

ARTICLE ORIGINAL

Effet de la variabilité temporelle de la disponibilité de l'aliment sur la croissance d'alevins de tilapia *Oreochromis niloticus*¹

par

E. BARAS^{2,3}, X. THOREAU⁴ et C. MÉLARD²

SUMMARY : Influence of feeding time on growth and feed conversion rates in juvenile tilapia *Oreochromis niloticus*.

Four feeding schedules (three daily ratios given from 08:45 to 13:15 ; 08:45-17:45 ; 13:15-17:45 and 20:30-05:30, GMT+2) were evaluated in juvenile (12 days old) tilapia *Oreochromis aureus* reared in recirculating aquaria (50 l ; 12 D : 12 N, light at 08:00 ; 27.0-28.5 °C ; 325 to 205 fish 50 l⁻¹). When fed at libitum (d12-42), fish receiving food during daytime had similar growths (ANOVA, Scheffe F-tests, $P > 0.05$) regardless of meal timing (and frequency). The growth of fish fed by night exceeded the mean diurnal growth by 31.1 % ($P < 0.05$). Similar trends were observed when distributing an optimum food ratio (d43-52 ; conversion rates of 1.16-1.52 and 0.89-0.95, respectively), suggesting that different growth patterns refer to different food conversion efficiencies rather than to different food intakes by day and by night. Applying nocturnal feeding schedules would thus permit to increase the productivity in juvenile tilapia rearing and to smooth daily peaks of organic pollution in fish farm effluents, though the highest growth heterogeneity resulting from nighttime feeding (coeff. var. $W_m = 29.3-42.4$ % vs 21.0-33.0 %) would probably involve more frequent sorting.

Key words : feeding schedules, meal timing, tilapia, *Oreochromis niloticus*, aquaculture.

¹ Manuscrit reçu le 12 décembre 1994 ; accepté le 10 janvier 1995.

² Laboratoire de Démographie des Poissons et d'Aquaculture, Service d'Éthologie et de Psychologie Animale, 10 Chemin de la Justice B-4500 TIHANGE, Belgique.

³ Chercheur FIRST-Université ULg.

⁴ Boursier COMETT de l'Université d'Orléans.

Introduction

Une contrainte majeure imposée par l'orientation de type « aqua-industrie » (HEMPEL, 1993) adoptée par l'aquaculture est de minimiser le gaspillage de l'aliment, facteur limitant dans le succès de toute production aquacole, (ANTHOUARD *et al.*, 1994). A cet impératif d'ordre économique, se greffe la double nécessité de minimiser la pollution de l'environnement d'élevage (POXTON, 1991) et l'impact polluant des effluents de piscicultures (MUNDAY *et al.*, 1992). Une alternative élégante à la sophistication de la composition de l'aliment, de sa texture et/ou de sa structure (e.g. stabilité dans l'eau d'un aliment extrudé 100 fois supérieure à celle des aliments compressés ; SEYMOUR et BERGHEIM, 1991 ; BERGHEIM *et al.*, 1991 pour synthèse) consiste à adapter la distribution de nourriture aux rythmes d'activités ou d'appétit des poissons, à une échelle journalière ou suprajournalière (KADRI *et al.*, 1991 ; BOUJARD et LEATHERLAND, 1992).

