

## ELABORATION D'ALIMENTS SECS POUR LE TILAPIA DU NIL *OREOCHROMIS NILOTICUS* (L., 1758) EN ELEVAGE DANS LES EAUX GEOTHERMALES DU SUD TUNISIEN

Mohamed Salah AZAZA<sup>1\*</sup>, F. MENSI<sup>1</sup>, A. ABDELMOULEH<sup>1</sup> et M.M. KRAÏEM<sup>1\*\*</sup>

<sup>1</sup> Institut National des Sciences et Technologies de la Mer. 28 Rue 2 Mars 1934, 2025 Salammbô, Tunisie

\* azaza\_med2002@yahoo.co.in

\*\* mejd.kraiem@instm.rnrt.tn

### ملخص

استنباط تركيبات علفية لتوفير أعلاف لسماك البلطي النيلي : في إطار توفير أعلاف لسماك البلطي النيلي بالمزارع التونسية تم استنباط تركيبات علفية مكونة من مصادر علفية تقليدية ذات نسب متفاوتة من طحين السمك ( 0 % ، 10 % ، 20 % و 30 % ) و تحتوي على 36 % من البروتينيات و 6 % من الدهون. قمنا باختبار هذه الأعلاف على صغار سمك البلطي ذات وزن أولي يقدر بـ 2 غ لمدة 45 يوما. أظهرت النتائج المتحصل عليها أن نمو الأسماك بلغ حد 21.33 غ و 29.34 غ حسب الغذاء المقدم وأن العليقة التي تحتوي على 20 % و 30 % من طحين السمك سجلت أحسن معدلات النمو والتحول الغذائي. إذ بلغت هذه النسب على التوالي 5.82 و 5.89 و نسب التحويل الغذائي 1.71 و 1.49. مكنتنا هذه التجارب من توفير أعلاف جيدة لسماك البلطي النيلي وسوف تتبعها بحوث ضافية لتثمين مخلفات الصناعات الغذائية المتوفرة محليا لصياغة أعلاف أسماك المياه العذبة. المفاتيح: البلطي النيلي , الغذاء , طحين السمك , طحين الصوي.

### RESUME

Dans le but de promouvoir l'alimentation du Tilapia en élevage dans les fermes aquacoles tunisiennes, quatre aliments composés secs ont été élaborés à partir de matières premières conventionnelles et contenant différents taux de farine de poisson de fabrication locale (0 %, 10%, 20 % et 30 %). Ces aliments composés, de 36 % de protéines brutes et 6 % de lipides, ont été testés sur des alevins de Tilapia de poids moyen initial de 2 g. Après 45 jours d'expérimentation, les poids moyens finaux ont varié entre 21,33 g et 29,34 g selon les traitements. Les meilleurs taux de croissance et de transformation alimentaire ont été obtenus par les aliments contenant 20 % et 30 % de farine de poisson, avec des taux de croissance spécifiques (TCS) respectifs de 5,82 % et 5,89 % et des taux de conversion de 1,71 et 1,49, contre un TCS de 5,2 % et un TC de 1,96 obtenus avec l'aliment témoin. Ce test qui nous a permis de disposer d'aliments performants pour le prégressissement du Tilapia sera poursuivi pour la valorisation des sous produits agroalimentaires locaux dans l'alimentation de ce poisson.

**Mots clés:** *Oreochromis niloticus*, alimentation, tourteau de Soja, farine de poisson.

### ABSTRACT

**Elaboration of dried food for tilapia (*Oreochromis niloticus*) reared in geothermal waters in southern Tunisia :** In order to promote food products of rearing Tilapia in Tunisian fish farms, four dry compound foods were elaborated from conventional raw materials containing various rates of local manufactured fish meal (0 %, 10 %, 20 % and 30 %). These foods, containing 36 % of proteins and 6 % of lipids, were tested on Tilapia fingerlings 2 g weight.

After 45 days of experiment the final body weight varied between 21.33 g and 29.34 g according to the tested treatments. The best growth rate and food conversion ration were obtained by food containing 20 % and 30 % of fish meal, with respective specific growth rate (SGR) of 5.82 % and 5.89 % and food conversion ration (FCR) of 1.71 and 1.49, against a SGR of 5.2 % and a FCR of 1.96 obtained for the witness food.

This successful test which allowed us to have a performed food for the first on-growing of Tilapia will be pursued for the valorization of local by products in Tilapia feeding.

**Key-words:** *Oreochromis niloticus*, food, soybean meal, fish meal.

## INTRODUCTION

En aquaculture intensive, le poste alimentation représente une part importante du coût de production des poissons. L'intérêt économique de ce type d'élevage est donc très dépendant de la disponibilité et du coût des aliments (Tacon, 1996; Hoffman *et al.*, 1997). Ainsi, la réduction des charges liées à l'alimentation, et par conséquent la maîtrise du coût de production des poissons d'élevage, est l'une des priorités en aquaculture (Jauncey et Ross, 1982).

