

LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS

AGE: Acides Gras Essentiels

ANOVA: Analysis Of Variance

AOAC: Association of Official Analytical Chemists,

°C: degrés Celsius

Cal: calorie

DHA: Docosahexanoic Acid

DPM: Direction des Pêches Maritimes

ENSA: Ecole nationale des Sciences Agronomiques

EPA: Eicosapentanoic Acid

ESP: Ecole supérieure Polytechnique

FAO: Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'Agriculture

F CFA: Franc de la Communauté financière africaine

FST: Faculté des Sciences et Techniques

HA: Huile Arachide

HP: Huile de Poisson

HS: Huile Soja

HV: Huile Végétale

IFAN: Institut Fondamentale d'Afrique Noire

IUPA: Institut universitaire de Pêche et d'Aquaculture

Kg: Kilogramme

mg: Milligramme

MS: Matière sèche

pH: Potentiel hydrique

POP: Polluants Organiques Persistants

ppm: Part per Million

ppt: Part per thousand

TCA: Taux de Conversion Alimentaire

TCS: Taux de croissance spécifique

UE: Union Européenne

UCAD: Université Cheikh Anta Diop de Dakar

WWF: Wold Wildlife Fund

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I: Composition des aliments	9
Tableau II: Relevés des paramètres physico-chimiques	15
Tableau III: Composition biochimique des aliments	15
Tableau IV: Paramètres de croissance durant l'expérience.....	16
Tableau V: Résultat de l'analyse biochimique de la chair <i>d'O niloticus</i>	17
Tableau VI: Estimation du coût de production d'un Kg d'aliment.....	18

SOMMAIRE

DEDICACES	ii
REMERCIEMENTS	iii
LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS	v
LISTE DES TABLEAUX.....	vii
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE I: SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE	3
I.1. PRESENTATION DE L'ESPECE	3
I.1.1. Taxonomie et morphologie	3
I.1.2. Répartition et exigence écologique	3
I.2. IMPORTANCE ECONOMIQUE.....	4
I.2.1. Production	4
I.2.2. Commercialisation et marché du tilapia	5
I.3. UTILISATION DES LIPIDES EN AQUACULTURE.....	5
CHAPITRE II: MATERIEL ET METHODES	7
II.1. MATERIEL.....	7
II.1.1. Matériel biologique	7
II.1.2. Matériel d'élevage	7
II.1.3. Matériel de fabrication des aliments	7
II.1.4. Matériel de mesure	8
II.1.5. Matériel d'analyse biochimique.....	8
Comme matériel d'analyse biochimique on a utilisé	8
II.2. METHODES	8
II.2.1. Milieu d'étude.....	8
II.2.2. Fabrication des aliments.....	9
II.2.3. Conditions d'élevage.....	10

II.2.4. Analyses biochimiques	11
II.2.5. Paramètres physico-chimiques	13
II.2.6. Paramètres de croissance	13
II.2.7. Analyse statistique	14
CHAPITRE III: RESULTATS ET DISCUSSION	15
III.1. RESULTATS	15
III.1.1. Paramètres physicochimiques	15
III.1.2. Composition biochimique des aliments	15
III.1.3. Paramètres de croissance	16
III.1.4. Protéines et lipides de la chair	17
III.1.5. Estimation économique	18
III.2. DISCUSSION	18
CONCLUSION ET PERSPECTIVES	23
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	24
ANNEXES	30

INTRODUCTION

La forte croissance démographique a entraîné l'accroissement de la demande en produits halieutiques dont une part importante est assurée par les pêches de capture. Cette importante demande en poisson est de moins en moins satisfaite par les pêches de capture qui connaissent une diminution depuis quelques années. Pour satisfaire leurs besoins en protéines animales, les populations font de plus en plus recours à l'aquaculture comme une alternative à la pêche. Par ailleurs, l'essor de l'aquaculture dans le monde se traduit par l'utilisation croissante d'aliments composés, dont les apports protéiques et lipidiques sont fournis essentiellement par les farines et les huiles de poissons.

Face au développement de l'aquaculture et à la stagnation prévisible de la production des farines et huiles issues de la pêche des poissons pélagiques, il est nécessaire de réduire la proportion de farine et d'huile de poisson dans les aliments aquacoles. Ainsi, les alternatives à l'utilisation des produits d'origine marine dans les aliments pour poissons doivent être trouvées. Les changements dans l'alimentation aquacole ont été caractérisés par une diminution des taux de protéines et une augmentation de la teneur en lipides alimentaires afin de réduire les déchets azotés et d'améliorer les performances de croissance. Cette évolution combinée à la forte augmentation de la production aquacole a conduit à une hausse de la demande pour les huiles de poisson, alors que leur disponibilité reste limitée.

Les huiles végétales, sources de lipides alternatives à l'huile de poisson sont utilisées en plus grande quantité. Contrairement à l'huile de poisson, les huiles végétales sont moins chères et n'accumulent pas les polluants organiques persistants (POP). De plus les coûts de production peuvent être réduits dans les régimes à base d'huile végétale, ainsi que l'exposition aux contaminants pour les poissons et les consommateurs.

Les huiles végétales possèdent plusieurs propriétés permettant de les utiliser pour remplacer l'huile de poisson. Moins coûteuses et plus accessibles que l'huile de poisson, la majorité des huiles végétales sont faibles en acide gras saturés et riches en acides gras polyinsaturés de la série n-6 et ont été signalées comme étant de bonnes sources de lipides pour le tilapia. Il a été suggéré que le tilapia présente aussi une exigence pour l'acide linolénique, acides gras de la série n-3 (18:3 n-3, 20:5 n-3 ou 22:6 n-3), mais les niveaux optimaux d'exigence en n-3 de diverses espèces de tilapia n'ont pas été déterminés (Lim et al 2009). Des travaux sont encore

nécessaires pour trouver les substituts les plus efficaces pour optimiser le rapport n-3/n-6 de la chair et proposer aux pisciculteurs des solutions adaptées au contexte de leurs exploitations.

La présente étude s'inscrit dans le cadre de la substitution des produits d'origine animale par des produits d'origine végétale dans les aliments piscicoles. L'objectif principal est d'étudier l'effet de la substitution totale de l'huile de poisson par des huiles végétales sur les performances de croissance du tilapia (*O. niloticus*). La première partie de ce document consiste en une revue bibliographique des connaissances actuelles sur l'espèce et l'utilisation des huiles dans les aliments piscicoles. La seconde partie décrit, le protocole expérimental, le matériel utilisé et la méthodologie suivie. La troisième partie présente les résultats obtenus suivis de leur discussion.

Rapport GRATUIT

CHAPITRE I: SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

I.1. PRESENTATION DE L'ESPECE

I.1.1. Taxonomie et morphologie

Les tilapias constituent la sous-famille des *Tilapiinae*, appartenant à la famille des *Cichlidae*, à l'ordre des Perciformes et au Sous-ordre des *Labroidei*. Cette famille des *Cichlidae* est composée de plus de 1200 espèces, originaires des eaux douces et saumâtres d'Afrique et introduites principalement en Asie, au Moyen Orient, en Amérique Centrale et Latine. La sous-famille des *Tilapiinae* compte plus de 70 espèces appartenant à 10 genres (Trewavas, 1983) dont principalement les genres *Oreochromis*, *Sarotherodon* (incubateurs buccaux avec soins parentaux soit exclusivement femelle ou mâle, soit mâle et femelle) et les *Tilapia* (pondeurs sur substrat).

On reconnaît l'espèce *Oreochromis niloticus* par ses rayures verticales blanches et noires sur la nageoire caudale. Le corps, généralement de coloration grisâtre, avec des bandes verticales sombres assez bien marquées sur les flancs, est recouvert d'écailles cycloïdes. La nageoire dorsale a 17 à 18 rayons durs et 12 à 14 rayons mous. La ligne latérale supérieure couvre 21 à 24 écailles et la ligne latérale inférieure couvre 14 à 18 écailles. Il possède 21 à 26 branchiospines sur le bas du premier arc branchial et 5 à 7 branchiospines en haut du premier arc branchial. *O. niloticus* présente un dimorphisme sexuel au niveau de la papille génitale et de la croissance. La papille génitale des mâles est allongée alors que chez les femelles, elle est courte et présente une fente transversale en son milieu: c'est l'oviducte situé entre l'anus et l'orifice urétral de long et il existe un liséré noir en bordure de la nageoire dorsale et caudale chez les mâles. La croissance dépend aussi du sexe: dès que les individus atteignent l'âge de maturité, les mâles présentent une croissance plus rapide que les femelles et atteignent une taille nettement supérieure (Lowe-McConnell, 1982). Cette caractéristique amène de nombreux pisciculteurs à opter pour la méthode monosexe mâle.

I.1.2. Répartition et exigence écologique

Oreochromis niloticus présente une répartition originelle strictement africaine couvrant les bassins du Nil, du Tchad, du Niger, des Volta et du Sénégal ainsi que les lacs du graben est-africain jusqu'au lac Tanganyika (Philippart et Ruwet, 1982). Cette espèce a été largement répandue en Afrique hors de sa zone d'origine pour compléter le peuplement de lacs naturels

ou de barrages déficients ou pauvres en espèces planctonophages ainsi que pour développer la pisciculture. Mais ces introductions ne se sont pas limitées à l'Afrique puisqu'on retrouve l'espèce (Welcomme, 1988) dans les lacs, les fleuves et les piscicultures aussi bien d'Amérique Centrale, d'Amérique du Sud, d'Amérique du Nord et d'Asie, ce qui lui vaut une distribution actuelle pan-tropicale.

Oreochromis niloticus est une espèce relativement eurytope, adaptée à de larges variations des facteurs écologiques du milieu aquatique et colonisant des milieux extrêmement variés. Espèce eurytherme avec des températures se situant entre 13,5°C et 33°C, euryhaline avec une gamme de salinités comprise entre 0,015 et 35 ppt. *O. niloticus* peut vivre à des profondeurs entre 0 et 5 m avec un pH compris entre 5 et 11 (Kestemont et al. 1989). Grâce à son hémoglobine particulière à haute affinité pour l'oxygène dissout (0,12 ppm), cette espèce peut supporter, sur de courtes périodes, des concentrations aussi faibles que 0,1 ppm d'oxygène dissout (Mélard, 1986).

I.2. IMPORTANCE ECONOMIQUE

I.2.1. Production

Les tilapias constituent le deuxième groupe de poissons élevés après les carpes. La production mondiale a connu un véritable boom puisqu'en trente ans, elle a été multipliée par un facteur 15. Au cours de la dernière décennie, elle a plus que doublé, passant de 830 000 tonnes en 1990 à 3,5 millions de tonnes en 2008 (FAO, 2012). La Chine est le plus grand pays producteur de tilapia, près du tiers de la production mondiale, avec 1,1 million de tonnes en 2008 (FAO, 2012). La production africaine, destinée aux marchés nationaux, a également augmenté, avec 430 000 tonnes de tilapia d'élevage produits en 2008, soit deux fois plus qu'en 2000. L'Egypte est le premier producteur africain ce qui représente 90% du total de l'Afrique (FAO, 2012). Au Sénégal, le rendement du tilapia produit essentiellement de la pêche de capture est estimé environ 1 636 tonnes soit 473.644.000 FCFA en 2009 (DPM, 2009). L'aquaculture est à son stade embryonnaire. Toutefois, en raison de grandes potentialités disponibles associées au climat favorable, le tilapia pourrait avoir un impact majeur sur le développement aquacole au Sénégal. Les principaux pays producteurs en Amérique sont le Mexique (150.000 tonnes), le Brésil (80.000 T), la Colombie, l'Equateur, les USA (15.000 T) (FAO, 2012).