L'effet de la fréquence d'alimentation sur la croissance ou la conversion d'aliments a été mis en évidence chez plusieurs espèces de poissons, et ce à différents stades de leur croissance (BOUJARD et LEATHERLAND, 1992 pour synthèse). Ainsi, GREENLAND et GILL (1979) ont montré que la subdivision en trois rations journalières d'une quantité de nourriture correspondant à 2 % de la biomasse de poissons-chats *Ictalurus punctatus* permettait d'améliorer sensiblement le taux de conversion de la nourriture (de 1,59 à 1,28). Chez le tilapia *Oreochromis niloticus*, LOVELL (1980) et MÉLARD (1986) rapportent des croissances plus élevées associées à une fréquence de distribution d'aliment supérieure (respectivement de 4 à 8 fois par jour et de 6 à 10 fois par jour), élément pouvant être mis en parallèle avec la capacité stomacale et la vitesse d'évacuation gastrique (2,5 à 3,0 h à 30 °C chez *O. aureus* ; POPMA, 1982 in HARGREAVES *et al.*, 1987). De même, TUNG et SHIAU (1991) observent une amélioration de la conversion en augmentant de 2 à 6 fois par jour la fréquence de nourrissage de juvéniles (7,7 g) de tilapias hybrides de *O. niloticus* x *O. aureus*. L'horaire de distribution de la ration est également susceptible d'interférer avec la croissance (HOGENDOORN, 1981 ; SUNDARARAJ *et al.*, 1982 ; NOESKE-HALLIN *et al.*, 1985 ; CARRILLO *et al.*, 1986 ; BOUJARD et LEATHERLAND, 1992). Ainsi SUNDARARAJ *et al.* (*op. cit.*) ont montré que les atipa *Heteropneustes fossilis* nourris pendant la photophase (midi) présentaient une baisse significative de leur poids corporel correspondant à une absence d'ingestion de l'aliment. Au contraire, les poissons nourris à minuit avaient une croissance comparable à celle des poissons nourris à satiété, en raison de leur capacité à ingérer la ration journalière de nourriture pendant cette brève période du cycle journalier.

A notre connaissance, ce dernier phénomène n'a pas été étudié chez les juvéniles de tilapias du genre *Oreochromis* (*Pisces*, *Cichlidae*), notamment en raison de leur mode de reproduction et de l'incubation buccale des alevins par les femelles pendant 2 à 3 semaines (arènes en étangs ; RUWET *et al.*, 1976). Si les tilapias adultes du genre *Oreochromis* sont répertoriés dans la catégorie des poissons diurnes en milieu naturel (CAULTON, 1982) comme en milieu d'élevage intensif (MÉLARD, 1986 ; THOREAU, 1994), cette tendance ne peut être strictement transposée aux alevins et juvéniles, compte tenu de variations possibles des rythmes d'activités au cours de l'ontogénèse ou de la croissance du poisson (BOUJARD et LEATHERLAND, 1992). Les expériences présentées dans cet article visent à tester l'effet du schéma de nutrition (horaire, étalement des rations) sur

la croissance et la conversion de l'aliment chez des alevins de *O. niloticus* en milieu d'élevage à haute densité.

Matériel et méthodes

Infrastructure expérimentale, origine des poissons

De manière à minimiser l'hétérogénéité de la distribution des poids corporels des alevins utilisés au cours de nos expériences, nous avons opté pour une origine génétique et temporelle unique, à savoir une production de 3 000 oeufs provenant d'une femelle *O. niloticus* (date de ponte : 19 mai 1994). Le 26 mai, 2 630 alevins avaient atteint le stade pélagique et étaient mis en croissance dans 8 aquariums (A1-A8 ; 50 l) en circuit fermé (27,0-28,5 °C) à une densité initiale de 325 alevins ($P_m = 12,2$ mg ; Coeff Var. = 8,72 % ; N = 30). De manière à minimiser les perturbations liées au passage de l'opérateur pour la distribution des rations, les parois des aquariums étaient opacifiées. Le régime d'illumination dans l'infrastructure expérimentale était de type 12 L : 12 N, avec une luminosité maintenue à un niveau de type « crépusculaire » (± 1 lux) au cours de la phase nocturne (de 20h00 à 08h00, GMT+2). Jusqu'à l'âge de 12 jours (1er juin), les alevins recevaient une ration journalière de 3,6 g d'aliment artificiel (50 % de protéines) distribuée en 3 fois sur la journée (8h45, 13h15, 17h45 GMT+2).