La farine de poisson est en général la composante majeure des aliments en aquaculture. En effet, elle est riche en Acides Aminés Essentiels (AAE) dont le profil correspond remarquablement aux besoins des poissons. Cette source conventionnelle de protéines représente 40 à 60 % des protéines totales dans les aliments standards pour les Tilapias (NRC, 1990). Son prix d'achat élevé et l'irrégularité de sa qualité ont orienté les recherches vers des sources alternatives de protéines, en particulier végétales, qui ne sont pas directement utilisables pour la consommation humaine (Shiau *et al.*, 1987; Jackson *et al.*, 1982; El-sayed, 1990). Par ailleurs, le tourteau de soja reste de loin le plus utilisé du fait de sa disponibilité, de la stabilité de son prix et surtout de sa bonne valeur nutritionnelle pour la plupart des poissons d'élevage (Lovell, 1988; Guillaume *et al.*, 1999; Furuya *et al.*, 2004; Hernandez *et al.*, 2004; Rondan *et al.*, 2004; Beiping *et al.*, 2005; Kenan et Chris, 2005).

En Tunisie, l'élevage du Tilapia est une activité récente et prometteuse en raison de la disponibilité d'un important potentiel d'eau géothermale favorable à ce type de pisciculture. Toutefois l'absence d'une alimentation locale adéquate et le coût élevé des aliments importés constituent un handicap pour le développement de cette activité. Il est donc impératif d'élaborer des aliments à partir des matières premières disponibles localement.

Il existe certes des formules standards d'aliments performants pour le Tilapia, toutefois il n'est pas indiqué de les adapter pour l'élaboration de régime alimentaire. Ceci en raison des matières premières disponibles localement et plus particulièrement la farine de poisson, qui constitue habituellement la principale source protéique des aliments, possède des

compositions biochimiques très en deçà des ingrédients standards.

Il est donc utile de reformuler des aliments en tenant compte de la valeur nutritive des matières premières disponibles localement. C'est dans ce cadre que des régimes expérimentaux ont été élaborés et testés sur des alevins de Tilapia en phase de prégrossissement.

## MATERIEL ET METHODES

### Procédure expérimentale

Cette étude a été réalisée dans des bassins installés en circuit ouvert à la station expérimentale d'élevage des poissons en eaux géothermales de l'INSTM à Béchima dans le gouvernorat de Gabès (sud tunisien). Quatre régimes alimentaires, AP<sub>0</sub>, AP<sub>1</sub>, AP<sub>2</sub> et AP<sub>3</sub>, isoprotéiques (36 %) et isoenergétiques (4,23 Kcal.g<sup>-1</sup>), destinés pour l'alimentation du Tilapia en phase de prégrossissement ont été élaborés à partir des matières premières conventionnelles (tableau I). Au sein de ces régimes, la farine de poisson est incorporée graduellement à raison de 0 %, 10 %, 20 % et 30 % (Tableau II).

Les ingrédients bruts sont finement broyés et tamisés à l'aide d'un tamis de 400 micromètres. Pour chaque aliment les ingrédients ont été pesés et mélangés jusqu'à l'obtention d'une poudre homogène à laquelle on a ajouté l'huile végétale et le CMV (complexe minéraux-vitaminé). De l'eau a été ensuite ajoutée à raison de 60 % de matière sèche, de manière à obtenir une pâte malléable qui, passée à travers la filière d'un hachoir à viande (TC 22SL), donne des filaments de 2 mm de diamètre (spaghettis). Ces filaments sont par la suite séchés au soleil, fragmentés à la taille désirée, ensachés et stockés à une température de - 20 °C jusqu'à la distribution.

Ces aliments ont été testés sur des juvéniles de Tilapia *Oreochromis niloticus*, d'un poids moyen initial de 2,07 ± 0,09 g (Poids moyen ± ES). Les poissons au nombre de 960 pièces ont été pesés individuellement et répartis aléatoirement dans 12 bassins de 400 l de volume utile, soit 80 poissons par bassin, formant ainsi quatre traitements en triplicata correspondant chacun à un aliment. Les poissons sont stockés dans les bassins 10 jours avant le début de l'expérience pour les acclimater aux nouvelles conditions.

Tableau. I : Composition biochimique des ingrédients (exprimé en % de la matière sèche)

Ingrédients	MS	Protéine	Lipide	Cellulose	Cendre	ENA
Maïs	86,12	7,84	1,43	6,59	1,32	68,94
Tourteau de soja	88,96	43,50	1,38	6,60	5,80	31,68
Farine de poisson	91,67	47,21	1,12	1,65	28,14	13,55

Tableau. II : Formulation et composition biochimique des régimes alimentaires pour les alevins de Tilapia en pré-grossissement.

