, ce qui a entraîné non seulement des mortalités, mais aussi un rendement négatif.

La croissance (vers g/jr) a varié en fonction des substrats ($P < 0.05$). Ce taux est compris entre $-0,06 \pm 0,02$ (compost végétal) et $1,34 \pm 0,11$ (bouse de vache). En fonction de la croissance des vers de terreau, l'efficacité des substrats de production, est classée comme suit :

bovise de vache ($1,34 \pm 0,11$) > déjection de porc ($1,17 \pm 0,09$) > crottes de lapin ($0,67 \pm 0,16$) > fiente de volaille ($0,38 \pm 0,07$) > crottes d'ovins ($0,05 \pm 0,05$) > compost végétal ($-0,06 \pm 0,02$). On constate que la croissance n'est pas directement fonction de la grandeur des différents éléments nutritifs du substrat. Le plus grand taux de Carbone 39,74 % se retrouve dans la déjection du porc qui n'a pas donné le meilleur rendement de production. Il en est de même pour le Phosphore et l'Azote dont les plus grandes valeurs sont respectivement 1,04 % dans les crottes de lapin et 2,99 % dans les crottes d'ovin. Cependant, ces substrats n'ont pas donné le meilleur rendement de production de vers de terreau. Ce constat peut s'expliquer par le fait que ces différents éléments nutritifs sont disponibles dans les substrats, mais ne sont pas accessibles ou bien la forme sous laquelle ils sont présents, n'est pas utilisable par les vers de terreaux. En effet, le substrat de production doit fournir au vers de terreau les éléments nutritifs métabolisables pour leur croissance et non des éléments sous forme inaccessible.

En outre, la vermiculture permet de produire des vers de terreau pour divers usages, mais aussi constitue un moyen de recyclage des déchets organiques (Manyuchi & Nyamunokora, 2014; Manyuchi *et al.*, 2014; Manyuchi & Phiri, 2013). Elle permet la transformation des déchets solides en humus directement utilisable par les végétaux.

8-2 Qualité nutritionnelle de la farine des vers de terreau en fonction des substrats utilisés

Les vers de terreau ont une composition en acides aminés comparable à celle de la plupart des protéines d'origines animales (Navarro *et al.*, 1989) et sont riches, tout comme les poissons, en acide gras de type omega3 (Dynes, 2003). Sa teneur en Lysine est suffisante pour combler les besoins en Lysine d'un enfant de 2 à 5 ans (Segovia, 1996). Son taux de protéine brute dans cette étude (56.90%) est supérieur aux taux de protéine contenu dans certains poissons comme : *Channa striatus*, *P. obscura* et *Sarotherodon melanotheron* (Baliu *et al.*, 2007, Zuraini *et al.*, 2006, Ama-Abassi 2013, Vodounnou *et al.*, 2016 b). Sa qualité nutritionnelle peut être fonction de l'espèce cultivée, mais aussi de la nature

biochimique du substrat de production (Tripathi & Bhardwaj 2004; Gajalakshmi *et al.*, 2005 ; Vodounnou *et al.*, 2016 c). Il est prouvé que, la nature du substrat affecte le rendement de la production (Vodounnou *et al.*, 2016 a). Dans cette étude, il est également prouvé que la nature du substrat affecte la qualité nutritionnelle de la farine des vers de terreau issus de différents substrats.

En effet, les vers de terreau produits avec différents substrats, récoltés, séchés, et moulus dans les mêmes conditions ont été soumis à des analyses en éléments nutritionnels comme : la cendre, l'azote et la protéine. Des différences significatives ont été notées au niveau des paramètres étudiés ($P < 0.05$). Le plus fort taux de protéine a été enregistré dans la farine de vers de terreau produits avec la déjection porcine ($51,38 \pm 0,05$ %) et le plus faible a été enregistré dans la farine de vers de terreau produits avec les crottes d'ovin ($42,45 \pm 0,08$ %). Les résultats liés aux taux de protéine en fonction des différents substrats se présentent comme suit : Déjection de porc > fiente de volaille > crottes de lapin > bouse de

vache > crottes d'ovin. On constate ici également qu'il n'y a pas un lien étroit entre la teneur en Azote du substrat et le taux de protéine de la farine de vers de terreau issu du même substrat. Le plus grand taux d'Azote dans le substrat est 2,99% et contenu dans les crottes d'ovin alors que le taux de protéine provenant de la farine des vers de terreau produits avec ce substrat est de $42,45 \pm 0,08\%$. Cependant, le plus fort taux de protéine a été enregistré dans la farine de vers de terreau produits avec la déjection porcine ($51,38 \pm 0,05\%$) avec 2,05 % comme taux d'Azote dans le substrat. Ce qui confirme une fois encore que la forme de disponibilité et d'accessibilité de la composition chimique des substrats affecte la production ainsi que la qualité nutritionnelle des vers de terreau. En revanche, la farine de vers de terreau la plus riche en protéine, est issue des vers produits avec les déjections de porc qui a le taux le plus élevée en ratio Carbone /Azote/ Phosphore (46,16). On a constaté aussi que le taux d'Azote contenu dans la farine des vers de terreau est supérieur au taux d'Azote contenu dans le substrat, et ceci avec tous les substrats. Ce

résultat peut s'expliquer par le développement des bactéries et des champignons lors de la dégradation du substrat et qui profite à l'alimentation des vers. En effet, pendant le lombricompostage, le développement des bactéries et des champignons constitue une source supplémentaire de nourriture pouvant accroître le rendement et la qualité nutritionnelle des vers de terreau (Pramanik & Chung, 2011).

8-3 Taux optimal de la substitution de la farine de poisson par la farine des vers de terreau

L'utilisation de la farine de poisson en pisciculture constitue de nos jours une entrave pour le développement de cette dernière, car la farine de poisson considérée comme principale source de protéine animale des régimes alimentaires piscicoles est la cause fondamentale des coûts élevés de la production piscicole. Il urge donc d'explorer d'autres sources de protéines peu ou pas du tout utilisées dans la consommation humaine et pouvant valablement remplacer la farine de poisson. Or, les lombriciens ont une composition en acides aminés comparable à celle de la plupart des protéines d'origines

animale (Navarro *et al.*, 1989) et sont riches, tout comme les poissons, en acide gras de type omega3 (Dynes 2003). Ces lombriciens, en occurrence les vers de terreau, ne sont pas encore utilisés dans l'alimentation au Bénin et sont généralement utilisés comme appâts pour la pêche. Sa valorisation généralement en productions animales et en particulier en pisciculture constitue une grande opportunité. Sa production est possible avec les déchets organiques et donne un rendement pouvant aller jusqu'à cinq fois en trois mois sa biomasse initiale (Vodounnou *et al.*, 2016 a). Sa valorisation dans l'alimentation de *P. obscura* a été étudiée au Bénin (Vodounnou *et al.*, 2016 b). *P. obscura* est une espèce carnivore, tropicale, purement africaine, qui accepte les conditions d'élevage sous les tropiques. C'est un poisson à très bonne valeur économique (O' Bryen & Lee, 2007, Kpoguè *et al.*, 2013). Après la détermination de ses besoins nutritionnels et sa densité de mise en charge (Kpoguè *et al.*, 2013), la détermination du taux optimal de substitution de la farine de poisson par la farine de vers de terreau dans l'alimentation de ce dernier constitue une

étape importante pour la valorisation de la farine des vers de terreau dans leur alimentation. Pour y parvenir, une substitution suivant une progression arithmétique de 25% de la farine de poisson par la farine des vers de terreau a été réalisée. A la fin de l'expérimentation, des différences significatives ($P < 0,05$) ont été notées concernant les performances zootechniques, l'utilisation de l'aliment ainsi que la composition des carcasses. Aucune différence significative ($P > 0,05$) n'a été notée au niveau du taux de survie des alevins en fonction des traitements avec une moyenne de $98,99 \pm 0,22\%$. Ce taux de survie obtenu s'explique par la bonne qualité physico-chimique du milieu d'élevage mais aussi par la valeur nutritionnelle des aliments utilisés. L'introduction des vers de terreau dans l'alimentation des alevins de *P. obscura* n'affecte pas donc leur survie. Le Taux de Croissance Spécifique a significativement varié en fonction des traitements ($P < 0,05$). Le meilleur taux $2,11 \pm 0,11$ %/jr a été obtenu avec les régimes ayant subi une substitution de 25% et de 50% de la farine de poisson par la farine de vers de terreau. L'Efficacité Alimentaire a

variée ($P < 0,05$) entre le régime ayant subi une substitution de 100 % ($0,24 \pm 0,02$) et celui de 50% ($0,58 \pm 0,03$). On constate de façon générale que les substitutions de la farine de poisson par la farine de vers de terreau commençant par 25% jusqu'à 75% ont donné de meilleur résultat comparativement au régime témoin (100% de farine de poisson) en ce qui concerne tous les paramètres zootechniques ainsi que les paramètres de l'utilisation de l'aliment. Ce constat prouve que les vers de terreau constituent une nouvelle source de protéine efficace et exploitable dans les aliments aquacoles. Le même constat a été fait par d'autres auteurs ayant utilisés la farine des vers de terreau comme substituant à la farine de poisson dans l'alimentation de *Clarias gariepinus* et de *Heterobranchus longifilis* (Ng *et al.*, 2001 ; Monebi & Ugwumba, 2012). La substitution de la farine de poisson à 50% par la farine de vers de terreau a donné aussi la meilleure qualité de carcasse avec un taux protéique de $53,09 \pm 0,08\%$. La farine des vers de terreau peut donc être introduite dans l'alimentation des alevins de *P. obscura*

avec une substitution optimale de 50% de la farine des vers de terreau par la farine de poisson.

8-4 Effets des substrats sur les performances zootechniques et utilisation de l'aliment des alevins de *P. obscura* soumis à des régimes à base de vers de terreau

Après avoir évalué l'effet des substrats sur la production des vers de terreau, (Vodounnou *et al.*, 2016 a), l'effet des substrats sur la qualité nutritionnelle des vers de terreau (Vodounnou *et al.*, 2016 c) et le taux idéal de substitution de la farine de poisson par la farine de vers de terreau dans l'alimentation des alevins de *P. obscura* (Vodounnou *et al.*, 2016 b), l'évaluation de l'effet des substrats sur les performances zootechniques, l'utilisation de l'aliment et la survie des alevins de *P. obscura* nourris avec des régimes à base de la farine des vers de terreau produits avec différents substrats est nécessaire. De ces différentes études, il a été prouvé que la nature du substrat affecte significativement ($P < 0,05$) le rendement des vers de terreau ainsi que leur qualité nutritionnelle (Vodounnou *et al.*, 2016 a ; Vodounnou *et al.*, 2016 c).