I.2.2. Commercialisation et marché du tilapia

Aujourd’hui, avec les progrès réalisés en matière d’élevage, de conditionnement et de transport, un marché international du tilapia s’est établi avec l’Union européenne, le Japon et les États-Unis comme principaux acheteurs.

Les États-Unis, le principal importateur de tilapia, a importé en 2005, 281 000 t en équivalent poisson entier et frais d’une valeur de 374 millions de US\$ (Fitzsimmons, 2006). La Chine est le plus grand pays producteur avec une croissance soutenue. L’essentiel de la production est commercialisé sur le marché national mais récemment ce pays est devenu le principal exportateur de ce produit vers les États-Unis où le tilapia compte parmi les 10 poissons les plus appréciés. Après l’apparition des filets frais de tilapia provenant des pays tropicaux, de nouveaux marchés ont vu le jour dans les restaurants haut de gamme, les dîners d’occasion «casual dining», les hypermarchés et les magasins de demi-gros. Mais pour la première fois dans la dernière décennie, les importations américaines de toutes les formes de produits de tilapia ont baissé en quantité de 10,4% en 2011 par rapport à l’année précédente, tandis que la valeur des importations a légèrement diminué de 0,5% à USD 838 millions (Globfish, 2012). L’Afrique est un des plus importants consommateurs de tilapia avec 950 000 tonnes consommées par an, tandis que l’UE ne compte que pour environ 56 000 tonnes, même s’il est probable que la demande augmente. L’augmentation de la production de produits à plus forte valeur ajoutée à base de tilapia est probable dans les pays en développement (FAO, 2012). Les investissements étrangers dans les fermes de tilapia des pays en développement vont vraisemblablement augmenter, pour des produits ciblant principalement les marchés étrangers. Les prix sont susceptibles de s’accroître, compte tenu de l’augmentation générale des prix des denrées alimentaires et en raison également des coûts plus élevés des aliments pour animaux et du transport. Des sous-produits intéressants ont émergé comme des articles en cuir destinés à l’habillement et comme accessoires, la gélatine des peaux utilisée pour le temps de libération des médicaments dits «time-released medecine» et les ornements de fleur faits à partir des écailles séchées et colorées des poissons

I.3. UTILISATION DES LIPIDES EN AQUACULTURE

Les lipides doivent être présents dans l’alimentation des poissons pour couvrir leurs besoins énergétiques pour la croissance et comme substrat énergétique, surtout les acides gras de la série n-3 qui sont dits acides gras essentiels, c'est-à-dire les acides gras que l’organisme ne peut pas synthétiser. Les lipides servent aussi de vecteurs lors de l’absorption intestinale des

vitamines liposolubles (vitamines A, D, E, K) et des pigments caroténoïdes. La quantité de lipides à apporter pour un régime dépend de la source de matières grasses et du ratio protéine / énergie du régime. En utilisant des régimes isocaloriques à teneurs en lipides variables, De Silva et al. (1985) ont mis en évidence une épargne des protéines chez l'alevin du tilapia rouge (*Oreochromis sp*), qui augmentait avec l'incorporation croissante des lipides dans le régime, jusqu'à un maximum de 18 %. Dans une étude sur le tilapia, Viola et al. (1983) ont observé que la supplémentation du régime en acides gras polyinsaturés n'engendre de dépôts que dans les viscères. Des observations semblables sont rapportées par Hanley (1991) pour *Oreochromis niloticus*. Takeuchi et al. (1983) ont montré que chez les tilapias, le besoin en acides gras de la série n-6 (acide linoléique 18: 2n-6) est plus important. Ils évaluent ce besoin à 0,5 % du régime. Ce chiffre nous est également rapporté par Kaushik et al. (1993). Les mêmes auteurs ont par ailleurs montré que l'apport d'acides gras autres que l'acide linoléique ne stimule pas la croissance chez *O. niloticus*. En général, les poissons d'eau chaude ont besoins des acides gras polyinsaturés n-6 ou d'un mélange d'acides gras n-3 et n-6, tandis que les espèces d'eaux froides exigent les acides gras de la série n-3 (Webster et Lim, 2002). Les poissons ne produisent pas des acides gras n-3, mais les accumulent en consommant soit des micros-algues ou des poissons-proies qui accumulent ces acides gras n-3, avec une grande quantité d'antioxydants sous forme d'iodure et de sélénium, à partir des micros algues. Ces antioxydants sont en mesure de protéger les lipides polyinsaturés fragiles de la peroxydation (Lim et al. 2009). Les huiles végétales riches en acides gras de la série n-6 et / ou n-3, telles que l'huile de soja, l'huile de maïs, l'huile de tournesol, l'huile de canola, l'huile de palme et l'huile de lin ont été signalées être de bonnes sources de lipides pour le tilapia (Lim et al. 2009). Certaines études ont montré que la valeur nutritionnelle de l'huile de poisson est similaire à celle des huiles végétales, tandis que d'autres ont rapporté une mauvaise performance de croissance des poissons soumis à des régimes alimentaires contenant de l'huile de poisson. Les huiles végétales possèdent plusieurs propriétés permettant de les étudier pour remplacer l'huile de poisson. Des études ont montré que l'incorporation d'huiles végétales dans les aliments piscicoles, en remplacement de l'huile de poisson, n'altère pas les performances de croissance dans la mesure où les besoins en acides gras essentiels (AGE) sont couverts (Corraze et kaushik, 2009).

CHAPITRE II: MATERIEL ET METHODES

II.1. MATERIEL

II.1.1. Matériel biologique

L'espèce qui a été utilisé est *Oreochromis niloticus* (cf. annexe C)

II.1.2. Matériel d'élevage

Le matériel d'élevage est composé de:

- Aquarium,
- compresseur,
- Epuisettes,
- Echelle,
- vortex,
- Tuyaux,
- Thermostats.

II.1.3. Matériel de fabrication des aliments

Le matériel utilisé lors de la fabrication des aliments est composé de :

- Ingrédients (cf. annexe D),
- Moulinex et accessoires (cf. annexe E),
- Seaux en plastique,
- Bols,
- Cuillères,
- Tamis (425µm).

II.1.4. Matériel de mesure

On a utilisé comme matériel de mesure

- Appareil multifonctionnel YSI Modèle 58 mètres de l'oxygène (Yellow Springs Instruments, Yellow Springs, OH, USA) pour la température et l'oxygène dissout,
- Balance électronique de marque OHAUS avec une précision de 0,01,
- Eprouvette.

II.1.5. Matériel d'analyse biochimique

Comme matériel d'analyse biochimique on a utilisé

- Kjeltec 1002 (Tecator), analyse des protéines,
- Soxhelet pour extraction de lipide,
- Fibertec M 1020 (Foss Tecator), analyse des fibres,
- Four à moufle, analyse des cendres et l'humidité,
- Etuve,
- Ordinateur,
- Logiciel statistical analysis system (SAS-PC) (Joyner, 1985).

II.2. METHODES

II.2.1. Milieu d'étude

L'étude a été effectuée à l'écloserie qui se trouve au département de Biologie Animale à la Faculté des Sciences et Techniques de l'Université cheikh Anta Diop de Dakar. La salle est constituée de deux systèmes d'aquarium en circuit fermé et d'une écloserie. L'expérience a été réalisée dans le système constitué de 32 aquariums de 50 litres (25 cm x 50 cm x 40 cm), munis d'un bac de pompage d'une capacité de 500 L et d'un vortex comprenant quatre compartiments (un décanteur, deux filtres mécaniques et un filtre biologique). Les aquariums sont remplis à l'aide d'une pompe immergée dans le bac de pompage ou on a plongé un

thermostat qui permet de contrôler la température de l'eau. Dans chaque aquarium se trouve un dispositif de diffuseur d'air connecté à un compresseur assurant l'oxygénation de l'eau (cf. annexe B)

II.2.2. Fabrication des aliments

Cinq régimes expérimentaux isoprotéiques (25%), et isoénergétiques (185,99 cal/kg) ne différant que par la nature d'huiles incorporées sont formulés.

Une partie de la protéine alimentaire totale provenait de la farine de poisson et le reste provenait de différents ratios de la farine de maïs et de mil (tableau 1).

Pour chaque aliment, les ingrédients bruts sont broyés, tamisés, pesés et mélangés jusqu'à l'obtention d'une poudre homogène à laquelle on ajoute, des minéraux et vitamines. De l'eau est ensuite ajoutée (30% pour 100g de mélange d'ingrédients), de manière à obtenir une pâte malléable.

Les régimes ont été complétés par 6% d'huile composé de 100% d'huile de poisson (HP) aliment A contrôle, 100% d'huile végétale (HV): huile d'arachide et huile de soja avec un ratio 1 :1 aliment E, 75% HP +25% HV aliment B, 50% HP + 50% HV aliment C, 25% HP + 75% HV aliment D. Puis on met ce mélange à travers un Moulinex, donnant des filaments en forme de spaghetti. Ces filaments sont par la suite séchés au soleil pendant 2 jours, fragmentés à la taille désirée, ensachés et conservés jusqu'à l'utilisation.

Tableau I: Composition des aliments

Ingrédients	Régimes alimentaires				
	A	B	C	D	E
Farine de poisson	334	334	334	334	334
Farine de maïs	311	311	311	311	311
Farine de mil	191	191	191	191	191
Cellulose	100	100	100	100	100
Huile de poisson (HP)	48	32	24	16	0
Huile végétale (HA, HS)	0	16	24	32	48
Vitamines mix^a	8	8	8	8	8
Minéraux mix^b	8	8	8	8	8

a= vit A 250000 UI; vit D3 250000UI; vit E 5000mg ; vit B1 100mg ; vit B2 400mg ; vit B3 (pp) 1000mg ; vit B5 pantode Ca2000mg ; vit B6 300mg ; vit K3 1000g ; vit C 5000mg ; H biotine 15mg ; choline 100g ; expient spécial (anti oxydant (BHT), attapulgite broyée et calcinée) qsp 1000mg ;

b= phosphore 7% ; calcium 17% ; sodium 1,5% ; potassium 4,6% ; magnésium 7,5% ; manganèse 738mg ; zinc 3000mg ; fer 4000mg ; cuivre 750mg ; iodé 5mg ; cobalt 208mg ; attapulgite calcinée et broyée qsp 1000g ; teneur en fluor du complexe 1,5% (environ), dose 1kg pour 100kg d'aliment

HA=huile d'arachide

HS= huile de soja

II.2.3. Conditions d'élevage

L'étude a été réalisée sur des tilapias (*Oreochromis niloticus*) monosexes mâles âgés d'un mois obtenus à partir de la station piscicole de Richard Toll. Arrivés au laboratoire de la Faculté des Sciences et Techniques de l'UCAD, ils ont été acclimatés dans des bassins en fibre de verre aux conditions expérimentales pendant trois semaines où ils ont été nourris avec un aliment commercial. Au début de l'expérience, pour déterminer la biochimie de la chair initiale, des poissons pris au hasard sont tués, filetés et stockés à -18 °C pour une analyse ultérieure.