<b>Ingrédients</b> (%)	<b>Aliments</b>			
	<b>AP<sub>0</sub></b>	<b>AP<sub>1</sub></b>	<b>AP<sub>2</sub></b>	<b>AP<sub>3</sub></b>
Farine de poisson	0	10	20	30
Tourteau de Soja	75	65	55	45
Mais	20	20	20	20
Huile végétale	3	3	3	3
CMV <sup>1</sup>	2	2	2	2
<b>Valeur nutritive</b>				
Matière Sèche	88,91	87,76	87,90	88,74
Protéine	36,21	36,71	36,86	37,08
Lipide	5,81	6,22	6,89	6,37
Cellulose	9,28	8,47	8,38	8,53
Cendre	6,25	7,89	10,12	13,96
ENA <sup>2</sup>	31,76	28,47	25,65	22,8
<b>AAE (g/100 g MS)<sup>3</sup></b>	***			
Lysine	1,43	2,13	2,35	2,80
Valine	0,78	1,12	1,37	1,87
Leucine	0,95	2,81	2,92	3,13
Histidine	0,48	0,77	0,82	0,92
Arginine	1,18	2,67	2,64	2,57
Thrèonine	1,05	1,30	1,46	1,79
Isoleucine	0,87	1,26	1,31	1,41
Méthionine+Cystéine	0,91	0,86	1,15	1,35
Tryptophane	0,28	0,53	0,55	0,60
Phénylalanine	0,56	1,49	1,58	1,76
Calcium (g/Kg)	0,22	0,82	1,42	2,02
Phosphore (g/Kg)	0,58	0,90	1,21	1,53
Energie Brute (Kcal/g) <sup>4</sup>	4,354	4,284	4,234	4,085

<sup>1</sup> Vitamin premix (mg or IU. kg<sup>-1</sup>): Vit A, 250000 UI; Vit D<sub>3</sub>, 62500 UI; Vit K<sub>3</sub>, 100 mg; Vit B<sub>1</sub>, 41 2 mg; Choline, 2500 UI.

Mineral premix (mg.Kg<sup>-1</sup>): Fe, 1.5 g; Cu, 0.2 g; Mn, 1.75 g; Zn, 1.25 g; I, 0.01 g; Se, 0.0075 g; Co, 0.008 g; P, 0.082 g; Ca, 0.24 g; Na, 0.35 g.

<sup>2</sup> Extractif Non A zoté=100%-(%Lipide+%Matière sèche+%Protéine+%cellulose brute+%cendre)

<sup>3</sup> Acides aminés essentiels.

<sup>4</sup> Schiemann *et al.*, (1971, in Blum *et al.*, 1984).

\*\*\* Besoin en AAE, selon Santiago et Lovell (1988).

Les bassins sont alimentés en eau géothermale de 29°C ± 1°C et à un débit de 6 à 8 l/mn, soit un taux de renouvellement au moins une fois par heure, assurant un taux d'oxygène supérieur à 80 % de la saturation.

Les poissons sont nourris, manuellement, avec les aliments expérimentaux *ad-libitum*, à raison de quatre repas par jour, (8 h 00, 11 h 00, 14 h 00 et 17 h 00) et 7 jours sur 7. Les poissons étaient considérés à satiété quand ils ne prêtaient plus aucune attention aux

granulés. Tous les 15 jours les poissons sont pesés et une rotation des bacs est effectuée pour supprimer l'effet bac.

#### **Analyses biochimiques**

Les analyses biochimiques (protéines, lipides, humidité, cellulose et cendres) ont été effectuées en duplicata selon les méthodes standard de l'AOAC (1990) et ont concernées les ingrédients, les 4 aliments expérimentaux, les carcasses homogénéisées

de 60 poissons entiers prélevés aléatoirement en début d'expérience. Ces analyses ont été aussi effectuées sur les carcasses homogénéisées de 5 poissons entiers prélevés aléatoirement après 2 jours de la fin d'expérience dans chacun des 12 bassins expérimentaux, soit 15 poissons par régime.

Les protéines brutes (% N X 6,25) sont dosées par la méthode de Kjeldahl (auto-analyseur Kjeld-foss), les lipides par la méthode à chaud (type Soxhlet), pour l'extraction des lipides un mélange de chloroforme: méthanol (2:1 v/v) est utilisé (Folch *et al.*, 1957). La cellulose brute est analysée par la méthode de Weende (hydrolyse acide et alcaline). La matière sèche est déterminée par mesure de la perte de poids après séchage durant 24 h à l'étuve à 105 °C. Les cendres sont déterminées après incinération des échantillons au four à moufle à 550 °C pendant 12 heures. La teneur en glucides, assimilée à l'extractif non azoté (ENA), est déterminée par différence à partir des valeurs trouvées pour les autres constituants des régimes. Les teneurs en calcium et en phosphore sont déterminées après digestion acide des échantillons par un mélange d'acide nitrique et d'acide perchlorique. Le calcium est déterminé à l'aide d'un photomètre à flamme (Black, 1965) alors que le phosphore est déterminé à l'aide d'un spectrophotomètre (Golterman *et al.*, 1978). L'analyse des acides aminés essentiels dans les ingrédients a été faite à l'aide d'un analyseur d'acides aminés (type, Beckman 3600 Fullerton, CA, USA). L'analyse du tryptophane a été effectuée par la méthode colorimétrique après hydrolyse alcaline.