Le rendement de la production des vers de terreau est fonction de la composition biochimique des substrats, mais surtout de la disponibilité, la forme et l'accessibilité de ces éléments chimiques aux vers de terreau (Tripathi & Bhardwaj 2004; Gajalakshmi *et al.*, 2005 ; Vodounnou *et al.*, 2016 a). La qualité nutritionnelle des vers de terreau aussi est fonction de la nature biochimique du substrat, mais beaucoup plus du ratio C/N/P (Vodounnou *et al.*, 2016 c). En ce qui concerne, la détermination du taux optimal de substitution de la farine de poisson par la farine des vers de terreau, le taux optimal a été de 50 % (Vodounnou *et al.*, 2016 b). L'évaluation de l'effet du substrat sur les performances zootechniques des alevins de *P.obscura* nourris avec des régimes à base de vers de terreau (substitution à 50 % de la farine de poisson par la farine des vers de terreau) produits avec différents substrats a montré des différences significatives par rapport aux paramètres zootechniques considérés. Le Taux de Croissance Spécifique qui est un paramètre clé de la performance de croissance a significativement varié ($P < 0,05$) en fonction des différents traitements. La

valeur la plus élevée du Taux de Croissance Spécifique (TCS) a été de $3,05 \pm 0,26\%/J$ et a été obtenue avec le régime ayant subi l'incorporation de la farine des vers produits avec de la déjection porcine. La même remarque a été faite avec l'Efficacité Alimentaire ou la plus grande valeur est de $0,63 \pm 0,04$ obtenue avec le traitement ayant subi l'incorporation de la farine des vers produits avec la déjection porcine. La farine de vers de terreau produits avec les déjections de porc et contenant le taux de protéine le plus élevé, a induit également l'Efficacité Alimentaire et le Taux de Croissance Spécifique les plus élevés. La nature du substrat impacte donc les performances zootechniques ainsi que l'utilisation des aliments des alevins de *P. obscura* à travers la qualité nutritionnelle de la farine des vers de terreau qui a été utilisée.

8-5 La meilleure forme de présentation des vers de terreau à valoriser en élevage de *P. obscura*

Après la détermination du taux optimal de substitution de la farine de poisson par la farine de vers de terreau, la

détermination de la meilleure forme de présentation des vers de terreau à valoriser en élevage de *P. obscura* est à rechercher. De plus, après la production des vers de terreau, leur conservation doit prendre en compte la meilleure forme sous laquelle les alevins de *P. obscura* valorisent mieux les vers de terreau.

Pour cela, trois formes de présentation ont été expérimentées à savoir : la forme vivante, la forme congelée et la forme farineuse. Ces trois formes, ont été expérimentées dans trois régimes expérimentaux. La forme farineuse a été directement introduite dans l'aliment alors que la forme vivante et congelée ont été données sous forme de complément compte tenu de la matière sèche, du taux d'inclusion et du rationnement. A la fin de l'expérimentation, des différences significatives ($P < 0,05$) ont été notées concernant les performances zootechniques, l'utilisation de l'aliment ainsi que la composition des carcasses en fonction des différentes formes de présentation. Aucune différence significative ($P > 0,05$) n'a été notée concernant le taux de survie en

fonction des traitements avec une moyenne de $98,33 \pm 0,14\%$. L'efficacité Alimentaire la plus forte $0,71 \pm 0,02$, a été obtenue avec la forme vivante suivi de $0,61 \pm 0,04$ pour la forme farineuse et la forme congelée vient en dernière position avec $0,44 \pm 0,05$. La même observation est faite concernant le Taux de Croissance Spécifique, le Coefficient d'efficacité Protéique ainsi que la Valeur Productive de le Protéine. La forme vivante donnée sous forme de complément alimentaire a donné les meilleures performances zootechniques, de l'utilisation de l'aliment, ainsi que la meilleure composition biochimique de la carcasse. En effet, *P. obscura* est une espèce carnivore et préfère les proies vivantes dans son milieu naturel. La meilleure forme de présentation à valoriser en élevage de *P. obscura* est la forme farineuse compte tenu de l'aspect conservation des vers de terreau. Après la production des vers de terreau, ils peuvent donc être conservés sous forme vivante dans le substrat de production ou être transformés sous forme de farine afin d'être valorisés convenablement dans l'alimentation des alevins de *P. obscura*.

8-6 Dimorphisme sexuel et reproduction semi artificielle de *P. obscura*

La maîtrise de la reproduction artificielle et la disponibilité des larves et alevins d'une espèce piscicole constituent les facteurs déterminants pour sa domestication et son élevage en milieu contrôlé (Webber & Riordan, 1976). Cette reproduction artificielle n'est possible que lorsque le dimorphisme sexuel est accentué. Malgré les potentialités aquacoles de *P. obscura*, aucune différence visible n'existe entre les sexes chez les géniteurs surtout au niveau de l'orifice ano-uro-genital (Sparre & Venema, 1979). Cependant, la recherche d'autres paramètres qui peuvent renseigner sur le dimorphisme sexuel s'imposent. Les paramètres morphométriques, méristiques, les relations taille- poids ainsi que le coefficient de condition ont été utilisés pour faciliter la détermination du dimorphisme sexuel. Pour les paramètres morphométriques : la longueur totale, la longueur standard, la longueur caudale, la longueur de la tête, la longueur du museau, la largeur du museau, la circonférence de la tête et la circonférence du corps ont

été étudiés pour déterminer le dimorphisme sexuel. Concernant les paramètres méristiques, le nombre de taches sur le flanc, le nombre d'écailles sur la ligne latérale, le nombre de rayons au niveau de la nageoire dorsale, le nombre de rayons au niveau de la nageoire caudale, le nombre de rayons au niveau de la nageoire anale, le nombre de rayons au niveau de la nageoire pectorale et le nombre de rayons au niveau de la nageoire pelvienne, ont été utilisés aussi pour déterminer le dimorphisme sexuel. A cela s'ajoute la relation taille – poids et le coefficient de condition K. Les différentes mensurations et comptages ont été faits sur trente géniteurs de *P. obscura* de poids entre 117g et 251g et de taille entre 24,40 cm et 32,20 cm. Après ces différentes mensurations et comptages, aucun paramètre méristique (le nombre de tache sur le flanc, le nombre d'écaille sur la ligne latérale, le nombre de rayon au niveau de la nageoire dorsale, le nombre de rayon au niveau de la nageoire caudale, le nombre de rayon au niveau de la nageoire anale, le nombre de rayon au niveau de la nageoire pectorale et le nombre de rayon au niveau de la

nageoire pelvienne) n'a pu permettre de différencier le male de la femelle. Il en est de même pour les paramètres morphométriques considérés (la longueur totale, la longueur standard, la longueur de la tête, la longueur du museau, la largeur du museau, la circonférence de la tête et la circonférence du corps) exceptée la longueur caudale. En effet, la longueur caudale a présenté une différence significative ($P < 0,05$) entre le mâle et la femelle. La longueur de la nageoire caudale des femelles est alors significativement plus réduite que celle des mâles. Ce paramètre est souvent utilisé pour déterminer le dimorphisme sexuel des espèces piscicoles dont la différenciation sexuelle pose problème. C'est le cas de *C. auratus* et de *Pelvicachromis pulcher* (Ikenoué & Kafuku, 1992 ; Mélard, 2007). Par ailleurs, la circonférence de la tête prise au niveau du bord postérieur des branchies des mâles a permis de faire la différenciation sexuelle chez *P. obscura* selon les études de Kpoguè *et al.*, 2012. Selon cette étude, la circonférence de la tête des mâles aurait permis la différenciation sexuelle, ce qui est contraire aux

observations de notre étude ou aucune différence significative ($P > 0,05$) n'a été observée concernant ce paramètre en fonction du sexe (Vodounnou *et al.*, 2016 d). La relation taille- poids ainsi que le coefficient de condition K ont présenté aussi de différences significatives ($P < 0,05$) et donc peuvent permettre de faire la différence entre mâle et femelle des géniteurs de *P. obscura*. En effet, la femelle de *P. obscura* a une croissance isométrique car son coefficient de régression n'est pas significativement différent de 3 ($b = 3,01$) ; et le mâle a une croissance allométrique car son coefficient b de régression est différent de 3 ($b = 2,74$). La détermination du dimorphisme sexuel chez *P. obscura* peut être réalisée par les paramètres comme la longueur caudale, le facteur de condition et la relation taille-poids.

Néanmoins, la reproduction semi naturelle en étang de *P. obscura* est possible. En effet, la fécondité absolue moyenne de *P. obscura* est de 1.813 oocytes par femelle et la fécondité relative est estimée entre 3 et 41 oocytes par gramme de poids corporel (Isangedighi &

Umoumoh, 2011). Or selon Winemiller (1992 ; 2005) et Paugy (2002), les espèces à fécondité absolue faible sont caractérisées en général par une stratégie de reproduction non saisonnière. Elles se reproduisent alors pendant toutes les saisons de l'année et donnent des soins parentaux aux œufs et larves. Ces résultats montrent que *P. obscura* n'a pas alors une stratégie de reproduction saisonnière. Dans le milieu naturel, *P. obscura* se reproduit tout au long de l'année excepté les mois de février, mars et avril. Le pic de la reproduction est observé de mai à juillet (Isangedighi & Umoumoh, 2011). *P. obscura* se reproduit aussi spontanément en étang ou en aquarium comportant de la végétation dense, des plantes flottantes et un sol de sable fin (Victor & Akpocha, 1992). L'induction hormonale de la reproduction de *P. obscura* en milieu contrôlé a été récemment réalisée avec succès par Agokei & Hart (2010). L'hormone OVAPRIM à la dose de 0,7 ml/kg de poids vif a été utilisée à cet effet.