Schéma expérimental

Au terme de cette période de nourrissage standard destinée à sevrer les alevins, ceux-ci ont été soumis pendant 40 jours à des schémas de nourrissage basés sur la même ration (par individu) distribuée en 3 fois, mais en horaire décalé : de 8h45 à 13h15 (A1-A2), de 8h45 à 17h45 (A3-A4), de 13h15 à 17h45 (A5-A6) et de 20h30 à 5h30 (A7-A8). Tous les 5 jours, 30 alevins étaient prélevés dans chaque aquarium et pesés (± 1 mg). Au cours des 4 premiers contrôles, les alevins échantillonnés n'étaient pas remis en aquarium en raison de la mortalité élevée (66 à 100 %) inhérente aux manipulations et susceptible d'affecter le paramètre densité de manière différente d'un aquarium à l'autre. Aussi la densité de charge des aquariums est-elle passée de 325 alevins / 50 l en début d'expérience à 205 alevins / 50 l au jour 32, date à partir de laquelle les poissons échantillonnés avaient atteint une taille permettant de réduire considérablement la mortalité (< 5 % et 0 % aux jours 32 et 37) et de les remettre en expérience. Les poids corporels des poissons échantillonnés étaient comparés par t-test de Student entre réplicats et par analyse de variance (ANOVA et Scheffé F-test) entre schémas de nourrissage.

Pendant les 30 premiers jours d'expérience (âge : 12-42 jours), les rations étaient calculées de manière à nourrir les poissons à satiété (de 22 mg j^{-1} ind $^{-1}$ du 1-6 juin, soit ± 60 %, à 125 mg j^{-1} ind $^{-1}$ du 26-30 juin, soit $\pm 20-25$ %) et ajustées en fonction de la croissance observée. Pendant les 10 jours suivants, la ration était ajustée à une valeur comprise entre la ration optimale et la ration maximale (110 mg j^{-1} ind $^{-1}$, soit $\pm 8-9$ %).

Au terme de la session d'expériences, un échantillon de 50 individus était prélevé dans chaque aquarium pour tester l'homogénéité du sexe-ratio et de la

croissance des mâles et des femelles, élément fondamental chez une espèce présentant un dimorphisme sexuel de croissance (MÉLARD, 1986). Les poissons étaient pesés et leurs gonades prélevées et colorées à l'acéto-carmin pour examen de structure au microscope (méthode « acéto-carmin squash » ; GUERRERO et SHELTON, 1974). L'homogénéité du sexe-ratio était analysée par table de contingence (χ^2) et les poids corporels des mâles et des femelles de chaque aquarium comparés par t-test de Student. Les hypothèses nulles étaient rejetées au seuil 0,05.

Résultats

Nourrissage à satiété

Les résultats sont synthétisés dans le **tableau I** et la **figure 1**. En début d'expérience, les poids corporels moyens dans les 8 aquariums expérimentaux varient entre 25 et 31 mg et ne diffèrent pas significativement à l'exception de l'aquarium 4 (ANOVA — sauf A4 — : $F = 1,79$; 209 d.d.l. ; $P > 0,10$; ANOVA (8 aquariums) : $F = 6,37$; 239 d.d.l. ; $P < 0,05$). Cette faible différence reflète probablement un artefact d'échantillonnage, compte tenu de la variabilité plus grande des poids corporels des alevins de tilapia au fil de la croissance : les coefficients de variation du poids moyen à 12 jours varient entre 9,2 et 17,8 % (vs 8,72 % lors de la mise en charge des aquariums). Dans l'ensemble, la mortalité hors prélèvement (90 individus par aquarium) a été extrêmement faible (≤ 5 individus sur 37 jours).

Tableau I. Effet de l'horaire des repas sur la croissance et la conversion d'aliment artificiel (50 % de protéines) chez des alevins de tilapia *O. niloticus* élevés en aquarium de 50 l (12 L : 12 N ; 27,0-28,5 °C). A. âge : 12-42 jours, nourrissage à satiété. B. âge = 43-52 jours, ration moyenne = 110 mg ind⁻¹ j⁻¹. G_m = croissance moyenne (mg ind⁻¹ j⁻¹) et G_w = croissance spécifique (% j⁻¹). A5 non considéré dans l'expérience 2 (mortalité = 67,5 %).