#### Analyse statistiques

Pour l'analyse statistique des résultats, les données biométriques pour chaque répétition sont considérées comme une observation. Ces résultats sont comparés statistiquement par l'analyse de la variance à un caractère (ANOVA) selon la procédure GLM du logiciel Statistica<sup>®</sup> version 5.1 (Statsoft, Tulsa, USA) après vérification préalable de l'homogénéité des variances et de la normalité des données à analyser. Lorsque l'ANOVA se révélait significative, le test de Duncan a été utilisé pour la comparaison multiple des moyennes. Pour ces comparaisons, le seuil de signification de 5 % est retenu.

## RESULTATS

Les données obtenues en fin d'expérience (Tableau III) montrent que les poids moyens finaux des poissons varient entre  $21,33 \pm 0,63$  g pour le lot nourri avec le régime AP<sub>0</sub> et  $29,43 \pm 1,32$  g pour celui qui a reçu le régime AP<sub>3</sub>. Le test de Duncan montre qu'il n'y a pas de différence significative ( $P > 0,05$ ) pour les poids moyens finaux des régimes AP<sub>2</sub> et AP<sub>3</sub> avec respectivement de 28,90 et 29,43 g.

Les TCS calculés varient entre 5,19 % chez les poissons nourris avec le régime AP<sub>0</sub>, et 5,88% chez

ceux nourris avec le régime AP<sub>3</sub>, avec une différence non significative entre AP<sub>2</sub> et AP<sub>3</sub> d'une part et entre AP<sub>2</sub> et AP<sub>1</sub> d'autre part.

Les taux de conversion alimentaire sont compris entre 1,96 et 1,49, respectivement pour les régimes AP<sub>0</sub> et AP<sub>3</sub>.

Ainsi, les lots recevant des aliments contenant la farine de poisson, et plus particulièrement les lots A2 et A3, se distinguent par une meilleure croissance pondérale et transformation alimentaire. Cette performance est plus marquée chez le lot A3, recevant un aliment à 30 % de farine de poisson, avec un Taux de Croissance Spécifique (TCS) de 5,9 % et un taux de conversion alimentaire (TC) de 1,5.

Concernant la composition de la carcasse (Tableau IV), les analyses montrent qu'il n'existe pas de différence significative entre les teneurs en protéines des poissons récoltés en fin d'expérience et nourris avec les 4 régimes alimentaires. Pour les teneurs en lipides, les résultats montrent que les poissons sont plus gras en fin d'expérience et ceci pour les quatre régimes alimentaires. De plus, l'analyse statistique montre que la teneur en lipides augmente de façon significative avec le taux d'incorporation de la farine de poisson. Pour la teneur en eau, elle diminue dans les carcasses des poissons en fin d'expérience par comparaison à l'état initial. Cependant les poissons nourris avec le régime AP<sub>0</sub> (ne contenant pas la farine de poisson) sont plus riches en eau ( $P < 0,05$ ) que ceux nourris avec les autres aliments testés.

## DISCUSSION ET CONCLUSIONS

Ces résultats montrent que pour un poisson tel que le Tilapia, un régime contenant uniquement des protéines d'origine végétale n'entraîne pas de bonnes performances de croissance au cours du prégressissement. Des résultats similaires ont été observés chez le Tilapia hybride *O. niloticus* x *O. aureus* (Shiau, 1990), la carpe commune *Cyprinus carpio* (Viola *et al.*, 1982; Nandeesh *et al.*, 1984), et chez le poisson-chat, *Ictalurus punctatus* (Robinson *et al.*, 1981; Mohsen et Lovell, 1990). Les résultats obtenus concordent avec les travaux réalisés sur d'autres espèces de Tilapia telles que *O. aureus* et *O. mossambicus* qui montrent que l'incorporation des protéines animales augmente fortement la digestibilité des aliments et par suite les performances de croissance (Mathavan et Paudian, 1976; Davis et Stickney, 1978). En effet, selon Stickney (1986), chez *O. niloticus* le remplacement des protéines animales par des protéines végétales à concurrence de 25 % paraît acceptable. Alukunde (1982, *in* Jauncey et Ross, 1982) a montré aussi que la substitution de 11 % de la farine de poisson par la farine d'arachide, dans un régime de 45 % de protéines, n'affecte pas la croissance chez les alevins d'*O. niloticus*. Avec un

**Tableau III** : Performances zootechniques d'*Oreochromis niloticus* nourri avec les quatre régimes alimentaires durant 45 jours d'expérimentation. Les résultats sont exprimés en : Moyenne  $\pm$  ESM de trois répétitions<sup>1</sup>.