Conclusions générales et perspectives

La production des vers de terreau pour la pisciculture possède plusieurs avantages comme : La disponibilité d'une nouvelle source de protéine pour optimiser le rendement piscicole, le traitement écologique des déchets organiques et la disponibilité du lombricompost sous forme d'humus directement utilisable par végétaux. Le rendement ainsi que la qualité nutritionnelle des vers de terreau sont fonctions de la nature chimique des substrats de production. La disponibilité, la forme et l'accessibilité des éléments nutritionnels du substrat aux vers de terreau déterminent leur rendement et leur qualité. Le meilleur rendement de la production des vers de terreau, a été obtenu avec la bouse de vache, suivi de la déjection de porc. La qualité nutritionnelle de la farine des vers est beaucoup plus fonction du ratio carbone/azote/phosphore du substrat. Le taux de protéine le plus élevé de la farine des vers (51.38 ± 0.05 %) a été obtenu avec le substrat ayant le ratio carbone/azote/phosphore le plus élevé. De même, les alevins de *P. obscura* nourris avec des régimes

à base de vers de terreau issus de différents substrats ont subi de différences significatives en ce qui concerne leur croissance. Les performances zootechniques des alevins de *P. obscura* sont aussi fonctions de la nature du substrat de production des vers. La valorisation des vers de terreau en pisciculture et dans le cas d'espèce en élevage de *P. obscura* a permis son optimisation alimentaire et économique. Une substitution à 50 % de la farine de poisson par la farine des vers de terreau dans l'alimentation des alevins de *P. obscura* a permis d'avoir les meilleurs, performances zootechniques, l'utilisation de l'aliment ainsi qu'un bon taux de survie. Par ailleurs, pour conserver les vers de terreau et pour accroître le rendement des alevins nourris avec des régimes à base de vers de terreau, la forme farineuse est conseillée. En outre, la reproduction semi artificielle de *P. obscura* peut se faire en étang partiellement couvert par la végétation flottante. La différenciation sexuelle de *P. obscura* peut être réalisée grâce à la longueur caudale, les relations taille - poids ainsi que le coefficient de condition.

Pour faire la promotion de l'élevage de *P. obscura* avec des régimes à base de vers de terreau et pour la promotion du traitement écologique des déchets organiques par lombricompostage, les actions suivantes sont à recommander :

- Déterminer les besoins en acides aminés et en acides gras de *P. obscura*,
- Poursuivre les études pour une reproduction purement artificielle de *P. obscura*,
- Déterminer les facteurs anti nutritionnels de la farine des vers de terreau.

Références

- Adebisi AA, 1987. The relationships between the fecundities, gonado-stomatic indices and egg sizes of the fishes of Ogun River, Nigeria. *Hydrobiology*, 3: 151-156.
- Adeosun FI, Omoniyi IT, Akegbejo-Samsons Y, Olujimi OO, 2011. The fishes of the Ikere Gorge drainage system in Ikere, Oyo State, Nigeria: Taxonomy and distribution. *Asiatic Journal of Biotechnology Research.*, 2 (4): 374-383.
- Agbédé G, Nguekam Mpoame M, 1994. Essai d'utilisation de la farine de vers de terre *Eudrilus eugéniae* dans l'alimentation des poulets de chair en finition. *Tropicultura* 12,1 , 3-5
- Agokei OE, Hart AI, 2010. Induced spawning of the African snakehead fish. Poster presented in World Aquaculture Society meetings. AQ 2010. 1087.

Akitikpa IB, 2002. Essais de mise au point de formules alimentaires à base d'Azolla et de sous-produits locaux pour la pisciculture rurale. Mémoire d'Ingénieur des Travaux Production Animale EPAC/UAC. 89p.

Ali AB (1999). Aspects of the reproductive biology of female snakehead (*Channa striata* Bloch) obtained from irrigated rice agroecosystem, Malaysia. *Hydrobiologia*, 411: 71-77

Ama- Abasi DE, Affia IN, 2010. Aspects of the biology of snakehead, *Parachanna obscura* (Gunther, 1861) in the Cross river, Nigeria. *Global Journal of Agricult Science*, 9(2): 7 – 13.

Ama-Abasi D, Ogar A, 2013. Proximate Analysis of Snakehead Fish, *Parachanna obscura*, (Gunther 1861) of the Cross River, Nigeria. *Journal of Fisheries and Aquatic Science* 8 (1): 295-298

Aniebo AO, Erondu ES, Owen OJ, 2009. Replacement of fish meal with maggot meal in African catfish

(*Clarias gariepinus*) diets. Revista UDO
Agrícola, vol. 9, No. 3, PP. 666-671.

AOAC, 2000. Official Methods of Analysis. 17th Edition,
Association of Official Analytical Chemistry,
Arlington, Virginia, USA.

Arslan M, Sirkecioglu N, Bayir A, Arslan H, Aras M,
2012. The Influence of Substitution of Dietary
Fish Oil with Different Vegetable Oils on
Performance and Fatty Acid Composition of
Brown Trout, *Salmo trutta*. *Turkish Journal of
Fisheries and Aquatic Sciences* 12: 575-583.
DOI: 10.4194/1303-2712-v12_3_04

Avel M, 1959. *Classe des Annélides Oligochètes*. In
Grassé, P.-P. (éd.), *Traité de Zoologie. Anatomie,
Systématique, Biologie*. Masson et Cie, Paris:
224-470.

Ayyobi H, Olfati JA, Peyvast GA, 2014. The effects of
cow manure vermicompost and municipal solid
waste compost on peppermint (*Mentha piperita*

L.) in Torbat-e-Jam and Rasht regions of Iran.
*International Journal of Recycling Organic Waste
in Agriculture* 3 pp: 147–153. DOI
10.1007/s40093-014-0077-8

Azrita, Yuneidi B, Hafrijal S, 2015. Preliminary study
on domestication of Bluespotted Snakehead
(*Channa Lucius*, Channidae) in concrete tank.
Journal of Aquaculture Research Development,
6:2 <http://dx.doi.org/10.4172/2155-9546.1000309>

Bagenal TB, Tesch FW, 1978. Age and growth. In:
Methods of assessment of fish production of
commercially important marine fishes. Ed.
Bagenal T., Oxford Blackwell Scientific Publ.,
pp. 101-136

Bailey RG, 1994. Guide to the fishes of the River Nile in
the republic of the Sudan. *Journal of National
History*, 28: 937-970.

Bairagi A, Sarkar GK, Sen SK, Ray AK, 2004.
Evaluation of nutritive value of *Leucaena*

leucocephala leaf meal inoculated with fish intestinal bacteria *Bacillus subtilis* and *Bacillus circulans* in formulated diets for rohu, *Labeo rohita* (Hamilton) fingerlings. *Aquaculture Research*, 35, 436–446.

Bairagi A, Sarkar Ghosh K, Sen SK, Ray AK, 2004. Evaluation of nutritive value of *Leucaena leucocephala* leaf meal inoculated with fish intestinal bacteria *Bacillus subtilis* and *Bacillus circulans* in formulated diets for rohu, *Labeo rohita* (Hamilton) fingerlings. *Aquaculture Research*, 35, 436–446.

Baliu JK, Ogu J, Onwuemme C, 2007. Condition factor, fat and protein content of five fish species in Lekki Lagoon, *Nigeria Life Science Journal* 4 : 54-57.

Berg L S, 1940. Classification of Fishes, both Recent and Fossil. *Institute Zoology. Academy Of Sciences. USSR*. 5(2): 470-471.

- Bhat SA, Singh J , Vig AP, 2015. Potential utilization of bagasse as feed material for earthworm *Eisenia fetida* and production of vermicompost. *International Journal of Recycling Organic Waste in Agriculture* 4:11 9p. DOI 10.1186/s40064-014-0780-y
- Bhorgin LAJ, Uma K, 2013. Nutritional Evaluation of Earthworm Powder (*Lampito mauritii*). *Journal of Applied Pharmaceutical Science*. 3 (03): 082-084.
- Bijaksana U, Hidayaturrahmah SDDK, 2015. Re-stocking' model of snakehead farming, *Channa striata* blkr in the swamp bangkau of South Kalimantan Province. *Global Journal of Fisheries and Aquaculture* Vol. 3 (2), pp. 198-204
- Bisht R, Pandey H, Bharti D, Bisht SPS, Kaushal BR, 2007. Reproductive potential of the earthworm *Metaphire posthuma* (Oligochaeta) in different food substrates. *Tropical Ecology* 48(1) pp: 107-114

- Blache J, Miton F, Stauch A, Iltis A, Loubens G, 1964.
Les poissons du bassin du Tchad et du bassin
adjacent du Mayo-Kebbi : Etude systématique et
biologique. Publ. ORSTOM, Paris, 483 p.
- Blanc M, 1963. Catalogue des types d'*Anabantidae* et
d'*Ophicephalidae*. (Poissons Teleosteens
Perciformes). *Bulletin du Muséum National d'
Histoire Naturelle*; 2nd Series. 35(1): 70-77.
- Bolaji BB, Mfon TU, Utibe DI, 2011. Preliminary study
on the aspects of the biology of snakehead fish
Parachanna obscura (Günther) in a Nigerian
wetland. *African Journal of Food and Agriculture
Nutrition of Development*, 11 (2): 4708 - 4717.
- Bonou CA, Teugels GG, 1985. Révision systématique du
genre *Parachanna* (Teugels & Daget, 1984)
(Pisces: Channidae). *Rev. Hydrobiology
Tropicultura*, 18: 267 – 280

Bremner JM, Mulvaney RG, 1982. Nitrogen total:
Method of soil analysis. American Society of
Agronomy, Madison, 575–624.

Brinkhurst RO, 1982. Evolution in the Annelida.
Canadian Journal of Zoology 60: 1043-1059.

Brummet R, Lazard J, Moehl J, 2008. African
aquaculture: Realizing the potential. *Food*

Brzuska E, 2004. Artificial propagation of African catfish
(*Clarias gariepinus*): the application of a single
dose of pellets containing D-Ala6 Pro9NET-
mGnRH and dopamine inhibitor metoclopramide.
Czech Journal of Animal Science 49 (7): 289–296

Chakrabarty D, Das SK, Das KM, Biswas PK, 2009.
application of vermitechnology in aquaculture.
Dynamic Soil, Dynamic Plant, 3: 41-44.

Chakrabarty D, Das SK, Das MK, Bag MP, 2010.
assessment of vermicompost as direct application
manure in fish farming ponds. *Turkish Journal of*

Fisheries and Aquatic Sciences, 10: 47-52. doi:
10.4194/trjfas.2010.0107

Changuo X, Pingjiu Z, Genxing P, Duosheng Q, Qiuhua C, 2006. Changes in diversity, protein content, and amino acid composition of earthworms from a paddy soil under different long-term fertilizations in the Tai Lake Region, China. *Acta Ecologica Sinica*, 26: 1667-1674. doi: 10.1016/S1872-2032(06)60030-9

Chattopadhyay GN, 2012. Use of vermicomposting biotechnology for recycling organic wastes in agriculture. *International Journal Of Recycling of Organic Waste in Agriculture* 1:8. doi:10.1186/2251-7715-1-8

Chaves RC, de Paula RQ, Gücker B, Marriel IE, Teixeira AO, Boëchat IG, 2015. An alternative fish feed based on earthworm and fruit meals for tilapia and carp postlarvae. *Brasilian Journal of Biosciences*. 13 (1) 15-24.