A.	matin		jour		après-midi		« crépuscule »	
Variables	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
N initial (t=12 j)	295	295	295	293	293	291	293	293
P_m initial (mg)	27	26	27	31	25	28	26	26
Coeff. var. (%)	13,6	17,1	17,8	13,3	17,2	9,2	16,6	15,7
Mortalité (N)	3	1	2	2	3	0	3	16
N à t = 42 jours	202	204	203	201	200	201	200	187
$P_{moy. 42 j}$ (mg)	798	718	622	873	889	681	955	1 047
Coeff. var. (%)	29,7	27,1	33,0	21,0	26,5	29,7	42,4	34,4
G_m (mg ind ⁻¹ j ⁻¹)	25,9	23,1	19,8	28,0	28,8	21,8	31,0	34,0
G_w (% j ⁻¹)	11,3	11,0	10,4	11,1	11,9	10,7	12,1	12,3
B.								
Mortalité (N)	3	7	3	0	135	29	1	0
$P_{moy. 52 j}$ (mg)	1 743	1 441	1 524	1 680	2 091	1 481	2 113	2 280
Coeff. var. (%)	24,6	20,7	23,0	26,5	29,8	26,3	40,4	29,3
G_m (mg ind ⁻¹ j ⁻¹)	94,6	72,4	90,3	80,7	120,1	80,02	115,8	123,3
G_w (% j ⁻¹)	7,8	7,0	9,0	6,5	8,5	7,8	7,9	7,8
Conversion	1,16	1,52	1,22	1,36	0,92	1,37	0,95	0,89

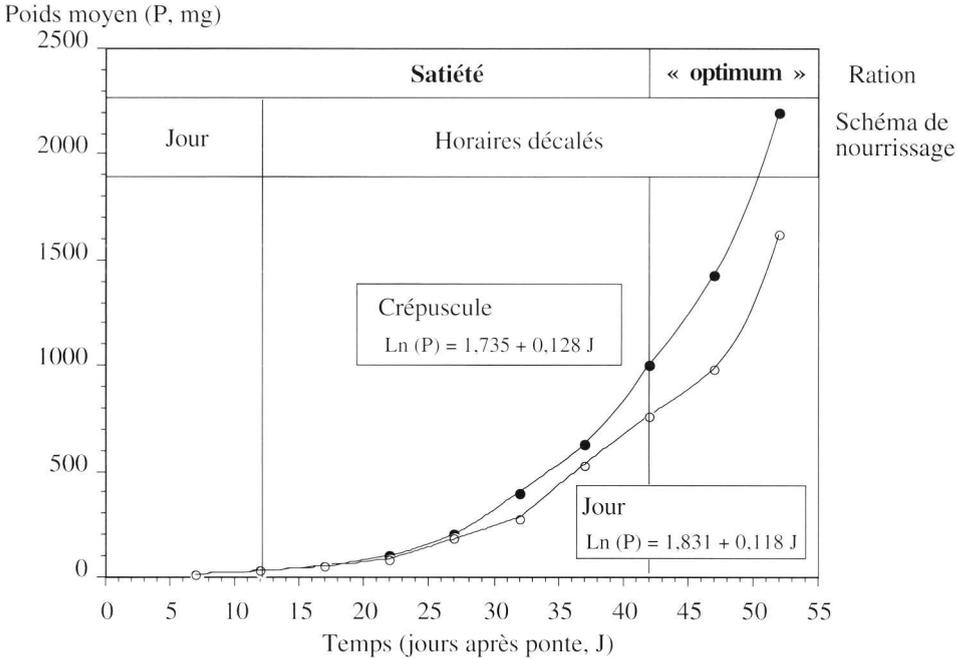


Fig. 1. Croissance des alevins du tilapia *O. niloticus* en aquariums de 50 l (12 L : 12 N, 27,0-28,5 °C) en fonction de l'heure des repas. Jour 0 = 19 mai 1994. Analyses portant sur la période où les poissons sont nourris à satiété ($\leq J 42$). $r^2 = 0,994$ et $0,994$ ($P < 0,05$). « Crépuscule » : aquariums A7-A8 (59 d.d.l.). « Jour » : aquariums A1-A6 (179 d.d.l.).