Variables	Aliments			
	AP <sub>0</sub>	AP <sub>1</sub>	AP <sub>2</sub>	AP <sub>3</sub>
<b>P<sub>mi</sub> (g)</b>	2,060 $\pm$ 0,081 <sup>a</sup>	2,043 $\pm$ 0,126 <sup>a</sup>	2,103 $\pm$ 0,103 <sup>a</sup>	2,081 $\pm$ 0,090 <sup>a</sup>
<b>P<sub>mf</sub> (g)</b>	21,333 $\pm$ 0,636 <sup>a</sup>	24,761 $\pm$ 0,877 <sup>b</sup>	28,907 $\pm$ 1,119 <sup>c</sup>	29,432 $\pm$ 1,328 <sup>c</sup>
<b>TS (%)<sup>2</sup></b>	88,667 $\pm$ 5,634 <sup>a</sup>	90,667 $\pm$ 6,633 <sup>a</sup>	87,143 $\pm$ 5,991 <sup>a</sup>	88,667 $\pm$ 6,184 <sup>a</sup>
<b>G<sub>p</sub> (%)<sup>3</sup></b>	935,583 $\pm$ 24,14 <sup>a</sup>	1111,192 $\pm$ 26,51 <sup>b</sup>	1274,560 $\pm$ 28,92 <sup>bc</sup>	1314,32 $\pm$ 27,140 <sup>c</sup>
<b>GP (g/j/ind)<sup>4</sup></b>	0,428 $\pm$ 0,022 <sup>a</sup>	0,504 $\pm$ 0,010 <sup>b</sup>	0,595 $\pm$ 0,011 <sup>c</sup>	0,607 $\pm$ 0,025 <sup>c</sup>
<b>TCS (%/J)<sup>5</sup></b>	5,194 $\pm$ 0,081 <sup>a</sup>	5,544 $\pm$ 0,064 <sup>ab</sup>	5,823 $\pm$ 0,062 <sup>bc</sup>	5,887 $\pm$ 0,045 <sup>c</sup>
<b>R (%)<sup>6</sup></b>	7,056 $\pm$ 0,023 <sup>a</sup>	7,112 $\pm$ 0,055 <sup>a</sup>	6,893 $\pm$ 0,110 <sup>a</sup>	7,121 $\pm$ 0,088 <sup>a</sup>
<b>T<sub>c</sub><sup>7</sup></b>	1,969 $\pm$ 0,109 <sup>a</sup>	1,912 $\pm$ 0,058 <sup>b</sup>	1,536 $\pm$ 0,053 <sup>c</sup>	1,491 $\pm$ 0,068 <sup>c</sup>
<b>E<sub>p</sub><sup>8</sup></b>	1,496 $\pm$ 0,144 <sup>a</sup>	1,646 $\pm$ 0,086 <sup>b</sup>	1,939 $\pm$ 0,095 <sup>c</sup>	2,139 $\pm$ 0,057 <sup>d</sup>

<sup>1</sup> Pour chaque variable, les moyennes  $\pm$  ESM,  $n = 3$ , affectées par des lettres différentes, sont significativement différentes ( $P < 0,05$ ), test de Duncan.

<sup>2</sup> Taux de survie =  $100(N_{p_f}/N_{p_i})$ ;  $N_{p_i}$  et  $N_{p_f}$  = nbre de poissons au début et à la fin de l'expérience.

<sup>3</sup> Gain de poids (%) =  $100(P_{m_f} - P_{m_i})/P_{m_i}$ .

<sup>4</sup> Gain de poids (g/j/ind) =  $(P_{m_f} - P_{m_i})/(\text{durée de l'expérience})$ .

<sup>5</sup> Taux de Croissance Spécifique (% $\cdot$ j<sup>-1</sup>) =  $100 \Delta T^{-1} \ln (P_{m_f}/P_{m_i})$ ;  $\Delta T$  : durée de l'expérience.

<sup>6</sup> Ration alimentaire, calculée selon Watanabe *et al.* (1993).

<sup>7</sup> Taux de conversion alimentaire = (Quantité d'aliment ingérée en matière sèche)/(Biomasse produite).

<sup>8</sup> Efficience protéique = (Biomasse produite)/(protéines ingérées).

**Tableau IV** : Composition chimique de la carcasse des poissons en début et à la fin de l'expérience. Les résultats sont exprimés en : Moyenne  $\pm$  ESM de trois répétitions<sup>1</sup>.