- Chen HY, Tsai HC, 1994. Optimal dietary protein level for the growth of juvenile grouper *Epinephelus malabaricus* fed semi purified diets. *Aquaculture* 119: 265-271.
- Chou RL, Her BY, Su MS, Hwang G, Wu YH, Chen HY, 2004. Substituting fish meal with soybean meal in diets of juvenile cobia *Rachycentron canadum*. *Aquaculture*, 229: 325–333. doi: 10.1016/S0044-8486(03)00395-8.
- Codjia JTC, Noumonvi RCG, 2002. Guide technique d'élevage n°2 sur les escargots géants. J. Hardouin, B.E.D.I.M, FUSAGx, 5030 Gembloux 8 p.
- Codjo L, 2012. Caractéristiques biologiques et écologiques de *Parachanna obscura* dans la basse Vallée de l'Ouémé (Sud Bénin). Thèse d'Ingénieur Agronome. Université de Parakou. République du Bénin. 52 p.

- Courtenay WR J, Williams JD, 2004. Snakeheads (*Pisces, Channidae*) a biological synopsis and risk assessment: USGS Circular 1251, 143 p.
- CURRY JP, 1998. Factors affecting earthworms abundance in soils. In :Edwards, Ecology. Boca Raton , *St. Lucie press*, pp.389.
- Dabbadie ML, 1996. Etude de la viabilité d'une pisciculture rurale à faible niveau d'intrant dans le Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire: approche du réseau trophique. Thèse de doctorat de l'Université de Paris 6. 214 p
- De Lapeyre BA, Muller-Belecke A, Horstgen-Sehwark G, 2010. Increased spawning activity of female Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) (L.) after stocking density and photoperiod manipulation. *Aquaculture Research*, 41(10): 561-567.
- Dedeke GA, Owa SO, Olurin KB, Akinfe AO, Awotedu OO, 2013. Partial replacement of fish meal by earthworm meal (*Libyodrilus violaceus*) in diets

for African catfish, *Clarias gariepinus*.
International Journal of Fisheries and Aquaculture; 5(9)229-233. DOI:
10.5897/IJFA2013.0354

Dedeke GA, Owa SO, Olurin KB, 2010. Amino acid profile of four earthworms species from Nigeria. *Agriculture and Biology Journal of Nigeria*. 1(2): 97- 102.

Direction de la production halieutique, 2015. Rapport Annuel d'Activité. Statistique des pêches Ministère de l'Agriculture, de l'Élevage et de la Pêche / Direction de la production halieutique République du Bénin

Direction des pêches, 2011. Rapport Annuel d'Activité. Ministère de l'Agriculture, de l'Élevage et de la Pêche, République du Bénin. 72 p.

Djissou ASM, Tossavi CE, Kpogue DNS, Toguyeni A, Fiogbe ED, 2016 a. Comparability of amino acids composition in leaves of *Azolla filiculoides*,

Moringa oleifera and Dialium guineensis as sources of proteins in food of fish. International Journal of Innovation and Applied Studies Vol. 17 No. 2 Jul., pp. 718-725

Djissou ASM, Adjahouinou DC, Koshio S, Fiogbe ED, 2016 b. Complete replacement of fish meal by other animal protein source on growth performance of *Clarias gariepinus* fingerlings. *International Aquaculture Research* DOI: 10.1007/s40071-016-0146-x

Djossou R, 2011. Etude des caractéristiques biologiques et écologiques de *Parachanna obscura* en vue de sa domestication au Sud-Bénin. Rapport de fin de formation pour l'obtention du diplôme de licence professionnelle. UAC-EPAC, 50 p.

Dong XH, Guo YX, Ji-Dan Y, Song WD, Huang X-H, Wang H, 2010. Apparent digestibility of selected feed ingredients in diets for juvenile hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus* x *Oreochromis*

aureus. *Aquaculture Research*, 41: 1356-1364.
doi: 10.1111/j.1365-2109.2009.02424.x

- Dynes RA, 2003. Earthworms Technology information to
available the development of Earthworm production.
Report for the rural Industries Research and
Development corporation RIRDC publication No
03/085; ISBN 0642586527. ISSN
14406845. Kingston. Australia. Echiurida.
- Gruyter, W, Berlin und Leipzig 1928 bis 1934: 1-
118.
- Edwards CA, Bohlen P J, 1996. Biology and Ecology of
Earthworms 3rd ed. Chapman and Hall, London,
426 pp.
- Edwards CA, 1988. Breakdown of animal, vegetable and
industrial organic wastes by earthworms. *SPB
Academic Publishing, Hague*, pp:21–31.
- Edwards CA, Dominguez J, Neuhauser EF, 1998.
Growth and reproduction of *Perionyx excavatus*
(Megascolecidae) as factors in organic waste

management. – *Biology Fertilize Soils* 27 pp:
155–161.

Ekpo AO, 2004. The food of *Parachanna obscura* in
Asejire reservoir, Oyo State Nigeria. *Global
Journal of Pure Applied Science* 10 (2): 263 –
269.

El-Sayed AFM, 1994. Evaluation of soybean meal,
spirulina meal and chicken offal meal as protein
sources for silver seabream *Rhabdosargus sarba*.
Aquaculture, 127, 169–176.

Evans AC, Guild WJM, 1948. Studies on the relationships
between earthworms and soil fertility. V. Field
population. *Annal applied Biology*, 35, p.485-493.

Ewoukem TE, 2011. Optimisation biotechnique de la
pisciculture en étang dans le cadre du
développement durable des exploitations
familiales agricoles au Cameroun. These de
doctorat agrocampus ouest ; Université
Européenne de Bretagne ;164P

Fagade SO, Olaniyan CIO, 1974. Seasonal distribution of the fish fauna of the Lagos Lagoon. Bull. IFAN. 35 (1): 244-252.

Fagbenro OA, 1996. The dietary habits of *Channa obscura* (Gunther) from Owena Reservoir, Nigeria. *Journal of Tropical For Resources* 12:54-61

FAO, 2001. Profil de la pêche par pays : la République du Bénin, 43 p

FAO, 2004. La république du Bénin: Données économiques générales. Janvier 2004. 5 p.

FAO, 2006. The State of world fisheries and aquaculture. p. 185.

FAO, 2008. Aperçu général du secteur national d'aquaculture ; Département de Pêches et de l'aquaculture

- FAO, 2010. La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture ; Département de Pêches et de l'aquaculture (Ed), Rome (Italie), 500, 134p
- FAO, 2012. La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture. Rome, FAO, 241 pp.
- Fapohunda OO, Godstates R, 2007. Biometry and composition of fish species in Owena reservoir, Ondo State, Nigeria. *Journal of Central European Agriculture* 8 (1): 99 - 104.
- Fayolle L, 1982. Etude de l'évolution du système déchets-lombriciens-micro-organismes: perspectives appliquées. Thèse Doc. Ing. Université Claude Bernard, Lyon. 130p
- Fiogbé DE, 1985. Contribution à l'étude de l'alimentation du Tilapia en enclos dans les lagunes du Bénin. Thèse d'Ingénieur Agronome. UNB/FSA. University of Ibadan, 125 p.

- Forster, IP, Dominy W, Smiley S, Bechtel P, Hardy R, Babbitt J, 2004. Recent advances in utilization of fish by-products in aquaculture feeds. Abstracts Book. Aquaculture, 2004. March 1–5, 2004, Honolulu, Hawaii, USA.
- Gajalakshmi S, Ramasamy EV, Abbasi SA, 2005. Composting–vermicomposting of leaf litter ensuing from the trees of mango (*Mangifera indica*). *Bioresource Technology* 96 pp:1057–1061
- Gangbazo KH, 2012. Influence de la fréquence de nourrissage sur les performances zootechniques des juvéniles de *Parachanna obscura* (Günther, 1861) élevés en captivité. Msc thesis. *UAC/FAST/HBA*. P 47.
- Gao S, Yin N, Zhou F, Li H, Zhou J, Wang RJ, Shao QJ, 201. Evaluation of pea proteins and poultry protein as fish meal alternatives in the diets for juvenile

black sea bream, *Acanthopagrus schlegelii*.
Aquaculture Nutrition 19, 278-288

Garg VK, Chand S, Chhillar A, Yadav A, 2005. Growth and reproduction of *Eisenia fetida* in animal wastes. *Applied ecology and environmental research* 3(2) 51-59

Ghosh C, 2004. Integrated vermi-pisciculture - An alternative option for recycling of solid municipal waste in rural India. *Bioresource Technology*, 93: 71-75. doi: 10.1016/j.biortech.2003.09.014

Gilbert R, 1978. Elevage des vers de terre pour la pêche et le jardin. Ed. La maison rustique – Faire soi-même. 61 p.

Gosse JP, 1963. Le milieu aquatique et l'écologie des poissons dans la région de Yangambi. *Annale du Musée Royal d'Afrique Centrale en Science de Zoologie*, 116: 113 – 249.

- Gras R, 1961. Liste des poissons du Bas-Dahomey faisant partie de la collection du laboratoire d'hydrobiologie du service des eaux, forêts et chasses du Dahomey. *Bull IFAN* 23(2):572–586
- Greiner R, Gregg D, 2010. Considering recreational catch and harvest in fisheries management at the bio-regional scale. *Fisherie Management Ecology*, 17(4): 336-345.
- Gunadi B, Edwards CA, 2003. The effect of multiple application of different organic waste on the growth, fecundity and survival of *E. fetida*. *Pedobiologia* ; 47(4) pp 321-330 .
- Günther A, 1861. Catalogue of the Acanthopterygian fishes. The Trustees, London. Vol. III, 586 p.
- Hardouin T, Dongmo SK, Ekoue C, Loa M, Malekani, M, 2011. Guide technique d'élevage n° 7 sur les asticots. BEDIM 13P

- Hardy RW, Tacon, GJ, 2002. Fish meal: historical uses, production trends and future outlook for supplies. R.R. Stickney and J.P. MacVey editors. Responsible Marine Aquaculture, CABI Publishing, New York, USA, PP. 311-325.
- Hasanuzzaman AFM, Hossain SZ, Das M, 2010. Nutritional potentiality of earthworm (*Perionyx excavatus*) for substituting fish meal used in local feed company in Bangladesh. *Journal of Marine Science*, 25 (2): PP 134 – 139
- Hawa BY, 1991. Earthworm and maggot meals as a potential fish meal replacement. *Marine Fisheries Research Division, Tema P 62*
- Hernandez MD, Martinez FJ, Jover M, Garcia Garcia B , 2007. Effects of partial replacement of fish meal by soybean meal in sharpsnout seabream (*Diplodus puntazzo*) diet. *Aquaculture*, 263: 159-167. doi: 10.1016/j.aquaculture. 2006.07.040

Hlophe SN, Moyo NAG, 2014. Replacing Fish meal with Kikuyu Grass and Moringa Leaves: Effects on Growth, Protein Digestibility, Histological and Haematological Parameters in *Clarias gariepinus*. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 14: 795-806. DOI: 10.4194/1303-2712-v14_3_22

Houankanlin NO, 2012. Effet de la teneur en lipides des aliments sur les performances zootechniques des alevins de *Parachanna obscura* (Günther, 1861), élevés en captivité. Rapport de fin de formation présenté pour l'obtention du diplôme de Licence Professionnelle. EPAC/UAC. 60p.