Au terme des 30 jours de nourrissage à satiété, le poids moyen des tilapias varie de 622 à 1 047 mg, respectivement dans les aquariums 3 et 8. Les poids moyens des réplicats ne diffèrent pas significativement (t-test : $P > 0,05$), en raison de la variabilité des tailles au sein des échantillons (151-2 072 mg : coefficients de variation de 21,0 à 42,4 %). Par contre, ils varient significativement en fonction du schéma de nourrissage appliqué (ANOVA : $F = 18,01$; 239 d.d.l. ; $P < 0,05$). Les alevins nourris suivant un régime de type crépusculaire ont atteint un poids moyen (1 001 mg) significativement plus élevé que dans les groupes à nourrissage diurne (poids moyens de 757 mg, 747 mg et 785 mg, respectivement pour le matin, la journée et l'après-midi ; Scheffe F-tests : 119 d.d.l. ; $F = 16,08$, 9,49 et 9,23 respectivement ; $P < 0,05$). L'absence de différence significative entre les poids moyens des tilapias des groupes de nourrissage matin, jour et après-midi (Scheffe F-tests : 119 d.d.l. ; $P > 0,05$), suggère l'indépendance de la croissance vis-à-vis de l'heure des rations et de leur étalement au cours de la photophase.

Si les tilapias nourris suivant un schéma de type crépusculaire ont en moyenne une croissance supérieure de 31,1 % à celle des poissons nourris au cours de la photophase, il apparaît toutefois que cette plus forte croissance s'accompagne d'une hétérogénéité plus grande de l'échantillon : les coefficients

de variation du poids corporel sont significativement plus élevés dans les aquariums 7 et 8 que dans les aquariums nourris au cours de la photophase (34,4-42,4 % vs 21,0-33,0 % ; Mann-Whitney U-test ; $U = 0$; $m = 2$; $n = 6$; $P < 0,05$).

Nourrissage à une ration proche de l'optimum

Au cours des dix journées de nourrissage à une ration proche de l'optimum, la quantité de résidus (aliments non consommés) est nulle ou négligeable dans chaque aquarium. Nous avons regroupé en un même ensemble les aquariums recevant leur aliment au cours de la photophase (excepté A5 : mortalité au jour 43) et pour lesquels aucune différence n'avait été mise en évidence au cours de la première expérience.

Au terme des dix jours d'expérience, la croissance journalière moyenne varie entre 72,4 et 123,3 mg j^{-1} (respectivement aquariums 2 et 8), correspondant à des taux de conversion de 1,52 et 0,89. Les taux de conversion des répliquats crépusculaires sont comparables (0,89-0,95) et significativement inférieurs à ceux des aquariums nourris au cours de la photophase (Mann-Whitney U-test ; $U = 0$; $m = 2$; $n = 5$; $P = 0,05$). Comme lors de l'expérience *ad libitum*, la croissance plus élevée s'accompagne d'une hétérogénéité relative plus grande (Mann-Whitney U-test sur les coefficients de variation du poids moyen ; $U = 0$; $m = 2$; $n = 5$; $P = 0,05$).

Sexe-ratio

Le sexe-ratio et les poids moyens des mâles et des femelles de chaque aquarium en fin d'expérience est décrit dans le **tableau II**. La proportion de femelles varie entre 46 et 64 % (aquariums 2 et 7) mais, pour aucun des lots, ne diffère significativement d'un sexe-ratio théorique 1:1. L'analyse par table de

Tableau II. Sexe-ratio et poids (mg) au terme de la session d'expériences (âge = 52 jours), des mâles et femelles d'alevins de *O. niloticus* soumis à des schémas de nutrition en horaires décalés.

Variables	matin		jour		après-midi		« crépuscule »		
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	
N mâles	22	27	24	21	23	23	18	21	
N femelles	28	23	26	29	27	27	32	29	
vs 25M/25F (1 d.d.l.)	χ^2 0,36	0,16	0,04	0,64	0,16	0,16	2,00	0,64	
	P 0,55	0,69	0,84	0,42	0,69	0,69	0,16	0,42	
Mâles	P _{moy.}	1 856	1 547	1 689	1 846	1 984	1 657	2 902	2 488
	P _{min.}	1 098	809	1 023	1 211	765	876	1 012	610
	P _{max.}	2 842	2 231	2 317	2 892	3 403	2 124	5 110	3 851
Femelles	P _{moy.}	1 878	1 547	1 853	1 958	2 156	1 757	2 519	2 245
	P _{min.}	990	1 129	1 030	911	842	793	431	775
	P _{max.}	2 694	1 937	2 380	3 163	3 639	2 704	4 684	3 703
Student t-test (48 d.d.l.)	t	0,17	0,01	1,71	0,79	0,92	0,91	1,27	0,98
	P	0,87	0,99	0,10	0,43	0,36	0,37	0,21	0,33

contingence ne met en évidence aucune différence significative entre les huit aquariums ($\chi^2 = 3,87$; 7 d.d.l. ; $P > 0,05$), suggérant que les différences de croissance observées ne sont pas imputables à une variabilité du sexe-ratio. Cette conclusion est renforcée par l'absence de différence significative entre les poids des mâles et des femelles au sein de chaque aquarium (t-tests, $P > 0,05$).