Cinq régimes alimentaires ont été étudiés pendant 42 jours, en dupliquant soit 100 individus de poids initial $1,43 \pm 0,22\text{g}$ répartis dans 10 aquariums de 50 litres (50 cm x 40 cm x 25 cm) avec une densité de 10 poissons par aquarium. Chaque aquarium fait partie d'un système de recirculation fermé maintenu à $30 \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ et aéré en permanence. Les aquariums sont nettoyés tous les jours le matin et le soir en siphonnant les déchets accumulés. Environ la moitié de l'eau dans chaque aquarium est remplacée. Les poissons sont nourris 10% du poids corporel à raison de deux fois par jour (08:00 h et 17:00 h), puis ce taux est réduit graduellement en fonction des pesés jusqu'à 4% par jour. La biomasse de chaque aquarium a été pesée au début et toutes les 2 semaines et le taux d'alimentation a été ajusté en conséquence. Après 6 semaines d'alimentation (du 24 juillet au 05 août 2012), tous les poissons de chaque traitement ont été filetés pour l'analyse biochimique de la chair.

II.2.4. Analyses biochimiques

Les régimes expérimentaux et des échantillons de muscle sont analysés selon les méthodes standards AOAC (1984) pour la composition biochimique et les valeurs obtenues ont été calculé par les formules ci-dessous:

➤ Détermination de la matière sèche (MS)

La matière sèche est la partie d'aliment ne contenant pas d'eau. Elle est déterminée à partir d'une prise d'essai de 2,5g placée à l'étuve à 105°C pendant 24 heures, c'est-à-dire jusqu'à l'obtention d'un poids constant (Lemal, 1989)

$$MS = \frac{P_2 - T_c}{P_1} \times 100$$

$$MS = 100 - \% \text{ d'humidité}$$

MS : matière sèche (teneur en %)

P₁ : poids de la matière fraîche introduite dans le creuset en g

P₂ : poids (échantillon + creuset) à la sortie de l'étuve en g

Tc : tare du creuset en g

➤ Détermination des cendres

Nous avons incinéré 2,5 g d'échantillon placé dans un four réglé à 550°C pendant 8 heures.

Le résidu d'incinération pesé correspond aux matières minérales (Lemal, 1989)

$$C = \frac{P_2 - T_c}{P_1 \times MSA \%} \times 100$$

C : teneur en cendre (en % de la matière sèche)

Tc : tare du creuset en g

P1 : prise d'essai en g

P2 : poids du creuset et du résidu calciné en g

MSA : teneur en matière sèche analysé en %

➤ Dosage de la cellulose brute (CB) / fibre

La cellulose brute est déterminée par la méthode de WEENDE qui consiste en une double hydrolyse (acide puis basique) sur 1g d'échantillon. Deux extractions successives à chaud sont menées à l'acide sulfurique puis à la potasse. Après les deux hydrolyses, les échantillons ont été rincés plusieurs fois à l'acétone. Le résidu après séchage à l'étuve à 105°C pendant 24 heures et calcination au four à 550°C pendant 3 heures a été pesé. La perte de poids après séchage et calcination représente la cellulose brute de l'échantillon (Lemal, 1989).

$$CB = \frac{P_1 - P_2}{PE \times MSA \%} \times 100$$

CB : teneur en cellulose brute (% de MS)

PE : prise d'essai en g

P1 : poids du creuset sorti de l'étuve en g

P2 : poids du creuset sorti du four en g

MSA : matière sèche analysée %

➤ Détermination de la matière grasse (lipide)

Nous avons extrait la matière grasse par la méthode de FOLCH en mettant en contact 3 g de l'aliment avec l'éther éthylique, placé dans une cartouche d'extraction. Le tout est monté sur l'appareil d'extraction et placé sur une plaque chauffante pendant 6 heures. L'extrait recueilli au fond du ballon après extraction est séché à l'étuve pendant une heure puis pesé (Lemal, 1989).

$$MG(\text{lipide}) = \frac{\text{Ballon sec} - \text{ballon vide} + \text{pierre ponce}}{\text{Prise d'essai} \times \text{matière sèche \%}} \times 100$$

➤ Détermination des protéines brutes (PB)

Pour déterminer les protéines brutes de l'aliment, nous avons utilisé la méthode de KJELDHAL (Lemal, 1989). L'échantillon est minéralisé par l'acide sulfurique pour

libérer l'ammoniac qui a ensuite été distillé et recueilli dans l'acide borique puis titré par l'acide sulfurique 0,1N.

$$PB = \frac{14,01 \times N \times V}{10 \times PE} \times 6,25 \times \frac{100}{MSA} = 875,6 \times \frac{N \times V}{PE \times MSA}$$

PB : protéines brutes (en % de MS)

N : normalité de la solution titrant

PE : prise d'essai

MSA : teneur en matières sèche analytique (en %)

V : volume de la solution titrant nécessaire à l'obtention du virage de couleur (ml)

II.2.5. Paramètres physico-chimiques

Les paramètres physico-chimiques (température, oxygène dissous,) ont été mesurés tous les deux jours en utilisant un appareil multifonctionnel YSI Modèle 58 mètres de l'oxygène (Yellow Springs Instruments, Yellow Springs, OH, USA). Les poissons étaient soumis à un cycle d'éclairage de 12 h de lumière et de 12 h d'obscurité.

II.2.6. Paramètres de croissance

Les paramètres de croissance ont été calculés comme suit:

- **Gain de poids moyen**: ce critère permet d'évaluer la croissance pondérale des poissons pendant un temps donné. Il est calculé à partir de la formule ci-dessous:

$$\text{Gain de poids (GP)} = \frac{\text{poids corporel moyen final} - \text{poids corporel moyen initial}}{\text{Poids corporel moyen initial}} \times 100$$

- **Taux de croissance spécifique (TCS)**: Ce coefficient permet d'évaluer le poids gagné par poisson chaque jour, en pourcentage de son poids vif.

$$TCS \left(\% \frac{pc}{j} \right) = \frac{[\ln (\text{poids final}) - \ln (\text{poids initial})]}{\text{Durée de l'expérience en jours}} \times 100$$

- **Taux de conversion alimentaire (TCA)** : Ce coefficient est utilisé pour caractériser l'efficacité d'utilisation de l'aliment

$$TCA = \frac{\text{quantité d'aliment distribuée/poisson}}{\text{Gain de poids}}$$

- **Taux de survie** : est calculé à partir du nombre total de poissons à la fin de l'expérience et de l'effectif en début d'élevage, selon la relation ci-dessous :

$$\text{Survie (\%)} = \frac{\text{Nombre de poissons final}}{\text{Nombre de poissons initial}} \times 100$$

II.2.7. Analyse statistique

Les données recueillies ont été saisies et codifiées dans Microsoft Excel, puis analysées avec le logiciel statistical analysis system (SAS-PC) (Joyner, 1985) soumis à une analyse de variance (ANOVA). Le test de Duncan a été utilisé pour comparer les différences significatives entre les traitements. L'effet des régimes alimentaires est significatif à $P < 0,05$.

CHAPITRE III: RESULTATS ET DISCUSSION

III.1. RESULTATS

III.1.1. Paramètres physicochimiques

Les paramètres (température, oxygène dissous) ont été contrôlés tous les deux jours pour leur maintien à des valeurs optimales.

Tableau II: Relevés des paramètres physico-chimiques

Paramètres	Température (°C)	Oxygène (mg/l)
moyenne	30 ± 1	6 ± 1

III. 1.2. Composition biochimique des aliments

Les échantillons d'aliments qui ont été envoyé au laboratoire bromatologique de l'ENSA ont donné les résultats suivants

Tableau III: Composition biochimique des aliments

Composition	Régimes alimentaires				
	A	B	C	D	E
Matière sèche (%)	89,26	90,58	90,35	89,60	87,70
Protéine (% MS)	25,14	25,69	24,69	24,95	26,72
lipide (%MS)	8,32	8,71	8,02	8,84	8,63
fibre (%MS)	2,13	1,65	1,93	2,02	1,90
Cendre (%MS)	2,14	2,52	2,54	2,40	2,41
Energie calculée (Cal/kg)	183,96	187,75	178,66	187,44	192,15

Il n'existe pas de différence significative sur la composition biochimique des aliments sauf pour la matière sèche qui présente une valeur plus basse pour l'aliment E. Les aliments sont formulés avec les mêmes taux de protéines, lipides et fibres.

III.1.3. Paramètres de croissance

Pour évaluer la croissance des poissons au cours de l'expérience, des méthodes analytiques fondées sur la détermination de différents paramètres de croissances utilisés ont été appliquées. Les principaux résultats obtenus sont consignés dans le tableau suivant :

Tableau IV: Paramètres de croissance durant l'expérience

Variables	Régimes alimentaires				
	A	B	C	D	E
Poids initial g/poisson	1,42	1,44	1,46	1,42	1,36
Poids final g/poisson	4,97	4,12	6,48	5,36	7,13
Gain de poids g/poisson	3,55 ^{ab}	2,68 ^b	5,02 ^{ab}	3,94 ^{ab}	5,74 ^a
Gain de poids (%)	250,89 ^{ab}	185,79 ^b	343,84 ^{ab}	278,24 ^{ab}	413,25 ^a
TCS	2,99 ^{ab}	2,49 ^b	3,53 ^a	3,16 ^{ab}	3,86 ^a
TCA	1,77 ^a	2,67 ^b	1,45 ^a	1,98 ^{ab}	1,37 ^a
Taux de survie (%)	65	100	55	100	100

Les valeurs portant la même lettre ne sont pas significativement différentes (P< 0,05)

Les poissons recevant le régime E, présentent un gain de poids plus important et significativement différent de ceux nourris avec le régime B qui montrent le plus faible gain de poids. Les gains de poids moyens obtenus avec les régimes A, C et D ne sont pas significativement différents.

Des résultats peu similaires ont été obtenus avec le taux de croissance spécifique à la seule différence que le régime C ne montre aucune différence significative avec les autres régimes excepté le régime B.

Les meilleurs Taux de Conversion Alimentaire (TCA) sont obtenus avec les régimes A, C et E qui ne montrent aucune différence significative avec le régime D. Le régime B a le plus faible TCA et ne montre pas de différence significative avec le régime D.

Pour la durée de l'expérience, le taux de survie dans les différents régimes varie entre 55% et 100%. La valeur la plus élevée 100% est obtenue chez les poissons nourris avec les régimes B, D et E, suivie de 65% chez les poissons nourris avec le régime A, et enfin la valeur la plus faible 55% chez ceux nourris avec le régime C.

III.1.4. Protéines et lipides de la chair

Le tableau ci-dessous montre la composition en protéine et lipides de la chair au début et à la fin de l'expérience.

Tableau V: Résultat de l'analyse biochimique de la chair *d'O niloticus*

Composition (%)	Etat initial	Régimes alimentaires				
		A	B	C	D	E
Protéine (N*6,25)	17,5 ^c	10,50 ^d	19,25 ^a	18,37 ^b	17,5 ^c	18,38 ^b
Lipide	6,1 ^d	9,0 ^c	4,0 ^e	10,8 ^b	5,7 ^d	12,7 ^a

Les valeurs portant la même lettre ne sont pas significativement différentes ($P < 0,05$)

D'importantes différences ont été observées dans la composition corporelle des poissons nourris avec les différents types de régime. La teneur en protéines de la chair est significativement la plus élevée chez les poissons nourris avec le régime B, suivie de ceux nourris avec les régimes C et E qui n'ont aucune différence significative entre eux. Alors que la valeur obtenue avec la chair des poissons nourris avec le régime B est la même que celle de la chair des poissons initiaux. Cependant la plus faible teneur est observée chez les poissons nourris avec le régime A.