Ibrahim N, Nagar GE 2010. Water quality, fish production and economics of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* and African catfish, *Clarias gariepinus*, monoculture and polyculture. *J. World Aquacult. Soc.*, 41(4): 574-582.

Isangedighi IA, Umoumoh OE, 2011. Some aspects of the reproductive biology of african snakehead - *Parachanna obscura* in situ-cross river system Nigerian Journal of Agriculture, Food and Environment. 7(4):19-30

Ishtiyag AN, Anisa BK, 2010. Vermicomposting of invasive species *azolla pinnata* With *eisenia fetida*. *International Qvermibinterl Journal Of Life Science* 5(2) pp: 239-241

Jamabo NA, Agokei EI, AndNjoku CC, 2013. Aspects of the food and feeding habits of african snakehead *Parachanna obscura* (Gunther, 1861) in Orashi River, Nigeria. *Continental Journal of Fisheries and Aquatic Science* 7 (1): 1 - 7

Julendra H, 2003. Antibacterial activity test of earthworm meal as broiler feeds tuff to the bacteria growth of *Salmonella pullorum* with invitro method. *Research and Development in Technical Science and Knowledge* .

Jung Won-Gwan, Kim HS, Lee KW, Kim YE, Choi DK, Jang Bok-II, Cho SH, Choi CY ,2016. Growth and Body Composition Effects of Tuna Byproduct Meal Substituted for Fish Meal in the Diet of Juvenile Abalone, *Haliotis discus*. *Journal of the World Aquaculture Society* Vol. 47, No. 1 71-81

Kambale K, 1990. Contribution à l'étude du rythme d'activité des poissons de la rivière Tshopo et du fleuve Zaïre à Kisangani. Mémoire en Sciences, 55 p.

Karn SK, Chakrabarti SK, 2015. Simultaneous biodegradation of organic (chlorophenols) and inorganic compounds from secondary sludge of pulp and paper mill by *Eisenia fetida*. *International Journal of Recycling Organic Waste in Agriculture* 4 pp 53–62. DOI 10.1007/s40093-015-0085-3

Keiding J, 1986. The housefly—biology and control. Training and information guide (advanced level). Geneva, World Health Organization, (unpublished document WHO/VBC/ 86.937; available on request from Division of Control of Tropical Diseases, World Health Organization, 1211 Geneva 27, Switzerland).

Kikuchi K, 1999. Partial Replacement of fish meal with corn gluten meal in diets for japanese flounder *Paralichthys olivaceus*. *J. World Aquacult. Soc.*, 30, 357–363.

Kinsella JE, Shimp JL, Mai J, Weihrauch J, 1984. Sterol, phospholipid, mineral content and proximate composition of filets of select freshwater fish species. *Jornalof Food and Biochemical* 1 :131-140

Kobayashi H, Ohtomi M, Sekizawa Y, Ohta N, 2001. Toxicity of coelomic fluid of the earthworm *Eisenia foetida* to vertebrates but not

invertebrates: Probable role of sphingomyelin.
Comparative Biochemistry and Physiology - C
Toxicology and Pharmacology, 128: 401-411.
doi: 10.1016/S1532-0456(00)00213-1

Kobayashi H, Ohta N, Umeda M, 2004. Biology of
lysenin, a protein in the coelomic fluid of the
earthworm *Eisenia foetida*. *International Review
of Cytology*, 236: 45-99. doi: 10.1016/S0074-
7696(04)36002-X

Kostecka J, Paczka G, 2006. Possible use of earthworm
Eisenia fetida (Sav.) biomass for breeding
aquarium fish. *European Journal of Soil Biology*,
42: S231-S233. doi:
10.1016/j.ejsobi.2006.07.029

Kpoguè DNS, Mensah GA, Fiogbé ED, 2012. A review
of biology, ecology and prospect for aquaculture
of *Parachanna obscura*. *Review of Fish Biology
and Fishes*, DOI. 10.1007/s 11160-012-
9281-7.

Kpoguè D, Fiogbé E, 2012 a. Feeding rate requirements for *Parachanna obscura* fry reared under controlled environmental conditions. *Journal of Applied Bioscience*, 55: 3962– 3972.

Kpoguè D, Codjo L, Imorou Toko I, Fiogbé ED, 2012b. Caractéristiques biologiques et écologiques de *Parachanna obscura* dans la basse vallée de l'Ouémé (Bénin). Résumé présenté aux journées scientifiques internationales de Lomé. XV^{ème} édition. 22 au 26 Octobre 2012. Pp 121 – 122.

Kpogue DNS, Fiogbe ED 2012 c. Optimum stocking density for *Parachanna obscura* larvae fed at its optimum ration. *International Journal of Biological and Chemical Sciences.*; 6(3): 1293-1302

Kpoguè DNS, 2013. Domestication de *Parachanna obscura* (Günther, 1861) au Bénin : Besoins nutritionnels et densités de mise en charge. Thèse présentée en vue de l'obtention du grade de

docteur en sciences de l'université d'Abomey-Calavi. 153p.

Kpoguè DNS, Ayanou GA, Toko I, Mensah GA, Fiogbé ED, 2013 a .Influence of dietary protein levels on growth, feed utilization and carcass composition of snakehead *P. obscura* (Günther, 1861) fingerlings. *International Journal of Fisheries and Aquaculture Academic Journal* .vol 5(5),pp 71-77.

Kpogue DNS, Gangbazo KH, Fiogbe ED (2013 b). A Preliminary Study on the Dietary Protein Requirement of *Parachanna obscura* (Günther, 1861) larvae *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 13: 111-117.

Kristofersson D, Anderson JL, 2006. Is there a relationship between fisheries and farming Interdependence of fisheries, animal production and aquaculture *Marine Policy*, 30, 721–725.

Kumar K, Kumar R, Saurabh S, Sahoo M, Mohanty AK, Lalrinsanga PL, Mohanty UL, Sahu AK,

Jayasankar P, 2012. Snakehead fishes fact sheets.
Central Institute of Fresh Water Aquaculture;
Kausalyaganga, Bhubaneswar- 751 002 Odisha,
India

Kumar K, Eknath AE, Sahu AK, Mohanty UL, Kumar R,
Sahoo M, Noor J, 2011. Snakeheads: Challenging
fish for diversification of fish farming. *Fishing
Chimes* 31 (1):110-113

Laamiri MR, 2014. Opportunités de développement de la
pêche et de la pisciculture continentales au Maroc.
Université Mohammed V Rabat Faculté des
Sciences. Thèse de doctorat ; P 133

Lalèyè P, Chikou A, Ezin A, Philippart JC, Welcome RL,
2003. Fish and fisheries of the Oueme Delta,
Bénin (West Africa). Paper presented at the
Second International Symposium on the
Management of large Rivers for Fisheries, Phnom
Penh.

- Lalèyè P, Chikou A, Wuemènou T, 1997. Poissons d'eaux douces et saumâtres du Bénin: inventaire, distribution, statut et conservation. Inventaire des poissons menacés de disparition, statut et conservation. Inventaire des poissons menacés de disparition du Bénin. Rapport d'étude. Coop. Bénino-néerlandaise /Ambassade royale des Pays-Bas. Cotonou, Bénin, 80 p.
- Lee KE, 1985. Earthworms :their ecology and relationship with soils and land Use. New York, 411p.
- Lee PG, Ng PKL, 1991. The snakehead fishes of the Indo-Malaysian region. *National Malaysiana* 16: 113-129.
- Levêque C, 2006. L'habitat des poissons, pp. 277-299. In Lévêque C. &Paugy D. éd. Les poissons des eaux continentales africaines: diversité, écologie et utilisation par l'homme. IRD, Paris, 564p.

Leveque C, Paugy D, Teugels GG, 1990. The fresh and brackish water fishes of west Africa. ORSTOM/MRAC tome 1 p 384

Lim, SJ, Lee KJ, 2008. Supplemental iron and phosphorus increase dietary inclusion of cottonseed and soybean meal in olive flounder (*Paralichthys olivaceus*). *Aquaculture Nutrition.*, 14: 423–430. doi: 10.1111/j.1365-2095.2007.00546.x

Lim SR, Choi SM, Wang WJ, Kim KW, Shin IS, Min TS, Bai SC, 2004. Effects of dehulled soybean meal as a fish meal replacer in diets for fingerling and growing Korean rockfish *Sebastes schlegeli*. *Aquaculture*, 231: 457–468.

Makmur S, Rahardjo MF, Sukimin S 2003. Biology reproductive of *Channa striata* Bloch in flood plain Musi River South Sumatra. *Journal of Ichtiology Indonesia* 3: 57-62.

Manyuchi MM, Phiri A, 2013. Vermicomposting as a Solid Waste Management Strategy: A Review. *International Journal of Scientific Engineering and Technology*. 2 (12), 1234-1242.

Manyuchi MM, Nyamunokora M, 2014 a. Granulation of Vermicompost Using Vermiwash as a Binding Media. *Global Journal of Engineering Science and Researches*. 1(1): 4-6.

Manyuchi MM, Mudamburi T, Phiri A, Muredzi P, Kanhukamwe QC, 2014 b. Impact of vermicompost on peas cultivated soil. *Global Journal of Engineering Science and Researches*. 1(1): 1-3.

Marimuthu K, Haniffa MA, Muruganandam M, Arockia Raj AJ, 2001. Low cost murrel seed production. Technique for fish farmers. *Naga*, 24(1-2): 21-22.

Medina AL, Cova JA, Vielma RA, Pujic P, Carlos MP, Torres JV, 2003. Immunological and chemical analysis of proteins from *Eisenia foetida*

earthworm. *Food and Agricultural Immunology*,
15: 255-263. doi: 10.1080/09540100400010084

Mensah GA, Ekue MRM, Chadare FJ, Zannou A, 2001.
Guide de formation en achatiniculture. Rapport
multigraphié/ LRZHV/CRA
Agonkamey/INRAB/République du Bénin. 11 p.