Discussion

Nos résultats mettent en évidence une croissance meilleure des alevins de tilapia *O. niloticus* suivant un horaire nocturne des repas (du moins, à une intensité lumineuse de type crépusculaire). Des résultats comparables ont été obtenus chez *Clarias lazera* par HOGENDOORN (1981) et chez *Heteropneustes fossilis* par SUNDARARAJ *et al.* (1982). Chez *O. niloticus*, cette tendance a été observée aussi bien dans le cadre d'un nourrissage à satiété qu'avec une ration proche de l'optimum, pour laquelle aucun dépôt d'aliment non consommé n'était présent dans les aquariums. Ces deux éléments suggèrent que les différences de croissance observées entre les lots diurnes et nocturnes n'est pas imputable à une prise de différentes quantités d'aliments mais bien à une efficacité de conversion différente.

La comparaison des taux de conversion lors de notre expérience à ration optimum avec des résultats antérieurs tend à étayer cette hypothèse. Ainsi, TUNG et SHIAU (1991) ont observé chez des alevins de *O. niloticus* x *O. aureus* de 7,7 g nourris au cours de la photophase, des taux de conversion comparables aux nôtres (1,16-1,33 vs 1,16-1,52). De même, MÉLARD (1986) a obtenu des taux de conversion de 1,15 à 1,30 chez des alevins (1,5-2,5 g) de *O. niloticus* recevant des rations journalières correspondant à 7-8 % du poids corporel. Par contre, les taux de conversion des tilapias nourris au cours de la scotophase sont nettement inférieurs ($< 1,00$). Cette différence ne peut s'expliquer par des différences de sexe-ratio. Indépendamment, le dimorphisme sexuel de croissance n'est pas significatif à cet âge chez *Oreochromis niloticus*. Compte tenu de la durée relativement limitée de nos expériences (50 j), la portée de nos courbes de croissance ne peut être extrapolée au-delà des deux premiers mois de vie du tilapia, principalement si nous prenons en compte des expériences récentes (THOREAU, 1994 ; BARAS *et al.*, *in prep.*) qui mettent en évidence l'absence de différences significatives entre les croissances de tilapias de 250 g nourris suivant des schémas nocturnes et diurnes.

Quant à la nature de la différence de croissance observée, il ne nous est pas permis de préciser si elle est imputable au moment de la journée où les poissons reçoivent l'aliment (adéquation de la distribution de nourriture au rythme d'activités ou à un rythme métabolique) ou à la différence d'intensité lumineuse. Plusieurs auteurs (e.g. HOLM, 1989 ; JORGENSEN et JOBLING, 1993) ont décrit l'effet d'une diminution de l'intensité lumineuse sur la croissance des poissons, phénomène interprété par une réduction des interactions agonistiques et des dépenses métaboliques qui en résultent (BROWN *et al.*, 1992). Si la croissance des alevins de *O. niloticus* est améliorée par un schéma de nourrissage nocturne, l'hétérogénéité de la population résultante est toutefois plus élevée que chez les poissons nourris au cours de la photophase. Ces résultats contrastent avec les observations de JORGENSEN et JOBLING (1993), selon lesquels l'hétérogénéité de croissance chez *Salvelinus alpinus*, augmente avec la durée d'éclairement

précisément en raison de tendances agonistiques plus élevées. Une hypothèse alternative est de considérer les limites des capacités de perception visuelle de l'aliment à faible luminosité, favorisant les individus dans une position proche du point de nourrissage. Cette interprétation expliquerait que l'hétérogénéité de croissance au sein d'un même aquarium ait été observée aussi bien avec des rations optimum que *ad libitum*.