Des différences significatives ont été observées sur la teneur en matière grasse des différents régimes. Les valeurs les plus élevées par rapport à celle des poissons initiaux sont observées respectivement chez les poissons nourris par le régime E, C et A. La plus faible valeur est observée chez les poissons nourris avec le régime B. Aucune différence significative n'a été observée entre la teneur en matière grasse de la chair des poissons initiaux et celle de la chair des poissons nourris avec les régimes D.

III.1.5. Estimation économique

En fonction des prix des différents ingrédients et des quantités incorporés dans les aliments, le prix de production d'un kilogramme de chaque aliment a été calculé et les résultats obtenus sont présentés dans le tableau ci-dessous:

Tableau VI: Estimation du coût de production d'un Kg d'aliment

Ingrédients	Prix (F CFA)	Prix d'un kg de l'aliment (F CFA)				
		A	B	C	D	E
Farine de poisson	450/kg	137	137	137	137	137
Farine de maïs	150/kg	47	47	47	47	47
Farine de mil	125/kg	24	24	24	24	24
cellulose	1637/kg	164	164	164	164	164
Huile de poisson	450/L	22	14	11	7	0
Huile de soja	1200/L	0	10	14	19	30
Huile d'arachide	1100/L	0	9	13	18	26
Vit mix	2360/ kg	19	19	19	19	19
Min mix	760/kg	6	6	6	6	6
Effort fourni	50/kg	50	50	50	50	50
Total		469	480	485	491	503

L'analyse économique des résultats obtenus, montre que le coût de production d'un kilogramme d'aliment varie entre 469 et 503 FCFA. L'aliment A (100% HP) est le moins coûteux avec 469 FCFA, suivi de l'aliment B(75% HP +25% HV) avec un coût de 480 FCFA, puis l'aliment C (50% HP +50%HV) avec 485 FCFA et 491 FCFA pour l'aliment D (25% HP + 75% HV), enfin l'aliment E (100% HV) avec un coût plus élevé 503 FCFA. Nous remarquons que le coût de production des aliments augmente au fur et à mesure que le taux de substitution de l'huile de poisson par les huiles végétales est élevé.

III.2. DISCUSSION

Les valeurs de la température et de l'oxygène dissout obtenues se trouvent dans les intervalles optimaux de croissance du tilapia. La température de l'eau surveillée pendant la période

d'étude dans les aquariums était de $30 \pm 1^{\circ}\text{C}$. Des résultats similaires ont été rapportés par Boyd (1982), Hossain et al. (2004). La teneur en oxygène dissout dans la présente expérience variait entre $6 \pm 1 \text{ mg / l}$, celle-ci est adaptée à la culture du tilapia comme décrit par Rahman (1992).

Dans les conditions expérimentales, les résultats de la présente étude indiquent que le type de lipide affecte significativement les performances de croissance d'*O. niloticus*. Le meilleur taux de croissance, TCA et TCS a été observé chez les poissons nourris avec l'aliment E contenant un mélange d'huiles végétales dans des proportions égales. Cela peut être attribué au fait que l'huile d'arachide et l'huile de soja sont riches en acide linoléique (n-6) (13 à 43% et 51,5% respectivement). De même, il a été rapporté que les huiles végétales riches en 18:2 n-6, tels que l'huile de soja, l'huile de maïs, huile de tournesol, l'huile de canola / colza et de divers produits d'huile de palme sont tous aussi de bonnes sources de lipides pour le tilapia (Lim et al. 2009).

En outre, il a été démontré que les effets favorisant la croissance des acides gras n-6 sont supérieurs à ceux de la série n-3 chez le tilapia au ventre rouge (Lim et al. 2009). En général, les acides gras n-3 ne sont pas exigés par les poissons d'eau chaude, mais pour la structure de la membrane au moins une petite quantité de ces acides peuvent être nécessaires (Stickney et Hardy, 1989). Cependant différentes espèces de Tilapia ont besoin d'environ 1% d'acides gras n-6 dans leur alimentation (Teshima et al. 1985). Dès lors que les huiles végétales contiennent des taux élevés de n-6 et également des quantités non négligeables d'acides gras n-3, elles peuvent être utilisées efficacement dans l'alimentation du tilapia. Chou et Shiau (1996) ont rapporté que les performances de croissance des juvéniles de tilapia hybride (*O. niloticus x O. aureus*) étaient meilleures sur les régimes alimentaires contenant des lipides comparés aux régimes ne contenant pas de lipides.

Takeuchi et al. (1983) ont montré que les alevins du tilapia du Nil nourris avec des aliments contenant de l'huile de maïs ou de l'huile de soja, présentent les meilleurs gains de poids par rapport à ceux nourris avec des aliments contenant de suif de bœuf ou de l'huile de foie de morue. En outre, Yingst et Stickney (1979) ont signalé que les alevins de barbue de rivière présentent de meilleurs taux de croissance lorsqu'ils sont nourris avec des régimes contenant de l'huile de menhaden suivi de ceux nourris d'huile de soja et faibles chez ceux alimentés de suif de bœuf. Ces résultats sont en accord avec notre conclusion indiquant que l'aliment E ne contenant que des HV a produit les meilleurs taux de croissance. En revanche, Santiago et

Reyes (1993) ont observé des gains de poids plus élevés chez des géniteurs d'*O. niloticus* (L) nourris avec de l'huile de foie de morue.

De nombreux auteurs ont obtenu des résultats contradictoires lors de leurs études sur le remplacement de HP par HV. Guillou et al. (1995) rapportent que les huiles de soja et de canola peuvent remplacer l'huile de poisson dans le régime alimentaire de *Salvelinus fontinalis*. Wing-Keong et al. (2006) ont montré que pour le tilapia du Nil, l'huile de palme peut totalement remplacer l'huile de poisson dans les régimes alimentaires à base de farine de poisson.

Wing-Keong et al. (2011) ont rapporté que le mélange d'huiles végétales peut totalement remplacer l'huile de poisson dans l'alimentation du tilapia sans impact négatif sur les performances de croissance. Ces résultats sont en accord avec ceux de la présente étude qui ont montré que le mélange d'huile végétale (aliment E) dans une proportion égale (1:1) peut totalement remplacer l'huile de poisson dans l'alimentation du tilapia. En revanche, Caballero (2002) a rapporté qu'un remplacement partiel (au moins 50% à 80%) d'huile de poisson par des huiles végétales (soja, colza, mélange d'huiles d'olive et de palme ou de colza et d'huile de palme) n'a pas d'impact négatif sur la croissance de la truite arc en ciel (*Oncorhynchus mykiss*).

L'inclusion de l'huile végétale réduit significativement les concentrations en EPA (acide eicosapentanoïque) et DHA (acide docosahexanoïque) dans les muscles et le foie des juvéniles de poisson *Tor tambroides* sauf pour les poissons nourris avec un régime alimentaire contenant 50% d'huile de palme qui avaient la même teneur en DHA du foie comparé à ceux nourris avec le régime contrôle (huile de poisson) (Kamarudin et al. 2012). Mourente et al. (2005) ont constaté que le colza, le lin et l'huile d'olive pouvaient se substituer à seulement 60% de l'huile de poisson dans le régime alimentaire sans compromettre les taux de croissance du bar Européen *Dicentrarchus labrax*. De même, seulement 50% d'huile de poisson ont été remplacés par des huiles végétales, sans réduction de la croissance ou une mortalité accrue chez le saumon atlantique *Salmo salar* (Storebakken, 2002).

En outre, la substitution totale de l'huile de poisson avec des huiles végétales (colza, lin) ou d'un mélange d'huiles végétales (55% de colza, 30% palme, 15% lin) n'entraîne pas de modifications de l'ingestion volontaire, des performances de croissance et de l'efficacité alimentaire (Medale et Kaushik, 2008). L'incorporation d'huiles végétales dans l'alimentation des poissons, en remplacement de l'huile de poisson ne modifie pas les performances de

croissance, car les besoins en acides gras essentiels (AGE) sont couverts (Corraze et Kaushik, 2009). *Micropterus salmoides* peut être en mesure d'utiliser des aliments contenant des lipides d'origine végétale et d'autres lipides d'origine animale, qui sont moins chers que l'huile de poisson précédemment recommandée (Tidwell et al. 2007).

L'analyse biochimique (teneur en protéines et lipides) à la fin d'un essai d'alimentation est fréquemment utilisée pour déterminer l'influence de l'aliment sur la composition de la chair du poisson. Selon Hépher (1990), les facteurs endogènes (taille, le sexe et le stade du cycle de vie) et les facteurs exogènes (composition du régime alimentaire, la fréquence d'alimentation et la température) affectent la composition corporelle des poissons. Il convient de noter que dans les facteurs exogènes, la composition de l'aliment est le seul facteur qui pourrait influencer la différence de composition biochimique du poisson, dès lors que les autres facteurs endogènes ont été maintenus uniformes au cours de l'étude.

Les données sur la composition de la chair des poissons permettent d'évaluer l'efficacité du transfert d'éléments nutritifs des aliments aux poissons et contribuent également à la prédiction de l'état nutritionnel. Le ratio des acides gras n-3/n-6 peut également modifier les lipides et protéines contenus dans les muscles de poisson (Robaina et al. 1998). De même, les résultats de la présente étude indiquent que le type de lipides alimentaires affecte significativement la composition corporelle des poissons. Les poissons nourris avec le régime alimentaire B présentent plus de protéines corporelles brutes. Cependant, les lipides corporels les plus élevés ont été observés chez les poissons nourris avec l'aliment contenant seulement HV (ratio 1:1) par rapport aux poissons initiaux. Ceci diffère des résultats de Tidwell et al. (2007) qui ont montré que la composition en acides gras du régime alimentaire n'a aucun effet sur la composition globale des poissons testés. Richard et al. (2006) ont révélé que le remplacement total de l'huile de poisson alimentaire par un mélange d'huiles végétales ne modifie pas la teneur en lipides du muscle de la truite.

Les poissons accumulent des lipides dans plusieurs organes, y compris le foie, plusieurs membranes mésentériques et les muscles par opposition aux tissus adipeux chez les homéothermes. Une partie importante des lipides alimentaires est incorporée dans les dépôts de matière grasse qui se trouvent essentiellement être des graisses viscérales par rapport au reste du corps (Sheridan, 1994). Les huiles végétales sont moins chères, disponibles en grandes quantités et sont moins sujettes d'oxydation (Dosanjh et al. 1984). Ils permettent une

croissance et conversion alimentaire qui est aussi efficace que les huiles de poisson, sans affecter de manière significative les qualités organoleptiques de la chair (Guillou et al. 1995).

L'utilisation de HV comme substitut de HP pour les taux de 0-100% ont montré que la composition biochimique des aliments ne diffère pas statistiquement, sauf pour la teneur en matière sèche. L'évaluation nutritionnelle de ces aliments montre une nette différence statistique entre les régimes alimentaires, en termes de gain de poids, TCS et TCA. Les taux de mortalité au cours de l'essai d'alimentation ne présentent pas de tendance concluante. Les résultats d'analyse de la composition de la chair des poissons montrent des différences statistiques significatives des teneurs en protéines et lipides. Les résultats de cette étude montrent que les HV pourraient être utilisées comme substitut total de l'HP dans un régime pratique pour les alevins de tilapia.