Micha, JC, 1974. Fish populations study of Ubangui
river: trying local wild species for fish culture.
Aquaculture 4:85-87

Michaelsen W, 1928. Dritte Klasse der Vermes Polymera
(Annelida) *Clitellata- Gürtelwürmer*. In
Hükenthal, W. & T. Krumbach (eds.), Handbuch
der Zoologie.

Miller DM, 2010. Associate Professor and Extension
Specialist, Entomology, Subterranean Termite
Biology and Behavior Virginia Tech publication
PP. 444-502

Mishra K, Singh K, Tripathi CPM, 2014. Management of municipal solid wastes and production of liquid biofertilizer through vermic activity of epigeic earthworm *Eisenia fetida*. *International Journal of Recycling Organic Waste in Agriculture* (2014) 3:56. DOI 10.1007/s40093-014-0056-0

Monebi CO, Ugwumba AAA, 2012. Utilization of the earthworm, *Eudrilus eugeniae* in the diet of *Heteroclinus* fingerlings. *International Journal of Fisheries and Aquaculture*; 5 (2) 19-25. DOI: 10.5897/IJFA12.092.

Montchowui HE, 2009. Etude de la biologie de reproduction et de la multiplication artificielle d'une espèce de poisson Cyprinidae du bassin du fleuve Ouémé-Bénin : *Labeo parvus* Boulenger, 1902. Thèse Doctorat. Université de Liège (Belgique). 160 p.

Morin H, 2006. Menaces sur la pêche, l'aquaculture prend le relais. *Le Monde*, 13 septembre, 20-21p

Müller JL, Pucher J, Tran TNT, Focken U, Kreuzer M, 2012. The potential of vermiculture to produce on-farm feed resources for aquaculture in mountainous areas of North Vietnam. In: Proceedings of the International Scientific Conference "Sustainable Land Use and Rural Development in Mountain Areas", University of Hohenheim, Stuttgart, Germany, 16-18 April 2012, pp. 113-114

Murray AM, 2006. A new Channide (Teleostei: Channiformes) from the Eocene and Oligocene of Egypt. *Journal of Paleontology*, 80 (6): 1172 – 1178.

Mustin M, 1987. Le compostage de la matière organique selon un procédé particulier : Lombricompostage. *Editions 3.8 Francois Dubus Paris*. P 243-251.

Muzinic LA, Thompson KR, Metts LS, Dasgupta S, Webster CD, 2009. Use of turkey meal as partial

and total replacement of fish meal in practical diets for sunshine bass grown in tanks. *Aquaculture Nutrition*, 12, 71–81.

Myers GS, Shapovalov L, 1931. On the identity of *Ophiocephalus* and *Channa*, two genera of labyrinth Fishes. *Pek National History Bulletin*, 6 (2): 33 – 37.

Mylonas CC, Fostier A, Zanny S, 2010. Broodstock management and hormonal manipulations of fish reproduction. *General and Comparative Endocrinology*, 165(3): 516-534.

Narhasan M, 2008. Nutritional composition of aquatic species in laotian rice field ecosystems : Possible impact of reduced biodiversity. Master's Thesis, international Fisheries Management, University of Tromsø

Navarro VC, Rodriguez V, Montero Y and Malin A, 1989. Biological evaluation of biomass of the Cuban earthworm *Eudrelus eugenia*. Instituto de

Investigaciones porcinas, Ciencia y Tecnología en la
agricultura Ganadoporcina Vol.12(2):75-
85. Gaveta posta

Naylor RL, Goldberg RJ, Primavera JH, Nils Kaustky M,
Beveridge C M, Clay J, Folkes C, Lubchenco J,
2000. Effect of aquaculture on world fish
supplies. *Nature*, 405,

Naylor RL, Hardy RW, Bureau DP, Chiu A, Elliott M,
2009. Feeding aquaculture in an era of finite
resources. *PNAS*, 2009; 106: 15103-15110.

Naylor RL, Hardy RW, Bureau DP, Chiu A, Elliott M,
Farrell AP, Forster I, Gatlin DM, Goldberg RJ,
Hua K, Nichols PD, 2009. Feeding aquaculture in
an era of finite resources. *PNAS*, 106: 15103-
15110. DOI: 10.1073/pnas.0905235106

Ndegwa PM, Thompson SA, 1999. Integrating
composting and vermicomposting in the treatment
and bioconversion of biosolids. *Bioresource
Technology* 76, p. 107–112.

Nelson DW , Sommers LE, 1982. Total carbon and organic carbon and organic matter: Method of soil analysis. American Society of Agronomy, Madison, 539–579.

NEPAD, 2005. Déclaration d'Abuja sur la pêche et l'aquaculture durable en Afrique, sommet du NEPAD "du poisson pour tous". Abuja, Nigéria, 25 Août 2005, 3 p.

Neuhauser EF, Hartenstein R, Kaplan DL, 1980. Growth of the earthworm *Eisenia fetida* in relation to population density and food rationing. *OIKOS* 35: 93–98.

Ng KLP, Lim KKP, 1990. Snakeheads (Pisces: Channidae): Natural history, biology and economic importance. In: Chou LM, Ng PKL (eds) Essays in Zoology. Departement of Zoology. National Univesrity, Singapore, pp 127–152

- Ng WK, Liew FL, Ang LP, Wong KW, 2001. Potential of mealworm (*Tenebrio molitor*) as an alternative protein source in practical diets for African catfish, *Clarias gariepinus*. *Aquaculture Research*; 32 (1) 273-280
- Nguyen HYN, 2010. Utilization of earthworms (*perionyx excavatus*) as a protein source for growing fingerling marble goby (*oxyeleotris marmoratus*) and tra catfish (*pangasius hypophthalmus*). Msc thesis, Faculty of Agricultural and Natural Resources, An Giang University, Long Xuyen City, Vietnam /Departement of animal nutrition and Management.51p
- NRC (National Research Council), 2011. Nutrient Requirements of Fish and Shrimp. National Research Council of the National Academics, *The National Academies Press, Washington D.C.*
- O' Bryen PJ, Lee CS, 2007. Discussion summary: socioeconomic aspects of species and systems

selection for sustainable aquaculture. In: Leung P, Lee CS, O' Bryen PJ (eds) Species and system selection for sustainable Aquaculture. Blackwell Publishing, Oxford, pp 477–487

Odesanya B O, Ajayi SO, Agbaogun BKO, Okuneye B, 2011. Comparative Evaluation of Nutritive Value of Maggots. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, Vol. 2, No. 11, pp. 5p

Odjo NO, 2012. Effet de la variation du taux de glucides sur les performances zootechniques des alevins de *parachanna obscura*. Mémoire de fin de formation, *Master Hydrobiologie Appliquée ; FAST/UAC* Page 35

Odo GE, Onoja SU, Onyishi GC, 2012. The biology of *Parachanna obscura* (Osteichthyes: Channidae) in Anambra River, Nigeria. *International Journal of Fisherie and Aquaculture*, 4 (8): 154 – 169.

Ogunji JO, Kloas W, Wirth M, Schulz C, Rennert B, 2006. Housefly Maggot Meal (Magleal): An

Emerging Substitute of Fishmeal in Tilapia diets,
Deutscher Tropentag P. 7

Ogunremi JB, Obasa SO, 2009. Growth and survival of
Clarias gariepinus fry on zooplankton raised from
poultry dropping. *Pakistan Journal of Nutrition*;
8(4) 392-394. DOI: 10.3923/pjn.2009.392.394.

Ohta N, Aizu M, Kaneko T, Sato T, Kobayashi H , 2003.
Damage to the gills, skin and other tissues by
lysenin and the coelomic fluid of the Earthworm
Eisenia foetida in Two Teleosts, *Tanichthys*
albonubes and *Oreochromis mossambicus*.
Journal of Experimental Zoology Part A:
Comparative Experimental Biology, 295: 117-
126. doi: 10.1002/jez.a.10193

Olele NF, 2011. Growth response of *heteroclarias*
fingerlings fed on earthworm meal in hatchery
tanks. *Journal of Life Science*, 3(2) 131-136.

Olurin KB, Savage OD, 2011. Reproductive biology,
length–weight relationship and condition factor of

the African snake head, *Parachanna obscura*,
from River Oshun, South-west Nigeria.
*International Journal of Fisheries and
Aquaculture* Vol. 3(8), pp. 146-150

Ossey YB, Atsé BC, Koumi AR, Kouamé LP, 2014.
Effect of maggot dietary protein level on growth
performance, feed utilization, survival rate and
body composition of *Heterobranchus longifilis*
Larvae Reared in Aquarium, *British Journal of
Applied Science & Technology* Vol.4. No.13, PP.
2000-2010.

Paoletti MG, Buscardo DJ, VanderJagt A, Pastuszyn L,
Pizzoferrato YS, Huang LT, Chuang M, Millson
H, Cerda F, Glew RH, 2011. *Proceedings the
Royal Society of Biological Sciences*. London P:
249-257.

Pauly D, Christensen V, Guénette S, Pitcher TJ, Sumaila
RU, Walters CJ, Watson R, Zeller D, 2002.

Towards sustainability in world fisheries. *Nature*, 418, 689-695.

Perel TS, 1977. Differences in lumbricid organization connected with ecological properties. *In*: Lohm, U. et Persson, T. (eds), Soil organisms as components of ecosystems. *Ecology Bulletin*, Stockholm, pp. 56-63.

Pham MA, Lee KJ, Lim SJ, Park KH, 2007. Evaluation of cottonseed and soybean meal as partial replacement for fish meal in diets for juvenile Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*. *Fisherie Science.*; 73:760–76. doi:10.1111/j.1444-2906.2007.01394.x

Pillay TVR, 1990. *Aquaculture: Principles and Practices*. Fishing News Books: Oxford; 575 p.

Pramanik P, Chung YR, 2011. Changes in fungal population of fly ash and vinasse mixture during vermicomposting by *Eudrilus eugeniae* and *Eisenia fetida*, Documentation of cellulose

isozymes in vermicompost. *Waste Manage* 31
pp:1169–1175

Pucher J, Steinbronn S, Mayrhofer R, Schad I, El-Matbouli M, Focken U, 2013 b. Improved Sustainable Aquaculture Systems for Small-Scale Farmers in Northern Vietnam (Chapter 8). In: H.L. Fröhlich, P. Schreinemachers, G. Clemens and K. Stahr (Eds), *Sustainable Land Use and Rural Development in Southeast Asia: Innovations and Policies for Mountainous Areas*. Springer Verlag 281-317.