Composition (%)	Etat initial	Aliments			
		AP <sub>0</sub>	AP <sub>1</sub>	AP <sub>2</sub>	AP <sub>3</sub>
Teneur en eau	79,38	74,26 $\pm$ 0,81 <sup>a</sup>	72,85 $\pm$ 1,03 <sup>b</sup>	72,64 $\pm$ 0,56 <sup>b</sup>	72,93 $\pm$ 1,22 <sup>b</sup>
Lipide	3,98	5,83 $\pm$ 0,66 <sup>a</sup>	6,33 $\pm$ 0,05 <sup>a</sup>	8,08 $\pm$ 0,21 <sup>c</sup>	8,14 $\pm$ 0,91 <sup>c</sup>
Sels minéraux	1,81	2,91 $\pm$ 0,13	2,74 $\pm$ 0,58	2,53 $\pm$ 0,96	2,56 $\pm$ 0,40
Protéine	13,88	15,12 $\pm$ 0,51	15,83 $\pm$ 0,88	15,43 $\pm$ 0,34	15,21 $\pm$ 0,62

<sup>1</sup> Sur chaque ligne, les valeurs (moyennes  $\pm$  ESM,  $n = 3$ ) affectées par des lettres différentes, sont significativement différentes ( $P < 0,05$ ), test de Duncan. L'absence de lettre a, b, c et d sur une même ligne indique une absence de différence significative ( $P > 0,05$ ).

régime moins riche en protéines (30 %), le remplacement des 2/3 de la farine de poisson par du tourteau d'arachide n'a permis d'obtenir que 60 % des performances de croissance chez *O. niloticus* (Sitasit and Sitasit, 1977). A noter que chez le *Tilapia Oreochromis niloticus* le rapport protéines animales/protéines végétales a un rôle important sur les performances de croissance qui augmentent avec la part des protéines animales (Sitasit et Sitasit 1977; Mélard et Philippart, 1981). Toutefois des résultats ont montré que le *Tilapia* du Nil nourri avec un régime alimentaire contenant 0 % de farine de poisson et 60 % du tourteau de soja présente les mêmes performances de croissance qu'un aliment commercial contenant la farine de poisson (Shiau *et al.*, 1990).

Dans notre étude les faibles performances de croissance observées chez le lot nourri avec l'aliment à base du tourteau de soja (aliment AP<sub>0</sub>) pourraient être expliquées par la carence en phosphore. En effet ce macro-minéral est de première importance; il intervient dans la croissance osseuse, le métabolisme énergétique et entre également dans la constitution de plusieurs co-enzymes (NADP<sup>+</sup>, co-enzyme A ...). Le tourteau de soja contient 0,7 % de phosphore (NRC, 1993), seulement le 1/3 est biologiquement disponible pour les poissons (Lovell, 1988), alors que le besoin du *Tilapia* du Nil est de 0,9 % (NRC, 1993). De plus cette déficience de croissance est due à la carence du tourteau de soja en quelques acides aminés essentiels en particulier la méthionine. Ceci a été confirmé par Dabrowski *et al.* (1989) qui ont montré que lorsque l'incorporation du tourteau de soja dépasse 65 % dans un régime alimentaire, la quantité de méthionine est en dessous du besoin du *Tilapia* du Nil. Par ailleurs, Pantha (1982, in Jauncey et Ross, 1982) a montré que chez les alevins d'*Oreochromis niloticus*, aucune différence de performance de croissance n'était observée entre un régime de 40 % de protéines uniquement d'origine animale et un

régime isoprotéique où 75 % de la farine de poisson était remplacée par du soja enrichi par la méthionine. Dans le même contexte, Deyab et Elsaidy (2002) ont démontré que chez les juvéniles d'*O. niloticus* d'un poids moyen initial de 1,93 g, le tourteau de soja enrichi par la L-Lysine à un taux de 0,5 %, peut remplacer totalement la farine de poisson dans un régime de 30 % de protéines, sans affecter les performances de croissance. La même constatation a été observée par Ufodike et Matty (1983), chez la carpe commune, où l'addition de L-lysine permet d'atteindre les mêmes performances qu'un aliment commercial contenant la farine de poisson. Récemment, Furuya *et al.* (2004) ont montré que la substitution totale de la farine de poisson par le tourteau de soja est possible dans un régime alimentaire destiné pour les alevins d'*Oreochromis niloticus* enrichi par la méthionine, la lysine, la thréonine et le phosphate de calcium tout en conservant les mêmes performances de croissance et la qualité de la carcasse.

L'analyse biochimique de l'aliment AP<sub>0</sub> (à base de tourteau de soja) montre qu'il est le plus riche en extractif non azoté (ENA) renfermant ainsi des glucides complexes, souvent qualifiés par les nutritionnistes de glucides indésirables. Ces composés riches en fibres peuvent agir en modifiant l'activité des enzymes digestives par les phénomènes d'absorption et d'immobilisation (Richter *et al.*, 2003). Il a été démontré aussi que les fibres peuvent se lier au nutriment tel que les lipides, les protéines (Shah *et al.*, 1982; Ward et Reichert, 1986) et les minéraux (Ward et Reichert, 1986) en réduisant leur biodisponibilité; ce qui montre que le tourteau de soja présente un niveau d'énergie métabolisable plus faible que son énergie brute (Francis *et al.*, 2001).