L'analyse économique montre que l'aliment 100% HV est le plus cher et le plus performant. Mais il faut noter que les différences de coût observées peuvent s'expliquer, d'une part, par le prix des ingrédients entrant dans la composition des aliments, et d'autre part, par les quantités incorporées dans l'aliment. Alors que les régimes ne diffèrent que de la nature des huiles incorporées on peut dire donc que la variation des prix des aliments est fonction des quantités d'huiles végétales (soja et arachide) qui coutent un peu plus cher que l'huile de poisson. Au Sénégal, la plupart des huiles végétales sont importées et coutent plus cher que l'huile de poisson qui est à l'état brut. Elles sont raffinées et dépourvues de toute contamination avec une plus grande disponibilité. La promotion de la production d'huile végétale (par exemple huile d'arachide) pourrait amoindrir le coût du prix de l'aliment comparativement à ceux trouvés dans la présente étude.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

La substitution des matières premières issues des produits de la mer dans l'alimentation des poissons d'élevage est déjà engagée. Cette évolution est inéluctable car la quantité de produits marins disponibles pour l'alimentation animale plafonne alors que l'aquaculture mondiale continue à se développer et à s'intensifier. Réduire l'utilisation des produits de la pêche dans l'alimentation des poissons d'élevage par des substitutions répondant aux critères de développement durable est un des défis majeurs pour l'avenir de l'aquaculture dans le monde. Les résultats obtenus ont montré l'importance de l'utilisation de l'huile végétale dans l'alimentation du tilapia *Oreochromis niloticus*. Les poissons nourris avec le régime contenant 100% d'huiles végétales ont présenté les meilleures performances de croissance que celles des poissons soumis à l'aliment (témoin) contenant 100% huile de poisson. Par ailleurs, cet aliment présente un coût de production au kilogramme légèrement supérieur à celui de l'aliment témoin à cause du coût des ingrédients utilisés. Les aliments mis au point dans notre étude sont formulés à base de produits locaux et présentent l'avantage d'être localement disponibles, relativement moins onéreux et accessibles (financièrement) aux pisciculteurs, contrairement à l'aliment commercial industriel.

Par contre il serait utile d'approfondir l'étude par:

La détermination du profil en acide gras des aliments et de la chair des poissons ;

La comparaison des performances de croissance en utilisant séparément l'huile de soja et l'huile d'arachide dans différentes proportions avec de l'aliment commercial comme témoin;

La substitution de l'huile de poisson raffinée par ces mêmes huiles végétales.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

AOAC (Association of Official Analysis Chemists). (1984). Official Methods of Analysis. 14 the edition, AOAC Arlington, VA, 1141pp.

Boyd, C. E. (1982). Water Quality Management for Pond Fish Culture. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, Oxford, New York, 318 pp.

Caballero, M. J., Obach, G., Rosenlund, G., Montero, D., Gisvold, M., Izquierdo, M. S. (2002). Impact of different dietary lipid sources on growth, lipid digestibility, tissue fatty acid composition and histology of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture*, 214, 253-271.

Chou, B. S., Shiau, S.Y. (1996). Optimal dietary lipid level for growth of juvenile hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus X Oreochromis aureus*. *Aquaculture*, 143, 185-195.

Corraze, G., Kaushik, S. (2009). Alimentation lipidique et remplacement des huiles de poisson par des huiles végétales en pisciculture. *Cahiers Agricultures*, 18, 112-118

De Silva, S. S., Perera, M. K. (1985). Effects of dietary protein level on growth, food conversion, and protein use in young Tilapia nilotica at four salinities. *Transactions of the American Fisheries Society*, 583-589.

Dosanjh, B. S., Higgs, D. A., Plotnikoff, M. D., McBride, J. R., Markert, J. R., Buckley, J. T. (1984). Efficacy of canola oil, pork lard and marine oil singly and in combination as supplemental dietary lipid sources for juvenile Coho salmon (*Onchorhynchus kisutch*). *Aquaculture*, 36, 333-345.

DPM. (2009). Rap-09 Résultats Généraux de la Pêche Maritime.

FAO. (2012). La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture 2012. Rome. 241 pp.

Fitzsimmons, K. (2006). Prospect and potential for global production. In: Lim CE, Webster CD, eds. Tilapia: biology, culture, and nutrition. *Binghamton (NY, USA): Food Products Press (The Haworth Press)*.

Guillou, A., Soucy, P., Khalil, M., Adambounou, L. (1995). Effects of dietary vegetable and marine lipid on growth, muscle fatty acid composition and organoleptic quality of flesh of Brook charr (*Sahelinus fontinalis*). *Aquaculture*, 136, 351-362.

Hanley, F. (1991). Effects of feeding supplementary diets containing varying levels of lipid on growth, food conversion and body composition of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). *Aquaculture*, 93, 323-34.

Hépher. (1990), Nutrition of pond fishes, Cambridge. *Cambridge University Press*, 388 pp.

Hossain, M. A., Roy, R., Rahmatullah, S.M., Kohinoor, A. H. M. (2004). Effect of stocking density on the growth and survival of GIFT tilapia, (*Oreochromis niloticus*) fed on formulated diet. *Journal of Agriculture & Rural Developpement*.2 (1), 127-133.

Joyner, S. P. (1985). SAS/STAT Guide for Personal Computer, Statistical Analysis System Institute, Cary, NC, USA.

Kamarudin, M. S., Ramezani-Fard, E., Saad, C.R., Harmin, S. A. (2012). Effects of dietary fish oil replacement by various vegetable oils on growth performance, body composition and fatty acid profile of juvenile Malaysian mahseer, *Tor tambroides*. *Aquaculture Nutrition*, 18, 532–543.

Kaushik, S. J., Doudet, T., Medale, F., Aguirre, P., Blanc, D. (1993). Estimation of protein and energy needs for maintenance and growth of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) using different criteria. In: Proceedings Abstracts EIFAC Workshop on Methodology for Determination of Nutrient Requirements in fish. *Eichenau, Germany*, 19 pp.

Kestemoni, P., Mîcha, J. C., FaIter, U. (1989). Les méthodes de production d'alevins de Tilapia nilotica. FAO/t\DCPIREP/89i46: 132 pp.

Lemal, D. (1989). Recueil des méthodes et techniques utilisées pour l'expérimentation en alimentation animale au PDA de l'INDR. Thies: INDR. 46pp.

Lim, C., Mediha, Y. A., Klesius, P. (2009). Fatty acids requirements of tilapia-dietary supplementation essential for health, reproduction. *Global Aquaculture Advocation*, 12, 86-87.

Lowe-McConnell, R. H. (1982). Tilapias in fish communities. 83-113. In R.S.V. Pullin and R. H. Lowe-McConnell (eds.) The biology and culture of tilapias. ICLARM Conference Proceedings, 7, 432 pp.

Médale, F., Kaushik, S. (2008). Evolution des recherches en nutrition piscicole à l'INRA : substitution des produits d'origine marine dans l'alimentation des poissons d'élevage. *Nutrition, Aquaculture et Génomique INRA Productions Animales*, 21 (1), 87-94.

Melard, Ch. (1986). Les bases biologiques de l'élevage intensif du tilapia du Nil. *Cahiers d'Ethologie appliquée*, Fasc. 3, Vol. 6, 224pp.

Mourente, G., Good, J. E., Bell, J. G. (2005). Partial substitution of fish oil with rapeseed, linseed and olive oils in diets for European sea bass (*Dicentrarchus labrax*): effects on flesh fatty acid composition, plasma postaglandins E2 and E2 α , immune function and effectiveness of a fish oil finishing diet. *Aquaculture Nutrition*, 11, 25-40.

Philippart, J. C., Ruwet, J. C. (1982). Ecology and distribution of tilapias [En ligne]. in The biology and culture of tilapias (Pullin et Lowe Mc Connell, Eds.). ICLARM Conference Proceedings, 7, Manila, Philippines, 15-59 pp.

Rahman, M. S. (1992). Water quality management in aquaculture. BRAC Prokashana, Mohakhali, Dhaka, Bangladesh. 84 pp.

Richard, N., Kaushik, S., Larroquet, L., Panserat, S., Corraze, G. (2006). Replacing dietary fish oil by vegetable oils has little effect on lipogenesis, lipid transport and tissue lipid uptake in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *British Journal of Nutrition*, 96, 299- 309.

Robaina, L., Izquierdo, M. S., Moyano, F. J., Socorro, J., Vergara, J. M., Montero, D. (1998). Increase of the dietary n-3/n-6 fatty acid ratio and addition of phosphorous improves liver histological alterations induced by feeding diets containing soybean meal to gilthead seabream, *Sparus aurata*. *Aquaculture*, 161, 281-293.

Santiago, C. B., Reyes O. S. (1993). Effects of dietary lipid source on reproductive performance and tissue lipid levels in Nile Tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus) broodstock. *Journal of Applied Ichthyology*, 9, 33-40.

Sheridan, M. A. (1994). Regulation of lipid metabolism in poikilothermic vertebrates. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 107, 495-508.

Stickney, R. R., Hardy, R. W. (1989). Lipid requirements of some warm water species. *Aquaculture*, 79, 145-156.

Storebakken, T. (2002). Nutrient requirements and feeding of finfish for aquaculture Atlantic salmon. Pages 79–102 in C. D. Webster and C. Lim, editors. . CABI Publishing,Wallingford, UK.

Takeuchi, T., Satoh, S., Watanabe, T. (1983). Requirement of *Tilapia nilotica* for essential fatty acids. *Bulletin of the Japanese Society for the Science of Fish*, 49 (7), 1127-1134.

Teshima, S., Kanazawa, A., Uchiyama, Y. (1985). Effect of dietary protein, lipid and digestible carbohydrate levels on the weight gain, feed conversion efficiency and protein efficiency ratio of *Tilapia nilotica*. *Memorial Kagoshima University Research Center South. Pacific*, 6, 56-71.

Tidwell, J. H., Coyle, S., Anne, L. B. (2007). Effects of Different Types of Dietary Lipids on Growth and Fatty Acid Composition of Largemouth Bass. *North American Journal of Aquaculture*, 69 (3), 257-264.

Trewavas, E. (1983). Tilapiine Fishes of the Genera *Sarotherodon* *Oreochromis* and *Danakilia*[En ligne]. *British Museum Natural History*, 583 pp.

Viola, S., Arieli Y. (1983). Nutrition studies with tilapia hybrids; The effects of oil supplements to practical diets for intensive aquaculture. *Bamidge*; 35, 45-52.

Webster, C. D., Lim, C. (2002). Nutrient requirements and feeding of finfish for aquaculture. CABI Publishing, New York

Welcome, R. L. (1988). International Introductions of Inland Aquatic Species. *FAO Fisheries Technical paper* 294, 318 pp.

Wing-Keong, Ng., Koh, C. B., Din, Z. B. (2006). Palm oil-laden spent bleaching clay as a substitute for marine fish oil in the diets of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture Nutrition*, 1, 459-468.

Wing-Keong, Ng., Teoh, C.Y., Turchini, G. M. (2011). Farmed Tilapia Net Producers Of Long-Chain Omega Fatty Acids. *Global aquaculture advocate*, 22-24.

Yingst III, W. L., Stickney, R. R. (1979). Effects of dietary lipids on fatty acid composition of channel catfish fry. *Transactions of the American Fisheries Society*, 108, 620-625.