Pucher J, Mayrhofer R, El-Matbouli M, Focken U, 2014 a. Effects of modified pond management on limnological parameters in small scale aquaculture ponds in mountainous Northern Vietnam. *Aquaculture Research*, pp. 1-15, doi:10.1111/are.12465

Pucher J, Ngoc TN, Yen TTH, Mayrhofer R, El-Matbouli M, Focken U, 2014 b. Earthworm Meal as Fish

meal Replacement in Plant based Feeds for Common Carp in Semi-intensive Aquaculture in Rural Northern Vietnam. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 14: 557-565.
DOI: 10.4194/1303-2712-v14_2_27

Qin JG, Fast AW, 1998. Effects of temperature, size and density on culture performance of snakehead *Channa striatus* (Bloch), fed formulated feed. *Aquaculture Research*, 29(4); 299-303.

Ramachandran S, Bairagi A, Ray AK, 2005. Improvement of nutritive value of grass pea (*Lathyrus sativus*) seed meal in the formulated diets for rohu, *Labeo rohita* (Hamilton) fingerlings after fermentation with a fish gut bacterium. *Bioresource Technology*, 96, 1465–1472.

Ramachandran S, Ray AK, 2008. Effect of different processing techniques on the nutritive value of grass pea, *Lathyrus sativus* L., seed meal in

compound diets for Indian major carp rohu, *Labeo rohita* (Hamilton), fingerlings. *Archive of Polish Fisheries*, 16, 189–202.

Ramachandran S, Ray AK, 2007. Nutritional evaluation of fermented black gram (*Phaseolus mungo*) seed meal in compound diets for rohu, *Labeo rohita* (Hamilton), fingerlings. *Journal of Applied Ichthyology*, 23, 74–79.

Rathinamala J, Jayashree S, Lakshmanaperumalsamy P, 2008. Potential utilization of domestic wastes as a suitable experimental diet to enhance the biomass of *Eudrilus eugeniae* in various seasons. *Eco Env Cons* 14 pp:43–50

Ravindranath K, 1988. Propagation of the commercially important air breathing fish *channa striata* (bloch) in farm ponds. *Indian Journal of Fisheries*. 35 (4): 330-332

Reinecke AJ, Viljoen SA, Saayman RJ, 1992. The suitability of *Eudrilus eugeniae*, *Perionyx*

excavatus and *Eisenia fetida* (Oligochaeta) for vermicomposting in Southern Africa in terms of their temperature requirements. – *Soil Biology Biochemical*. 24: 1295–1307.

Ricker WE, 1971. Linear regressions in fisheries research. *Journal of Fisheries Research Board of Canada*., 30: 409 - 434.

Rieh LR, Baensch HA, 1991. *Aquarien Atlas*. Band.1.Melle: Mergus, Verlag für Natur und Heimtierkunde, Germany.992 p.

Roghaye F, 2012. A review on earthworm *Eisenia fetida* and its applications *Annals of Biological Research*, 3 (5) 2500-2506

Sabine J, 1983. Earthworms as a source of food and drugs. In J.E. Satchell (ed) *Earthworm ecology: from Darwin to vermiculture*. Chapman and Hall, London, UK.

Safarkhanlo L, Nagarestani H, Amadi H, Moaini S, 2009.

Journal of marine sciences Iran. 1:57.30-26

Sahu BB, Kumar K, Sahoo AK, Kumar R, Mohanty UL,

Jahan N, Sahoo M, Eknath AE , 2012. Carcass characteristics of marketable size striped murrel

Channa striatus (Bloch, 1793). *Journal of Applied Ichthyology* DOI: 10.1111/j.1439-0426.2011.01917.x.

Samocha T, Davis DA, Saoud IP, DeBault K, 2004.

Substitution of fish meal by co-extruded soybean poultry by-product meal in practical diets for the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, 231, 197–203.

Saville DJ, 1990. Multiple comparison procedures: the

practical solution. *American Statistic.* 44(2): 174–180.

Segovia E, 1996. Analisis físico-químico de la harina de

lombriz *Eisenia foetida*. *Tesis de licenciatura*,

Ingenieria. Lima-Peru. Universidad Agraria La
Molina

Senna A, 1924. Sull'organe respiratoria soprobranchiale
degli ofiocefalidi e sus semplificazione in
Paraphiocephalus subg. *Monitore Zoologico
Italiano*, 35: 149 – 160.

Shakorian M, 1991. Study system production aggregation
Earth worm. 106pp.

Sherman R, 2003. Raising Earthworms Successfully,
North Carolina Cooperative Extension Service;
publication Number: EBAE PP. 103-83

Sims RW, Gerard BM, 1999. Earthworms FSC
publications, London 167p.

Sinha RK, Herat S, Agarwal S, Asadi R, Carretero E,
2002. Vermiculture and waste management: study
of action of earthworms *Elsinia foetida*, *Eudrilus
euginae* and *Perionyx excavatus* on
biodegradation of some community wastes in

India and Australia. *The Environmentalist*, 22: 261-268. doi: 10.1023/A:1016583929723

Sintayehu A, Mathies E, Meyer-Burgdorff KH, Rosenow H, Gunther KD, 1996. Apparent digestibilities and growth experiments with tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed soybean, cottonseed meal and sunflower seed meal. *Journal of Applied Ichthyology*, 12: 125-130. DOI: 10.1111/j.1439-0426.1996.tb00075.x

Sogbesan AO, Ugwumba AAA, Madu CT, 2007 a. Productivity potentials and nutritional values of semi-arid zone earthworm (*Hyperiodrilus euryaulos*; Clausen, 1967) cultured in organic manures as fish meal supplement. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 10: 2992-2997.

Sogbessan OA, Ugwumba AAA, Madu CT, Eze SS, Isa J, 2007 b. Culture and utilization of earthworm as animal protein supplement in diet of *Heterobranchus longifilis* fingerlings. *Journal of*

Fisheries and Aquatic Science; 2: 375-386. DOI:
10.3923/jfas.2007.375.386

Solomon SG, Sadiku SOE, Tihamiyu LO, 2007. Wing
Reproductive Termite (*Macrotermes nigeriensis*)
– Soybean (*Glyxine max*) Meals Blend as Dietary
Protein Source in the Practical Diets of
Heterobranchus bidorsalis Fingerlings *Pakistan
Journal of Nutrition* Vol. 6, No. 3, PP. 267-270

Sparre P, Venema SC, 1979. Introduction to tropical fish
stock assessment. Part 1: Nabyak-FAO fish
technic. 306: 1-376

Stafford EA, Tacon AGJ, 1984. Nutritive value of the
earthworm, *Dendrodrilus subrubicundus*, grown
on domestic sewage, in trout diets. *Agricultural
Wastes*, 9: 249-266. doi: 10.1016/0141-
4607(84)90084-2

Steinbronn S, 2009. A case study: Fish production in the
integrated farming system of the Black Thai in
Yen Chau district (Son La province) in

mountainous North-Western Vietnam - Current state and potential (PhD thesis). Ph.D.-Thesis, Hohenheim, Stuttgart, Germany, University of Hohenheim.

Stickney RR, Hardy RW, Koch K, Harrold R, Seawright D, Masee KC, 1996. The effects of substituting selected oilseed protein concentrates for fish meal in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Journal of World Aquaculture Society*, 27, 57–63.

Subasinghe R, 2006. The State of world aquaculture. *FAO Fisheries Technical Paper*. FAO (Ed), Rome (Italie), 500, 134p

Sun, Z, Liu X, Sun L, Sng, C, 1997. Earthworm as a potential protein resource. *Ecology of Food Nutrition*, 36: 221-236. doi: 10.1080/03670244.1997.9991517

Tacon AGJ, 1997. Aquafeed and feeding strategies. In: Review of the state of world aquaculture. FAO

Fisheries Circular. No. 886, Rev 1. FAO, Rome.
163pp.

Tacon AGJ, Metian M, 2009. Fishing for aquaculture:
Non-food use of small pelagic forage fish-a global
perspective. *Reviews in Fisheries Science*, 17:
305-317. doi: 10.1080/10641260802677074

Tacon AGJ, Metian M, Turchini GM, de Silva SS, 2010.
Responsible aquaculture and trophic level
implications to global fish supply. *Reviews in
Fisheries Science*, 18: 94-105. DOI:
10.1080/10641260903325680

Tacon AGJ, Stafford EA, Edwards CA, 1983. A
preliminary investigation of the nutritive value of
three terrestrial lumbricid worms for rainbow
trout. *Aquaculture*, 35: 187-199. doi:
10.1016/0044-8486(83)90090-X.

Taebideraz kL, 1997. Resolution use by food living
animal breeding aquaculture. University Azad
Tehran, 87pp.

- Talashilkar SC, 1989. Recycling of urban wastes in agriculture. In: Mishara PC (ed) Soil pollution and soil organism. *Ashish Publishing, House, New Delhi*, pp 177–208
- Tesch W, 1971. Age and growth. International Biological Programme. Oxford and Edinburgh. pp. 97-130.
- Teugels GG, Daget J, 1984. *Parachanna* nom. nov. for the African snakeheads and rehabilitation of *Parachanna insignis* (Sauvage, 1884) (Pisces, Channidae). *Cybium*, 8(4): 1-7.
- Teugels GG, Reid GM, King RP, 1992. Fishes of the Cross River basin (Cameroon Nigeria) taxonomy, zoogeography, ecology and conservation: Tervuren Belgique, . 266: 132 p.
- Tohidinejad E, Madani H, Jenabi M, 2011. Organic Fertilizers and vermicompost. Shahid Bahonar university

- Toko I, 2007. Amélioration de la production halieutique des trous traditionnels à poissons (whedos) du delta de l'Ouémé (Sud Bénin) par la promotion de l'élevage des poissons-chats *Clarias gariepinus* et *Heterobranchus longifilis*. Thèse présentée en vue de l'obtention du grade de Docteur en sciences, Facultés Universitaires Notre-Dame de la Paix-Namur-Belgique, Faculté des sciences, 214 p.
- Tomlin AD, 1981. Élevage des vers de terre. Agriculture Canada. Canadex No 489. 4 pages
- Tram NDQ, Ngoan LD, Ogle B, 2005. Culturing earthworms on pig manure and the effect of replacing trash fish by earthworms on the growth performance of Cat fish (*Clarias macrocephalus* x *Clarias gariepinus*).theses p2.
- Tripathi G, Bhardwaj P, 2004. Comparative studies on biomass production, life cycles and composting efficiency of *Eisenia fetida* (Savigny) and *Lampito mauritii* (Kinberg). *Bioresource*

Technology 92 pp: 275–278. doi:10.1186/2251-7715-1-15

Tuan NN, 2010. Development of supplemental diets for carp in Vietnamese upland ponds based on locally available resources (PhD thesis). PhD in Agriculture Sciences, Stuttgart, University of Hohenheim.