La large variété de facteurs antinutritionnels que l'on retrouve dans les matériaux dérivés de plantes limite leur utilisation en aquaculture. Le principal facteur antinutritionnel dans le tourteau de soja est l'inhibiteur de la trypsine (HT) qui présente une dose

de 2 à 6 mg/g d'aliment (Synder and Kwon, 1987). Chez le Tilapia du Nil, une dose supérieure à 1,6 mg/g d'aliment entraîne une diminution de la croissance et de l'efficacité de transformation des aliments (Wee and Shu, 1989). Leong et Shu (1989) ont montré que 0.6 mg/g de l'HT entraîne un taux de croissance spécifique de 2,4 %, et un taux de conversion alimentaire (TC) de 1,68 alors que pour une dose de 3,8 mg/g le TCS n'est que de 1,25 %/j avec un TC de 2,99. Les facteurs antitrypsiques inhibent l'activité de la trypsine, de la chymotrypsine et de l'élastase entraînant une réduction nette de la digestibilité des protéines.

## BIBLIOGRAPHIE

- AOAC (Association of Official Analytical Chemists), 1990. - Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists, 15<sup>th</sup> edition. AOAC, Arlington, Virginia, USA.
- Basha S.M.M. et Roberts R.M., 1977 - A simple colorimetric method for the determination of tryptophan. *Analytical Biochemistry* 77, 378 - 386.
- Beiping T., Kangsen M., Shixuan Z., Qicun Z., Lihe L. and Yu Y., 2005. - Replacement of fish meal by meat and bone meal in practical diets for the shrimp *Litopenaus vannamei* (Boone). *Aquaculture Research* 36, no 5, 439 - 444.
- Black C.A., 1965. - Methods of soil analysis. American Society of Agronomy, NNC, Masdison, USA, 49 p.
- Blum J.C., Bourdons C., Lebas F. et Cabrera M.C., 1984. - L'alimentation des animaux monogastrique. INRA. Edition Durant SA. 282 p.
- Dabroweski K., Poczyczynski G., Koek G. and Berger B., 1989. - Effect of partially or totally replacing fish meal protein by soybean meal protein on growth, food utilization and proteolytic enzyme activities in rainbow trout. *Salmo gairdneri*. New in vivo test for exocrine pancreatic secretion. *Aquaculture* 77, 29-49.
- Davis A.T. and Stickney R.R., 1978. - Growth responses of *Tilapia aurea* to dietary protein quality and quantity. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 107, 479 - 487.
- Deyab M. and El-Saidy D., 2002. - Complete replacement of fish meal by soybean meal with dietary L-Lysine supplementation for Nile Tilapia *Oreochromis niloticus* (L.) fingerlings. *Journal of the World Aquaculture Society*, 33 (3), 297 - 306.
- El-Sayed A.F.M., 1990. - Long term evaluation of cotton seed meal as a protein source for Nile Tilapia *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture*, 84, 315 - 320.
- Folch J., Lees M., Stanley G., 1957. - A simple method of the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.*, 226, 497 - 509.
- Francis G., Makkar, H.P.S. and Becker K., 2001. - Antinutritional factors present in plant-derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish. *Aquaculture*, 199, 197-227.
- Furuya M.W., Pezzato E.L., Barros M.M., Pezzato A.C., Furuya R.B. and Miranda C.E., 2004. - Use of ideal protein concept for precision formulation of amino acid levels in fish-meal-free diets for juvenile Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). *Aquaculture Research*, 35, (12) 1110 - 1116.
- Golterman H.L., Clymo R.S. and Ohnstad M.A.M., 1978 - Methods for Physical and Chemical Analysis of Freshwaters. Blackwell Scientific Publications, Oxford, UK, 214p.
- Guillaume J., Kaushik S., Bergot P. et Métailler R., 1999. - Nutrition et alimentation des poissons et crustacés. INRA édition, 485 p.
- Hernandez C., Sarmiento-Pardo J., Gonzalez-Rodriguez B. and Isabel A.P., 2004. - Replacement of fish meal with co-extruded wet tuna viscera and corn meal in diets for white shrimp (*Litopenaeus vannamei* Boone), *Aquaculture Research*, 35, (12) 1153-1157.
- Hoffman L.C., Prinsloo J.F. and Rukan G., 1997. - Partial replacement of fish meal with either soybean meal, brewers yeast or tomato meal in the diets of African sharptooth catfish *Clarias gariepinus*, *Water SA*, 23, 181-186.
- Jackson A.J., Copper B.S. and Matty A.J., 1982. - Evaluation of some plant proteins in complete diets for the Tilapia *Sarotherodon mossambicus*, *Aquaculture* 27, 97 - 109.
- Jauncey K. and Ross B., 1982. - A guide to Tilapia feed and feeding. Institute of Aquaculture, university of Stirling, Scotland. 111p.
- Kenan E. and Chris Guy C., 2005. - Fish meal replacement by plant and animal by-products in diets for the Australian short-finned eel, *Anguilla australis australis* (Richardson), *Aquaculture Research*, 36 (5) 445 - 454.
- Leong W.K. and Shu W.S., 1989. - The nutritive value of boiled full-fat soybean in pelleted feed for Nile Tilapia, *Aquaculture* 81, 303 - 314.
- Lovell R.T., 1988. - Use of soybean meal products in diets for aquaculture species. *Journal of Aquatic Products*, 2, 27 - 52.
- Mathavan S.V. and Paudian T.J., 1976. - Food utilization in the fish *Tilapia mossambica* fed on plant and animal foods. *Hogolander wiss. Meereswits*, 28 (1), 66 - 70.
- Mélard C. et Philippart J.C., 1981. - La production de Tilapia de consommation dans les rejets