WWW. globefish. org/disclaimer. html consulté le 05/11/2012

ANNEXES

Annexe A: publication du document

Effects of Different Types of Oils on Growth Performance, Survival and Carcass Composition of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*)

Mariama Sagne

Institut Universitaire de Pêche et d'Aquaculture (IUPA), Université Cheikh Anta Diop

UCAD II bâtiment pédagogique/Rez de chaussée, BP: 5005 DAKAR,

Abdoulaye Loum

Institut Universitaire de Pêche et d'Aquaculture (IUPA), Université Cheikh Anta Diop

UCAD II bâtiment pédagogique/Rez de chaussée, BP: 5005 DAKAR,

Jean Fall (Corresponding author)

Institut Universitaire de Pêche et d'Aquaculture (IUPA), Université Cheikh Anta Diop

UCAD II bâtiment pédagogique/Rez de chaussée, BP: 5005 DAKAR,

Tel: 221-77-956-4339 E-mail: kagoshima77@yahoo.com

Diegane Ndong

Agence Nationale de l'Aquaculture, Cité Comico 3 VDN Liberté 6 Extension LOT N1

BP: 1496 DAKAR

Malick Diouf

Institut Universitaire de Pêche et d'Aquaculture (IUPA), Université Cheikh Anta Diop

UCAD II bâtiment pédagogique/Rez de chaussée, BP: 5005 DAKAR,

Alassane Sarr

Institut Universitaire de Pêche et d'Aquaculture (IUPA), Université Cheikh Anta Diop

UCAD II bâtiment pédagogique/Rez de chaussée, BP: 5005 DAKAR,

Omar Thiom Thiaw

Institut Universitaire de Pêche et d'Aquaculture (IUPA), Université Cheikh Anta Diop

UCAD II bâtiment pédagogique/Rez de chaussée, BP: 5005 DAKAR,

Received: January 15, 2013 Accepted: February 2, 2013

doi:10.5296/jbls.v4i2.3041

URL: <http://dx.doi.org/10.5296/jbls.v4i2.3041>

Abstract

The study evaluated the growth performance, survival and body composition of *Oreochromis niloticus* fed isonitrogenous (25%) and isocaloric (186 cal/kg) diets containing different types of oils (fish oil (FO) and vegetable oils (VO) (Soybean oil (SO) and Peanut oil (PO)) at 6% level for a period of 42 days. Significant difference was observed in the body weight gain (WG), specific growth rate (SGR), feed conversion ratio (FCR) values, body protein and lipid content. The diet E containing a mixture of vegetable oils in equal proportions (1:1) produced the best results WG (413.25%), SGR (3.86) and FCR (1.37), whereas the diet B (75% FO + 25% VO) showed the poorest performance WG, FCR and SGR. The survival rate ranged from 55 to 100%, being 55% for C (50% FO+ 50% VO), 65% for A (100% FO) and 100% for B (75% FO+ 25% VO), D (25% FO+ 75% VO) and E (100% VO). The type of dietary lipid significantly affected the body composition of fish. Fish fed on diets B (75% FO+ 25% VO), C (50% FO+ 50% VO), E (100% VO) presented the highest body protein content compared to initial fish. The highest body protein content was obtained in the fish fed on diet B (75% FO+ 25% VO). There was no significant difference in the body protein content of fish fed on diet C (50% FO+ 50% VO) and E (100% VO) also between the initial fish and those fed on diet D (25% FO + 75% VO). The lowest body protein content was obtained with fish fed diet with A (100% FO). Tilapia fed diet containing 100% FO, had the highest body lipid content compared to the initial fish. The lowest body lipid contain was observed in the fish fed on B (75% FO+ 25% VO). There was no significant difference in body lipid and protein content among fish fed diet with D (25% FO+ 75% VO) and initial fish. Results of the present study suggest that diet supplemented with a mixture of vegetable oils (SO and PO) could totally replace fish oil and produce the best growth response in *Oreochromis niloticus*.

Keywords: Fish oil, Soybean oil, Peanuts oil, Tilapia, *Oreochromis niloticus*

1. Introduction

Fishmeal and oils derived from wild harvested whole fish currently constitute the major aquatic

protein and lipid sources available within the animal feed marketplace. Due to the expansion of aquaculture, it is expected that the total use of fishmeal and oils by the aquaculture sector will decrease in the long term. Thus, alternatives to the use of marine materials in fish feeds must be found.

Changes in aqua-feed have been characterized by an increase in dietary lipid levels to reduce nitrogen wastes and improve growth performance. This evolution combined with the strong increase in aquaculture production has led to a rise in demand for fish oils, while their availability remains limited. Alternative lipid sources to fish oil are used in greater amounts. Key alternatives include vegetable oils reducing the part of marine resources in aqua-feed

High-quality marine fish oils have been used almost exclusively as dietary lipid sources in the formulation of commercial fish feeds. However, vegetable oils used as alternative to fish oil consisted lately of an important part of the research on fish nutrition. Nevertheless, lipid digestibility was higher in diets containing vegetable oil than with animal lipid in Atlantic salmon fed diets based on flaxseed oil (Menoyo et al., 2007) and in Atlantic halibut fed diets based on vegetable oil (Martins et al., 2009).

Unlike fish oil, vegetable oils are less expensive and do not accumulate persistent organic pollutants (POPs), thus production costs can be lowered with vegetable oil-based diets, as well as contaminant exposure for fish and consumers. Additionally, these feeds will not alter organoleptic properties of the fillets and will be highly digestible for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*).

Optimum dietary levels of the n-6 acids have been estimated at about 1% for red belly tilapia, *Tilapia zillii*, and 0.5% for Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. Other investigations evaluating the nutritional value of dietary lipid sources suggested that linolenic n-3 series fatty acids as well as n-6 fatty acids are dietary essentials for Nile; blue, *O. aureus*; and hybrid tilapia, *O. niloticus* x *O. aureus*; because fish fed diets supplemented with oils rich in n-3 fatty acids provided good growth and reproductive performance. However, it has been shown that the growth-promoting effects of n-6 fatty acids were superior to those of the n-3 series in red belly tilapia. The optimum dietary requirements of tilapia for n-3 fatty acids have not been determined. The sparing effect of dietary protein by increasing dietary lipid levels has also been reported in hybrid tilapia. However, tilapias do not tolerate as high a dietary lipid level as do salmonids. A level of 5% dietary lipid appeared sufficient to meet the minimum requirement of the so-named tilapia hybrid, but a level of about 12% was needed for maximum growth. Thus, it appears that lipid levels ranging 5 - 12% are optimum in diets for tilapia (Lim et al., 2009). Since vegetable oils such as corn, soybean, peanut, linseed, cotton seed oils contain high levels of n-6 and also significant amounts of n-3 fatty acids, they can be used in tilapia diets. Takeuchi et al., (1983) reported that 5% supplement of corn oil or olive oil resulted in better growth and feed utilization than the addition of cod liver oil.

Dietary lipids play an important role as potential supplier of energy, essential fatty acids and soluble vitamins. They also affect the quality of cultured fish because of their influence on the fatty acid composition of body tissues (Mukhopadhyay & Rout, 1996). The addition of lipids in fish diets contributes to protein sparing by increasing their digestible energy value (De Silva

et al., 1991). In this line, the lipid requirement of different fish species varies.

Substitution of fish oil (FO) in fish aquafeeds has become inevitable due to the limited global supply of FO (Naylor et al., 2009; Turchini et al., 2009). Vegetable oils (VO) are common substitutes, but the main limitation with their use is the absence of n-3 long-chain ($\geq C20$) polyunsaturated fatty acids (LC-PUFA).

The current study investigates the effects of feeding FO with high levels of vegetable oil substitution on tilapia growth, survival, and lipid deposition.

2. Materials and Methods

2.1 Culture Conditions

Male sex-reversed tilapia fries (*Oreochromis niloticus*) of initial weight 1.43 ± 0.22 g were collected from the tilapia hatchery in Richard Toll, Saint Louis, Senegal. Fish were acclimated to the experimental conditions for a period of two weeks. During this period, they were fed with a commercial diet as previously occurred at the above mentioned hatchery. To determine the initial body composition, 20 selected fish on a random basis were killed, filleted and stored at $-18^\circ C$ for proximate analysis at a later AOAC stage, 1984. At the beginning of the experiment, one hundred tilapia fry were randomly divided into five different groups with two replicates containing 10 fish/each. Fish were kept in 10 glass tank ($50 \times 40 \times 30$) containers (50 L). Each aquarium was put in a re-circulating system maintained at $30 \pm 1^\circ C$. An air stone continuously aerated each of both aquaria. All of such aquaria were cleaned up every day in the morning and the afternoon by siphoning off accumulated waste materials. Fish were then fed with 10% of body weight per day and gradually decreased to 4% per day. Each diet was fed twice a day at 08:00 (a.m.) and 17:00 (p.m.) for 42 days to duplicate groups of fish. On the other hand, each group of fish was weighed in the beginning and every two weeks and the amount of diet fed was adjusted, accordingly. A photoperiod of 12 h light, 12 h dark (08:00-20:00h) was used, while fluorescent ceiling lights supplied the illumination. After 6 weeks of feeding, fish were taken out from each treatment; the dorsal muscle tissue of each was dissected and used for carcass composition analysis purposes.

2.2 Diet Preparation

Five diets were formulated to contain approximately equal amounts of digestible protein (25%) and digestible energy (186 cal/kg). Main protein sources (fishmeal, millet meal and maize meal) already grounded into mill was passed as particles through n°. 40 ($425\mu m$) mesh sieve. Mineral mix and vitamin mix were purchased from Aquavet Company, Thiès, Senegal. After all, ingredients were thoroughly mixed, and appropriate quantity of water provided (30% for 100 g of mixed ingredients). Diets were supplemented with 6% of mixture of fish oil (FO) and vegetable oil (VO) (75% FO + 25% VO; 50% FO + 50% VO; 25% FO + 75% VO) or fish oil (100% FO) and vegetable oil (100% VO) at (PO-SO 1:1) (Table 1). Dough was passed through an extruder to produce spaghetti and dried at $37^\circ C$ for two days. So, the concerned dried diet was packaged into plastic bag and stored frozen until its usage.

Table 1. Composition of experimental diets for tilapia (*Oreochromis niloticus*).

Ingredients	Treatments				
	A	B	C	D	E
Fishmeal	334	334	334	334	334
Maize meal	311	311	311	311	311
Millet meal	191	191	191	191	191
Cellulose	100	100	100	100	100
Fish oil (FO)	48	32	24	16	0
Vegetable oil (PO + SO)*	0	16	24	32	48
Vit mix ^a	8	8	8	8	8
Min mix ^b	8	8	8	8	8

^a= vit A 250000 UI; vit D3 250000UI; vit E 5000mg ; vit B1 100mg ; vit B2 400mg ; vit B3(pp) 1000mg ; vit B5 pantode Ca2000mg ; vit B6 300mg ; vit K3 1000g ; vit C 5000mg ; H biotin 15mg ; choline 100g ; anti-oxydant (BHT), crushed and calcined attapulgite qs 1000mg;;

^b= phosphorus 7% ; calcium 17% ; sodium 1,5% ; potassium 4,6% ; magnesium 7,5% ; manganese 738mg ; zinc 3000mg ; iron 4000mg ; copper 750mg ; iodine 5mg ; cobalt 208mg ; calcined and ground attapulgite qs 1000g; fluorine 1.5% (approximately),

*PO: peanut oil

*SO: soybean oil

The proximate composition of the experimental diets and samples of the dorsal muscle were analyzed according to AOAC standard methods (1984).