Usuki I, 1955. Earthworms and some environmental factors, especially oxidation-reduction potentials. Sci. rep. Tôhoku univ. ser., Japon, 4, n°21 p. 13-23.

Victor R, Akpocha BO, 1992. The biology of Snakehead, *Channa obscura* (Gunther), in a Nigerian pond under monoculture. *Aquaculture* 101:17–24

Vodounnou DSJV, 2014. Substitution de la farine de poisson par la farine de vers de terreau (*Eisenia fetida* [Savigny, 1826]) dans l'alimentation des alevins de *Parachanna obscura* (Günther, 1861)

élevés en captivité. Mémoire de Master en Hydrobiologie Appliquée, 64p

Vodounnou DSJV ,Djissou AMS , Kpogue DNS , Dakpogan H, Mensah GA , Fiogbe ED, 2015. Review about the use of the Invertebrates in Pisciculture: Termites, Earthworms and Maggot. *International Journal of Multidisciplinary and Current Research* 3(3): 620-628.

Vodounnou DSJV, Kpogue DNS , Tossavi CE, Mensah GA, Fiogbe ED, 2016 a. Effect of animal waste and vegetable compost on the production and growth of earthworm (*Eisenia fetida*) during vermiculture. *International Journal of Recycling Organic Waste in Agriculture*; 5:87-92. DOI 10.1007/s40093-016-0119-5

Vodounnou DSJV, Kpogue DNS, Mensah GA , Fiogbe ED, 2016 b. Culture of earthworm (*Eisenia fetida*), production, nutritive value and utilization of its meal in diet for *Parachanna obscura*

fingerlings reared in captivity. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*; 4(5): 01-05

Vodounnou DSJV, Kpogue DNS, Djissou AMS, Mensah GA, Fiogbe ED, 2016 c. Effect of 5 animal manures (pig, poultry, rabbit, cattle, and sheep) on nutritional quality of earthworm meal (*eisenia fetida*) in vermicompost. *International Journal of Advanced Research*. 4(11), 1117-1122

Vodounnou DSJV, Kpoguè DNS, Mensah GA, Fiogbe ED d, 2016. Determination of sexual dimorphism of African Snakhead (*Parachanna obscura*): morphometric and meristic parameters, weight-length relationship and condition factor. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*

Vorters A, 1994. Infrastructures d'élevage de vers de terreau. *In* : BEDIM 3 (1), p. 12.

- Webber H, Riordan PE, 1976. Criteria for candidate species for aquaculture. *Aquaculture*, 7: 107-123.
- Whenu OO, Fagade SO, 2012. Dietary pattern of the population of *Parachanna obscura* (Gunther 1861) in River Owo, South West, Nigeria *Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 7 (1): 49 – 56.
- Yamaji A, Sekizawa Y, Emoto K, Sakuraba H, Inoue K, Kobayashi H, Umeda M, 1998. Lysenin, a Novel Sphingomyelin-specific Binding Protein. *The Journal of Biological Chemistry*, 273: 5300-5306. doi: 10.1074/jbc.273.9.5300
- Yuan YC, Lin YC, Yang HJ, Gong Y, Gong SY, Yu DH, 2013. Evaluation of fermented soybean meal in the practical diets for juvenile Chinese sucker, *Myxocyprinus asiaticus*. *Aquacult. Nutr.* 19, 74-83
- Zucco MA, Walters SA , Chong S-K, Klubek BP, Masabn JG, 2015. Effect of soil type and vermicompost applications on tomato growth.

*International Journal of Recycling Organic Waste
in Agriculture* 4 pp 135–141. DOI
10.1007/s40093-015-0093-3

Zuraini A, Somchit MN, Solihah MH, Goh YM, Arifah
AK, 2006. Fatty acid and amino acid composition
of three local Malaysian *Channa spp.* *Fish. Food
chem.*, 97:674-678.

Liste des articles publiés et soumis

Vodounnou DSJV ,Djissou AMS , Kpogue DNS , Dakpogan H, Mensah GA , Fiogbe ED, 2015. Review about the use of the Invertebrates in Pisciculture: Termites, Earthworms and Maggot. *International Journal of Multidisciplinary and Current Research* 3(3): 620-628.

International Journal of Multidisciplinary and Current Research

Research Article

ISSN: 2321-3124
Available at: <http://ijmcr.com>

Review about the use of the Invertebrates in Pisciculture: Termites, Earthworms and Maggot

D. S. J. V. Vodounnou[†], A. M. S. Djissou[†], D. N. S. Kpogue[‡], H. Dakpogan[‡], G. A. Mensah[†] and E.D. Fiogbe[†]

[†]Laboratoire de Recherche sur les Zones Humides (LRZH)

[‡]Université d'Agriculture de Kétou (UAK)

[‡]Institute National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB)

Accepted 05 June 2015, Available online 11 June 2015, Vol.3 (May/June 2015 issue)

Vodounnou DSJV , Kpogue DNS , Tossavi CE, Djissou AMS Mensah GA , Fiogbe ED; 2015. Synthèse bibliographique de l'utilisation des vers de terre (*eisenia fetida*) en pisciculture et en élevage de *P. obscura*. *Anale des sciences Agronomiques* 19(2) volume spécial 63-278.

UTILISATION DES VERS DE TERREAU (*EISENIA FETIDA*) EN PISCICULTURE ET EN ÉLEVAGE DE *PARACHANNA OBSCURA* : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

D. S. J. V. VODOUNNOU*, D. N. S. KPOGUE**, C. E. TOSSAVI*,
A. M. S. DJISSOU*, G. A. MENSAH*** & E. D. FIOGBE*

*Laboratoire de Recherche sur les Zones Humides (LRZH) 01 BP 526 Cotonou
République du Bénin · justeking@yahoo.fr

**Université d'Agriculture de Kétou (UAK) BP 43 Kétou · senami_diane@yahoo.fr

***Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB)

Vodounnou DSJV, Kpogue DNS, Tossavi CE, Mensah GA, Fiofbe ED, 2016. Effect of animal waste and vegetable compost on the production and growth of earthworm (*Eisenia fetida*) during vermiculture. *International Journal of Recycling Organic Waste in Agriculture*; 5:87-92.

Int J Recycl Org Waste Agricult (2016) 5:87-92
DOI 10.1007/s40093-016-0119-5



ORIGINAL RESEARCH

Effect of animal waste and vegetable compost on production and growth of earthworm (*Eisenia fetida*) during vermiculture

D. S. J. V. Vodounnou¹ · D. N. S. Kpogue² · C. E. Tossavi¹ · G. A. Mensah³ · E. D. Fiofbe¹

Vodounnou DSJV, Kpogue DNS, Mensah GA, Fiogbe ED, 2016. Culture of earthworm (*Eisenia fetida*), production, nutritive value and utilization of its meal in diet for *Parachanna obscura* fingerlings reared in captivity. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*; 4(5): 01-05



Vodounnou DSJV, Kpogue DNS, Djissou AMS, Mensah GA, Fiogbe ED, 2016. Effect of 5 animal manures (pig, poultry, rabbit, cattle, and sheep) on nutritional quality of earthworm meal (*eisenia fetida*) in vermicompost. *International Journal of Advanced Research*. 4(11), 1117-1122



RESEARCH ARTICLE

EFFECT OF 5 ANIMAL MANURES (PIG, POULTRY, RABBIT, CATTLE, AND SHEEP) ON NUTRITIONAL QUALITY OF EARTHWORM MEAL (*EISENAFETIDA*) IN VERMICOMPOST.

Vodounnou D. S. Juste Vital^{1*}, Kpogue Diane N. S.², DjissouArnauldM.S¹., Mensah Guy Apollinaire³ and Fiogbe Emile Didier¹.

1. Laboratory of Research on Wetland, Department of Zoology, Faculty of Sciences & Techniques, University of Abomey-Calavi, 01 BP 526 Cotonou Benin.
2. Agriculture University of Ketou/ EAqBP 43 Ketou Benin.
3. National Institute of Agriculture Research of the Benin 01 BP 884 Cotonou Benin.

Vodounnou DSJV, Kpogue DNS, Mensah GA , Fiogbe ED, 2017 . Earthworm amino acids and effect of 3 different forms of earthworm (meal, frozen and living) on growth, feed utilization and survival rate of African Snakehead fingerlings (*Parachanna obscura*) reared in captivity. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*. 5(1): 268-273



Vodounnou DSJV, Kpogue DNS, Mensah GA, Fiogbe ED, 2016 .Performances zootechniques, utilisation de l'aliment et taux de survie des alevins de *P.obscura* nourris avec des régimes à base de terreau produits avec différents substrats. *Cahiers Agricultures*

Vodounnou DS Juste Vital, Kpoguè Diane NS, Mensah Guy Apollinaire, Fiogbe Emile Didier, 2016. Determination of sexual dimorphism of African Snakhead (*Parachanna obscura*): morphometric and meristic parameters, weight-length relationship and condition factor. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*. (in press)

Colloques

Vodounnou DSJV, Kpogue DNS, Mensah GA, Fiogbe ED, 2014. Substitution de la farine de poisson par la farine de vers de terreau (*Eisenia fetida* [Savigny, 1826]) dans l'alimentation des alevins de *Parachanna obscura* (Günther,1861) élevés en captivité. XIVème édition, Université de Lomé, Octobre 2014.

Vodounnou DSJV, 2015 . Valorisation des vers de terreau en pisciculture. 5^{ème} édition Université d'Abomey - Calavi, octobre 2015.

Vodounnou DSJV, 2015. Influence of animal waste and vegetable compost on production of earthworm (*Eisenia fetida*). 5ème edition, Université d'Abomey-Calavi, octobre 2015.

Vodounnou DSJV, Kpogue DNS, Fiogbe ED, 2016. Effets de quelques substrats de production des vers de terreau sur la qualité nutritionnelle de sa farine. XVIIème édition, Université de Lomé, Octobre 2016.

Vodounnou DSJV, Kpogue DNS, Fiogbe ED, 2016.
Détermination de la meilleure présentation des vers de
terreau à valoriser dans l'élevage de *P. obscura* élevés en
captivité. XVIIème édition, Université de Lomé, Octobre
2016.

Prix

Deuxième prix du concours de meilleur poster scientifique 2014 organisé par l'Institut Français du Bénin, le Centre National de Recherche Scientifique et Technologique du Bénin(CNRST), l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD) et le Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (CIRAD) Auteur: VODOUNNOU D.S. Juste Vital



Développement d'une pisciculture intensive de *Parachanna obscura*
(Günther, 1861) à base de vers de terreau comme outil de traitement
écologique des déchets organiques