En ce qui concerne les poissons nourris au cours de la photophase, aucune différence significative n'a été observée en fonction du moment de distribution de la nourriture et de la fréquence des repas. Cette absence de différence au plan de la production somatique globale ne peut toutefois pas permettre de conclure à une similitude de la transformation de l'énergie accumulée. TUNG et SHIAU (1991) ont ainsi démontré, chez les alevins de *O. niloticus* x *O. aureus*, qu'une augmentation de la fréquence de nourrissage s'accompagnait d'un accroissement significatif de l'activité de la 6-phosphogluconate déshydrogénase, suggérant un stockage plus important de l'énergie sous forme de lipides. Seules des études sur la composition et l'énergie corporelle (calorimétrie) permettraient de confirmer ou d'infirmer cette hypothèse.

Au plan de l'aquaculture de production, nos résultats suggèrent qu'un nourrissage nocturne des alevins de *O. niloticus* permet d'améliorer sensiblement la croissance et la conversion de l'aliment et de mieux répartir la charge polluante sur le cycle journalier.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient Mr. D. DESPREZ et L. BERNARD pour leur assistance dans l'analyse du sexe ratio. E. BARAS bénéficie d'un contrat de recherches FIRST-Université octroyé par la Région Wallonne. Ces recherches ont été effectuées avec le soutien d'ELECTRABEL.

RÉSUMÉ

Quatre schémas de nutrition (trois rations journalières de 08h45 à 13h15 ; 08h45 à 17h45 ; 13h15 à 17h45 et 20h30 à 05h30 GMT+2) ont été testés chez des alevins de tilapia *Oreochromis aureus* âgés de 12 jours et élevés en circuit fermé (aquariums de 50 l ; 12 L : 12 N, ; 27,0-28,5 °C ; 325 à 205 ind 50 l⁻¹). Nourris à satiété pendant 30 jours, les alevins recevant l'aliment au cours de la photophase présentaient des croissances comparables (ANOVA, Scheffe F-tests, $P > 0,05$), indépendamment de l'horaire et de l'étalement des rations mais significativement ($P < 0,05$) inférieures à celles des poissons nourris au cours de la scotophase (+ 31,1 % vs moyenne diurne). Les croissances observées avec une ration optimum (âge 43-52 jours) montrent des différences comparables (taux de conversion : 1,16-1,52 diurne vs 0,89-0,95 nocturne) et suggèrent une variabilité de l'efficacité de la conversion davantage que de la quantité de nourriture absorbée au cours des différentes phases du nyctémère. L'adoption d'un schéma de nutrition nocturne permettrait d'améliorer sensiblement la productivité des élevages de tilapia *O. niloticus* juvéniles et d'étaler davantage la charge polluante sur un cycle de 24 heures.

Mots-clés : schéma de nutrition, horaire des repas, tilapia, *Oreochromis niloticus*, aquaculture.