2.3 Growth Parameters

Growth response parameters were calculated as follows: Weight gain (%) = 100* ((final mean body weight - initial mean body weight)/ initial mean body weight); Specific Growth Rate (SGR, % /day) = 100* ((In Wt- In Wi) /T), where Wt is the weight of fish at time t, Wi is the weight of fish at time 0 and T is the rearing period in days; Feed Conversion Rate (FCR) = total dry feed fed g/ fish / total wet weight gain g/ fish. Survival rate (%) = 100* (number of fish which survived/initial number of fish).

2.4 Water Quality Measurement

Water temperature and dissolved oxygen were measured each following day using YSI Model 58 oxygen meter (Yellow Springs Instrument, Yellow Springs, OH, USA).

2.5 Statistical Analysis

Data were analyzed using the following statistic system (SAS-PC) (Joyner., 1985) and subjected to one-way analysis of variance (ANOVA). Treatment effects were considered significant at P<0.05; Duncan's test was used to compare significant difference among treatments.

3. Results

During the feeding trial, water-quality parameters averaged (\pm SD) water temperature $29 \pm 1^\circ\text{C}$; dissolved oxygen, $6 \pm 1 \text{ mgL}^{-1}$. The proximate composition of the experimental Feeds is shown in Table 2. The related results show statistically similar composition ($P>0.05$) of the experimental feeds with respect to protein, lipid, fiber and Ash.

Table 2. Proximate analysis of experimental diets fed tilapia (*Oreochromis niloticus*)

Composition	Treatments				
	A	B	C	D	E
Dry matter*	89.26	90.58	90.35	89.60	87.70
Crude protein*	25.14	25.69	24.69	24.95	26.72
Crude lipid*	8.32	8.71	8.02	8.84	8.63
Crude fiber *	2.3	1.65	1.93	2.02	1.90
Ash*,	2.14	2.52	2.54	2.40	2.41
Energy (Cal/kg)	183.96	187.75	178.66	187.44	192.15

* Presented in percentage of dry weight.

Data related to the growth performance of *Orechromis niloticus* fed on different types of dietary lipids are presented in the Table 3. Significant $P<0.05$ difference was observed in the body weight gain of fish fed. The highest growth performance ($P<0.05$) was observed in fish fed on diet E containing only the mixture of vegetable oil (peanut oil and soybean oil) in equal proportion as compared to the control diet A; intermediate in the fish fed on diets A, C and D. Fish fed on diet B showed the poorest performance. Similar results were observed for the SGR. Fish fed on diet A, C and E showed the best FCR values. Its survival ranged from 55 to 100%, be 55% for fish fed on diet C, 65% for fish fed on diet A, 100% for fish fed on diet B, D and E.

Table 3. Initial, final weight, weight gain, SGR, FCR and survival of Tilapia (*Oreochromis niloticus*)

Parameters	Treatments				
	A	B	C	D	E
Initial weight g/fish	1.42	1.44	1.46	1.42	1.36
Final weight g/fish	4.97	4.12	6.48	5.36	7.13
Weight gain g/fish	3.55 ^{ab}	2.68 ^b	5.02 ^{ab}	3.94 ^{ab}	5.74 ^a
Weight gain (%)	250.89 ^{ab}	185.79 ^b	343.84 ^{ab}	278.24 ^{ab}	413.25 ^a
SGR	2.99 ^{ab}	3.01 ^b	3.53 ^a	3.44 ^{ab}	4.27 ^a
FCR	1.77 ^a	2.67 ^b	1.45 ^a	1.98 ^{ab}	1.37 ^a
Survival (%)	65	100	55	100	100

^{ab} Means in the same column with the different letter are significantly different

($P<0.05$).

Table 4 displays initial and final body compositions of whole fish. Significant $P<0.05$ difference was observed in the body composition of fish fed different types of dietary lipids. The body protein content was significantly high in fish fed diet B compared to the body protein content of initial fish. The lowest body protein was obtained in fish fed on diet A. Diet D did not show any significant difference in the body protein and lipid content as compared to initial

fish. Fish fed on diet C and E did not show any significant difference in their body crude protein. The body fat content was significantly high in fish fed diet E followed by fish fed diets C and A, respectively. Fish fed on diet B showed the lowest body fat content as compared to initial fish. No significant difference was observed in the body fat content of fish fed on diet D as compared to initial fish.

Table 4. Proximate analysis of dorsal muscle of tilapia (*Oreochromis niloticus*)

		Treatments				
Composition	Initial fish	A	B	C	D	E
Protein (N*6.25) (%)	17.5 ^c	10.50 ^d	19.25 ^a	18.37 ^b	17.5 ^c	18.38 ^b
Lipid (%)	6.1 ^d	9.0 ^c	4.0 ^e	10.8 ^b	5.7 ^d	12.7 ^a

^{abcde} Means in the same column with the different letter are significantly different

(P<0.05).

4. Discussion

Under the experimental conditions, the results of the present study indicated that the type of dietary lipid significantly affected the growth performance of *O. niloticus*. The best growth rate, FCR and SGR were observed in fish fed on diet E containing a mixture of vegetable oils in equal proportions. This may be attributed to the fact that peanut oil and soybean oil are rich in linoleic acid (n-6) (13-43% and 51.5%, respectively). Similarly, it has been reported that plant oils rich in 18:2n-6, such as soybean oil, corn oil, sunflower oil, canola/rapeseed oil and various palm oil products constitute equally good lipid sources for tilapia (Lim et al., 2009). Moreover, it has been noticed that growth-promoting effects of n-6 fatty acids were superior to those of the n-3 series in red belly tilapia (Lim et al., 2009). Generally, n-3 fatty acids are not required by warm water fishes but for proper membrane structure and at least small quantity of these acids may be required (Stickney & Hardy, 1989). Different Tilapia species however require approximately 1% of n-6 fatty acids in their diets (Teshima et al., 1985). Since vegetable oils contain high levels of n-6 and also huge quantities of n-3 fatty acids, they can be efficiently used in Tilapia diets. Chou & Shiao (1996) reported that the growth performance of juvenile hybrid tilapia (*O. niloticus* x *O. aureus*) was better on diets containing lipids as compared to those fed lipid free diets.

Takeuchi et al., (1983) reported that Nile tilapia fingerling fed diets containing corn oil or soybean oil, attained the best weight gain and feed efficiencies as compared to those given beef tallow or cod liver oil. Moreover, Yingst & Stickney (1979) reported that the channel catfish fry showed the best growth rate when reared on practical diets containing menhaden oil followed by soybean oil and the poorest on beef tallow. These results are in line with our findings indicating that diet E containing only VO produced the highest growth rate. In contrast, Santiago & Reyes (1993) observed the highest weight gains in *O. niloticus* (L) brood stock fed cod liver oil.

Many authors obtained conflicting results from their studies on the replacement of FO by VO. Guillou et al., (1995) reported that soya and canola oils can replace fish oils in the diets of

brook charr (*Salvelinus fontinalis*). Wing-Keong et al., (2006) showed that in fishmeal-based diets for Nile tilapia, palm oil-laden SBC can totally replace added fish oil. Wing-Keong et al., (2011) reported that a novel dietary vegetable oil blend was able to totally replace fish oil in tilapia diets without negative impact on growth performance. Such results are in accordance with the present study findings which showed that mixture of vegetable oil (diet E) in an equal proportion (ratio 1:1) can totally replace fish oil in tilapia diet. In contrast, studies have reported partial replacement (at least 50 % up to 80 %) of dietary fish oil by vegetable oil (Caballero et al., 2002). Vegetable oil inclusion significantly reduced EPA and DHA concentrations in both muscle and liver of fish juvenile Malaysian mahseer, *Tor tambroides* except for fish on 50% palm oil diet that had similar liver DHA content with those on control diet (fish oil) (Kamarudin et al., 2012). Mourente et al., (2005) found that 60% of fish oil could be replaced by rapeseed, linseed and olive oils without reduction on the growth rates in European sea bass *Dicentrarchus labrax*. Likewise, only 50% of fish oils were substituted by vegetable oils with no adverse effects on the growth or increased mortality in Atlantic salmon *Salmo salar* (Storebakken, 2002). Furthermore, total substitution of fish oil with vegetable oils (rapeseed, lin) or a mixture of vegetable oils (55% rapeseed / palm 30% / 15% linen) does not change into the ingestion voluntary growth performance and feed efficiency (Médale & Kaushik 2008). The incorporation of vegetable oils in fish feed, replacing fish oil does not alter growth performance since the needs of essential fatty acids (EFAs) are covered (Corraze & Kaushik, 2009). Largemouth bass may be able to use diets containing vegetable and animal-source lipids, which are less expensive than fish oil previously recommended (Tidwell et al., 2007).

Chemical analysis at the end of the experiment is frequently used to determine the influence of feed on fish composition. According to Hepher (1990), endogenous and exogenous factors affect the body composition of fish. It should be noted that, the composition of the feed is the only factor, which could have influenced the difference chemical composition of fish, as other endogenous factors were maintained uniform during the study work.

Data on the body composition of fish allows assessing the efficiency of transfer of nutrients from feed to fish and also helps predict the overall nutritional status. The n-3/n-6 fatty acid ratio can also alter lipid and protein contents in fish muscle (Robaina et al., 1998). In a similar way, the results of the present study indicated that the type of dietary lipid significantly affected the body composition of fish. Fish fed diet B showed higher body crude protein and higher body fat was observed in fish fed on diet E containing only VO (ratio 1:1) compared to initial fish. This differs from the results of Tidwell et al., (2007) who showed that fatty acid composition of the diet had no effect on the proximate composition of the test fish. Richard et al., (2006) revealed that total replacement of dietary fish oil by the blend of vegetable oils did not modify muscle lipid content of rainbow trout. Substantial portion of dietary lipid is incorporated into the depot fat that mainly goes to visceral fat as compared to the rest of the body (Sheridan, 1994). Vegetable oils are cheaper, available in large quantities and less subjected to oxidation (Dosanjh et al., 1984). They enable growth and feed conversion which is as efficient as fish oils without significantly affecting the flesh's organoleptic qualities (Guillou et al., 1995).

The use of VO as a replacement for FO 0–100% levels showed that the proximate composition of feeds did not differ statistically, except for Dry matter content. Nutritional evaluation of these feeds did show significant statistical difference among treatments, in terms of WG, FCR and SGR. The mortality rate noticed during the feeding trial did not present any conclusive trend. Chemical analysis of body composition of tilapia fed on the diets for a period of six weeks also differs statistically in terms of protein and lipid content. Results of this study show that VO could be used as a complete substitute for FO in a practical diet for tilapia fry.

Acknowledgement

We would like to express our thanks to the National Agency of Aquaculture (NAA) for the supply of fish vitamin mix and mineral mix. We would highly appreciate the assistance of staff members of ESP (Ecole Supérieure Polytechnique) and ENSA (Ecole Nationale des Sciences Agronomiques) laboratories.