- industriels d'eau chaude en Belgique. Cahier d'Éthologie Appliquée 2, vol. 1, supp. 2, Inst. Zool. Univ. de Liège, 122 p.
- Mohsen A.A. and Lovell R.T., 1990. - Partial substitution of soybean meal with animal protein sources in diets for channel catfish, *Aquaculture*, 90, 303–311.
- Nandeesh M.C., Basavaraja N., Keshavanath P., varghese T.V., Shetty H.P. and Srikanth G.K., 1984. - Influence of soybean meal and squilla meal-based diets enriched with sardine oil on the growth and organoleptic quality of common carp, *Cyprinus carpio*, *Biological wastes*, 30, 61–69.
- NRC, (National Research Council), 1993. - Nutrient requirements of warmwater fishes and shellfishes, revised edition. National Academy Press, Washington, D.C., USA. 225 p.
- Richter N., Siddhuraju P. and Becker K., 2003. - Evaluation of nutritional quality of moringa (*Moringa oleifera* Lam.) leaves as an alternative protein source for Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus* L.), *Aquaculture* 217, 599–611.
- Robinson E.H., Wilson R.P., Poe W.E. and Grizzle J.M., 1981. - Effect of residual antinutritional factors in processed soybean meal on fingerling channel catfish. Fed. Proc., *Fed. Am. Soc. Exp. Biol.*, 40, 3705–3713.
- Rondan M., Hernandez D.M., Egea A., Garcia B., Jover M., Rueda F.M. and Martinez J.F., 2004. - Effects of fishmeal replacement with soybean meal as protein source, and protein replacement with carbohydrates as an alternative energy source on sharpsnout sea bream, *Diplodus puntazzo*, and fatty acid profile, *Aquaculture Research*, 35 (13) 1220–1227.
- Shah N., Atallah M.T., Mahoney P.R. and Pellet P.L., 1982. - Effect of dietary fiber components on fecal nitrogen excretion and protein utilization in growing rats. *J. Nutr.*, 112, 658-666.
- Shiau S.Y., 1990. - Nutrition and growth in *Tilapia* species, *Aquat. Living Resour.*, 8, 395-401.
- Shiau S.Y., Chuang J.L. and Sun C.L., 1987. - Inclusion of soybean meal in Tilapia (*Oreochromis niloticus* X *O. aureus*) diets at two protein levels, *Aquaculture*, 65, 251-261.
- Sitasit D. and Sitasit, V., 1977. - Comparison of the production of *Tilapia nilotica* (Linn.) fed with protein from different sources. Symp. on Dev. and Util. of Inld. Fish. Res., Bangkok, Thailand, ASFA, 9, 1594.
- Stickney R.R., 1986. - Culture of Non salmon Freshwater Fishes. R.R. Stickney (ed.), CRC Press, Boca Raton, Florida, 201 p.
- Synder H.E. and Kwon T.W., 1987. - Soybean Utilization. Van Nostrand Reinhold, New York. 185 p.
- Tacon A.G.J., 1996. - Feeding tomorrow's fish, *World aquaculture*, 27 (3), 20 - 32.
- Ufodike E.B.C. and Matty A.J., 1983. - Growth responses and nutrient digestibility in mirror carp (*Cyprinus carpio*) fed different levels of soybean meal and cassava, *Aquaculture*, 31, 41–50.
- Viola S., Mokady S., Rappaport U. and Arielli Y., 1982. - Partial and complete replacement of fishmeal by soybean meal in feeds for intensive culture of carp, *Aquaculture*, 26, 223–236.
- Ward A.T. and Reichert R.D., 1986. - Comparison of effect of cell wall and hull fibre canola and soybean on the bioavailability for rats of minerals, protein and lipid, *J. Nutr.*, 116, 233-241.
- Watanabe W.O., Ernst D.H., Chasar M.P., Wichlund R.I. and Olla B.L., 1993. - The effects of temperature and salinity on growth and feed utilization of juvenile, sex-reversed male Florida red Tilapia cultured in a recirculating system, *Aquaculture*, 112, 309–320.
- Wee K.L. and Shu S.W., 1989. - The nutritive value of boiled full fat soybean in pelleted feed for Nile Tilapia, *Aquaculture*, 62, 97–108.
- Wilson R.P. Poe, W.E., 1985. - Effects of feeding soybean meal with varying trypsin inhibitor activities on growth of fingerlings channel catfish, *Aquaculture*, 46, 19-25.