Reference

- AOAC (Association of Official Analysis Chemists). (1984). Official Methods of Analysis, 14 the edition, AOAC Arlington, VA, 1141pp.
- Caballero, M. J., Obach, G., Rosenlund, G., Montero, D., Gisvold, M., & Izquierdo, M. S. (2002). Impact of different dietary lipid sources on growth, lipid digestibility, tissue fatty acid composition and histology of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture*, 214, 253-271. [http://dx.doi.org/10.1016/S0044-8486\(01\)00852-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0044-8486(01)00852-3)
- Chou, B. S., & Shiao, S. Y. (1996). Optimal dietary lipid level for growth of juvenile hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus* x *Oreochromis aureus*. *Aquaculture*. 143, 185-95. [http://dx.doi.org/10.1016/0044-8486\(96\)01266-5](http://dx.doi.org/10.1016/0044-8486(96)01266-5)
- Corraze, G., & Kaushik, S. (2009). Alimentation lipidique et remplacement des huiles de poisson par des huiles végétales en pisciculture. *Cahiers Agricultures*. 18, 112-118.
- De Silva, S. S., Guansekera, R. M., & Shim, K. F. (1991). Interactions of varying dietary protein and lipid levels in young red tilapia: evidence of protein sparing. *Aquaculture*. 95, 305-318. [http://dx.doi.org/10.1016/0044-8486\(91\)90096-P](http://dx.doi.org/10.1016/0044-8486(91)90096-P)
- Dosanjh, B. S., Higgs, D. A., Plotnikoff, M. D., McBride, J. R., Markert, J. R., & Buckley, J. T. (1984). Efficacy of canola oil, pork lard and marine oil singly and in combination as supplemental dietary lipid sources for juvenile Coho salmon (*Onchorhynchus kisutch*). *Aquaculture*. 36, 333-345. [http://dx.doi.org/10.1016/0044-8486\(84\)90326-0](http://dx.doi.org/10.1016/0044-8486(84)90326-0)
- Folch, J., Lees, M., & Sloane-Stanley, G. H. (1957). A simple method for the isolation and purification of total lipid from animal tissues. *Journal of Biological Chemistry*. 226, 497-509.
- Guillou, A., Soucy, P., Khalil, M., & Adambounou, L. (1995). Effects of dietary vegetable and marine lipid on growth, muscle fatty acid composition and organoleptic quality of flesh of Brook charr (*Sahelinus fontinalis*). *Aquaculture*. 136, 351-362.

[http://dx.doi.org/10.1016/0044-8486\(95\)00053-4](http://dx.doi.org/10.1016/0044-8486(95)00053-4)

Hepher, B. (1990). Nutrition of pond fish, Cambridge. *Cambridge University Press*. 388 pp.

Joyner, S. P., 1985. SAS/STAT Guide for Personal Computer, Statistical Analysis System Institute, Cary, NC, USA.

Kamarudin, M. S., Ramezani-Fard, E., Saad, C. R., & Harmin, S. A. (2012). Effects of dietary fish oil replacement by various vegetable oils on growth performance, body composition and fatty acid profile of juvenile Malaysian mahseer, *Tor tambroides*. *Aquaculture Nutrition*. 18, 532–543. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2095.2011.00907.x>

Lim, C., Aksoy, M., & Klesius, P. (2009). Lipids and fatty acid requirements of tilapia - Dietary supplementation essential for health, reproduction. *Global Aquaculture Advocate*, 12(5), 86-87.

Martins, D. A., Valente, L. M. P., & Lall, S. P. (2009). Apparent digestibility of lipid and fatty acids in fish oil, poultry fat and vegetable oil diets by Atlantic halibut, *Hippoglossus hippoglossus* L. *Aquaculture*, 294, 132-137. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2009.05.016>

Medale, F., Kaushik, S. (2008). Evolution des recherches en nutrition piscicole à l'INRA : substitution des produits d'origine marine dans l'alimentation des poissons d'élevage. *Nutrition, Aquaculture et Génomique INRA Prod. Anim*, 21(1), 87-94.

Menoyo, D., Lopez-Bote, C. J., Diez, A., Obach, A., & Bautista, J. M. (2007). Impact of n-3 fatty acid chain length and n3/n6 ratio in Atlantic salmon (*Salmo salar*) diets. *Aquaculture*, 267, 248-259. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2007.02.031>

Mourente, G., Good, J. E., & Bell, J. G. (2005). Partial substitution of fish oil with rapeseed, linseed and olive oils in diets for European sea bass (*Dicentrarchus labrax*): effects on flesh fatty acid composition, plasma postglandins E2 and E2 α , immune function and effectiveness of a fish oil finishing diet. *Aquaculture Nutrition*, 11, 25-40. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2095.2004.00320.x>

Mukhopadhyay, P. K., & Rout, S. K. (1996). Effects of different dietary lipids on growth and tissue fatty acid changes in fry of carp *Catla catla* (Hamilton). *Aquaculture research*, 27, 623-630. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2109.1996.tb01295.x>

Naylor, R. L., Hardy, R. W., Bureau, D. P., Chiu, A., Elliott, M., Farrell, A. P., Forster, I., Gatlin, D. M., Goldburg, R. J., Hua, K., & Nichols, P. D. (2009). Feeding aquaculture in an era of finite resources. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106, 15103-15110. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.0905235106>

Richard, N., Kaushik, S., Larroquet, L., Panserat, S., & Corraze, G. (2006). Replacing dietary fish oil by vegetable oils has little effect on lipogenesis, lipid transport and tissue lipid uptake in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *British Journal of Nutrition*, 96, 299- 309. <http://dx.doi.org/10.1079/BJN20061821>

- Robaina, L., Izquierdo, M. S., Moyano, F. J., Socorro, J., Vergara , J. M., & Montero, D. (1998). Increase of the dietary n-3/n-6 fatty acid ratio and addition of phosphorous improves liver histological alterations induced by feeding diets containing soybean meal to gilthead seabream, *Sparus aurata*. *Aquaculture*, 161, 281–293. [http://dx.doi.org/10.1016/S0044-8486\(97\)00276-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0044-8486(97)00276-7)
- Santiago, C. B., & Reyes O. S., (1993). Effects of dietary lipid source on reproductive performance and tissue lipid levels in Nile Tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus) broodstock. *Journal of Applied Ichthyology*, 9, 33-40. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1439-0426.1993.tb00385.x>
- Sheridan, M. A. (1994). Regulation of lipid metabolism in poikilothermic vertebrates. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 107, 495-508. [http://dx.doi.org/10.1016/0305-0491\(94\)90176-7](http://dx.doi.org/10.1016/0305-0491(94)90176-7)
- Stickney, R. R., & Hardy, R. W. (1989). Lipid requirements of some warm water species. *Aquaculture*, 79, 145-156. [http://dx.doi.org/10.1016/0044-8486\(89\)90455-9](http://dx.doi.org/10.1016/0044-8486(89)90455-9)
- Storebakken, T. (2002). Nutrient requirements and feeding of finfish for aquaculture Atlantic salmon. Pages 79–102 in C. D. Webster and C. Lim, editors. CABI Publishing, Wallingford, UK.
- Takeuchi, T., Satoh, S., & Watanabe, T. (1983). Requirement of Tilapia nilotica for essential fatty acids. *Bulletin of the Japanese Society for the Science of Fish*, 49(7), 1127-1134.
- Teshima, S., Kanazawa, A., & Uchiyama, Y. (1985). Effect of dietary protein, lipid and digestible carbohydrate levels on the weight gain, feed conversion efficiency and protein efficiency ratio of *Tilapia nilotica*. *Memorial Kagoshima University Research Center South Pacific*, 6, 56-71.
- Tidwell, J. H., Coyle, S., & Anne, L. B. (2007). Effects of Different Types of Dietary Lipids on Growth and Fatty Acid Composition of Largemouth Bass. *North American Journal of Aquaculture*, 69(3), 257-264. <http://dx.doi.org/10.1577/A06-040.1>
- Turchini, G. M., Torstensen, B. E., & Ng, W. K. (2009). Fish oil replacement in finfish nutrition. *Reviews in Aquaculture*, 1, 10-57. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1753-5131.2008.01001.x>
- Wing-Keong, Ng., KOH, C.-B., & DIN, Z. B. (2006). Palm oil-laden spent bleaching clay as a substitute for marine fish oil in the diets of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture Nutrition*, 1, 459-468. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2095.2006.00449.x>
- Wing-Keong, Ng., Teoh, C. Y., & Turchini, G. M, (2011). Farmed Tilapia Net Producers Of Long-Chain Omega Fatty Acids. *Global aquaculture advocate*, p 22-24.
- Yingst III, W. L., & Stickney, R. R. (1979). Effects of dietary lipids on fatty acid composition of channel catfish fry. *Transactions of the American Fisheries Society*, 108, 620-625. [http://dx.doi.org/10.1577/1548-8659\(1979\)108<620:EODLOF>2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1577/1548-8659(1979)108<620:EODLOF>2.0.CO;2)

Copyright Disclaimer

Copyright reserved by the author(s).

This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution license (<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/>).

Annexe B : vue d'ensemble du milieu d'étude



Sagne, 2012

Annexe C : Aspect morphologique d'*Oreochromis niloticus*



www.google.sn

Annexe D: ingrédients utilisés pour la fabrication des aliments



Farine de poisson



Farine de maïs



Farine de mil



Liant



minéraux mix



vitamines mix



Huile de poisson



Huile végétale

Sagne, 2012

Annexe E: Moulinex



Sagne, 2012



Sagne, 2012

Titre: Effets de différentes huiles végétales dans les régimes alimentaires sur la croissance, la survie et la composition biochimique de la chair du Tilapia: (*Oreochromis niloticus*, Linnaeus, 1758)

Nom du candidat: Mariama SAGNE

Nature du mémoire: Mémoire de fin d'études pour l'obtention du DESS en Pêche et Aquaculture

Jury:

Président: Pr Papa NDIAYE

Membres: Dr Malick DIOUF

Dr Niokhor DIOUF

Dr Jean FALL

Dr Ibrahima NIAMADIO

Soutenu le 19 Juillet 2013 à l'Institut Universitaire de Pêche et d'Aquaculture

RESUME:

Des alevins monosexé mâle d'*Oreochromis niloticus* (100 individus) de poids moyen initial $1,43 \pm 0,22\text{g}$, ont été répartis en duplicita dans 10 aquariums avec une densité de 10 individus par aquarium. Ils ont été soumis à cinq régimes alimentaires isoprotéiques (25%), et isoénergétiques (185 cal/kg) contenant 6% d'huile composé de 100% d'huile de poisson (HP) aliment A contrôle, (100% d'huile végétale (HV): huile d'arachide (HA) et huile de soja (HS) avec un ratio (1 :1) aliment E, (75% HP +25% HV) aliment B, (50% HP + 50% HV) aliment C, (25% HP + 75% HV) aliment D pendant 6 semaines.

Les résultats ont révélé que les meilleures performances de croissance ont été obtenues avec le régime E tandis que les plus faibles avec le régime B. Les régimes A, C et D ont donné les valeurs intermédiaires. Des résultats peu similaires ont été obtenus avec le taux de croissance spécifique (TCS). Les meilleurs taux de conversion alimentaire (TCA) sont obtenus avec les régimes A, C et E. Le régime B donne le plus faible TCA. Les meilleurs taux de survie 100% ont été obtenus chez les poissons soumis aux régimes B, D et E. La teneur en protéine de la chair est significativement la plus élevée chez les poissons nourris avec le régime B, et plus faible chez les poissons nourris avec le régime A. Pour la teneur en matière grasse, les valeurs les plus élevées par rapport à celles des poissons initiaux sont observées chez les poissons nourris avec le régime E, alors que la chair des poissons nourris avec les régimes B et D présentent les plus faibles valeurs. Les résultats de la présente étude suggèrent que l'alimentation avec un mélange d'huiles végétales (HS, HA) peut remplacer totalement l'huile de poisson et produire la meilleure réponse à la croissance d'*Oreochromis niloticus*.

Mots clés: Huile de poisson, Huile végétale, Tilapia, *Oreochromis niloticus*