BIBLIOGRAPHIE

- ANTHOUARD M., DIVANACH P. & KENTOURI M. (1994). — Le « self-feeding » : une méthode pratique d'alimentation des poissons en élevage. *In : Measures for Success*, (MUIR, J. & SEVILLA F., eds), pp. 185. European Aquaculture Society - Special Publication 21. Oostende, Belgium.
- BERGHEIM A., AABEL J.P. & SEYMOUR E.A. (1991). — Past and present approaches to aquaculture waste management in Norwegian net pen culture operations. *In : Nutritional Strategies and Aquaculture Waste* (COWEY C.B. & CHO C.Y., eds), pp. 117-137. Fish Nutrition Research Laboratory, University of Guelph Press, Ontario - Canada.
- BOUJARD T. & LEATHERLAND J.F. (1992). — Circadian rhythms and feeding times in fishes. *Env. Biol. Fishes*, **35** : 109-131.
- BROWN G.E., BROWN J.A. & SRIVASTAVA R.K. (1992). — The effect of stocking density on the behaviour of Arctic charr (*Salvelinus alpinus* L.). *J. Fish Biol.*, **41** : 955-963.
- CARRILLO M.A., PEREZ J. & ZANUY S. (1986). — Efecto de la hora de injección de la naturaleza de la dieta sobre el crecimiento de la lubina (*Dicentrarchus labrax* L.). *Invest. Pesq.*, **50** : 83-95.
- CAULTON M.S. (1982). — Feeding, metabolism and growth of tilapias : some quantitative considerations. *In : The Biology and Culture of Tilapias*, Proceedings of the ICLARM Conference 7 (PULLIN R.S.V. & LOWE MCCONNELL R.H., eds), pp. 157-180. ICLARM, Manila, Philippines.
- GREENLAND D.C. & GILL R.L. (1979). — Multiple daily feedings with automatic feeders improve growth and feed conversion rates of channel catfish. *Prog. Fish-Cult.*, **41** : 151-153.
- GUERRERO R.D. & SHELTON W.L. (1974). — An aceto-carmin squash method for sexing juvenile fishes. *Prog. Fish-Cult.*, **36** : 56.
- HARGREAVES J.A., RAKOCY J.E. & NAIR A. (1987). — An evaluation of fixed and demand feeding regimes for cage culture of *Oreochromis aureus*. *In : The Second International Symposium on Tilapia in Aquaculture*, Proceedings of the ICLARM Conference 15 (PULLIN R.S.V., BHUKASWAN T., TONGUTHAI T. & MACLEAN J.L., eds), pp. 335-339. ICLARM, Manila, Philippines.
- HEMPEL, E. (1993). — Constraints and possibilities for developing aquaculture. *Aquacult. Internat.*, **1** : 2-19.
- HOGENDOORN H. (1981). — Controlled propagation of the African catfish, *Clarias lazera* (C et V). III. Feeding frequency and growth of fry. *Aquaculture*, **21** : 233-241.
- HOLM J.C. (1989). — Mono- and duoculture of juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*) and Arctic charr (*Salvelinus alpinus*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **46** : 697-704.
- JORGENSEN E.H. & JOBLING M. (1993). — Feeding in darkness eliminates density-dependent growth suppression in Arctic charr. *Aquacult. Internat.*, **1** : 90-93.
- KADRI S., METCALFE N.B., HUNTINGFORD F.A. & THORPE J.E. (1991). — Daily feeding rhythms in Atlantic salmon in sea cages. *Aquacult.*, **92** : 219-224.
- LOVELL T. (1980). — Feeding tilapia. *Aquacult. Mag.*, **7** : 42-43.
- MÉLARD Ch. (1986). — Les bases biologiques de l'élevage intensif du tilapia du Nil. *Cah. Ethol. appl.*, **6** : 1-224.
- MUNDAY B., ELEFThERIOU A., KENTOURI M. & DIVANACH P. (1992). — The interactions of aquaculture and the environment. *Report to Commission of European Communities*, DG XIV, XIV/D/3 : 524 pp.
- NOESKE-HALLIN T.A., SPIELER R.E., PARKER N.C. & SUTTLE M.A. (1985). — Feeding time differentially affects fattening and growth of channel catfish. *J. Nutr.*, **115** : 1228-1232.
- POPMA T.J. (1982). — Digestibility of selected feedstuffs and naturally occurring algae by tilapia. Ph D Dissertation, Auburn University, Alabama, USA.

- POXTON M.G. (1991). — Water quality fluctuations and monitoring in intensive fish culture. *In : Aquaculture and the Environment* (DE PAUW N. & JOYCE J., eds), pp. 121-144. European Aquaculture Society, Special Publication 16, Gent, Belgium.
- RUWET J.C., VOSS J., HANON L. & MICHA J.C. (1976). — Biologie et élevage du tilapia. *In : Symposium on Aquaculture in Africa*, pp. 332-364. CIFA Techn. Pap., 4 (suppl.1) : 791 pp.
- SEYMOUR E.A. & BERGHEIM A. (1991). — Towards a reduction of pollution from intensive aquaculture with reference to the farming of salmonids in Norway. *Aquacult. Engng.* **10** : 73-88.
- SUNDARARAJ B.L., NATH P. & HALBERG F. (1982). — Circadian meal timing in relation to lighting schedule optimizes catfish body weight gain. *J. Nutr.*, **112** : 1085-1097.
- THOREAU X. (1994). — Développement d'une méthodologie d'étude du rythme d'activités des poissons en aquaculture intensive. Première application chez le tilapia *Oreochromis aureus* (STEINDACHNER, 1864). — Mém. Lic. Sci. Zool., Université de Liège : 41 pp. + ann.
- TUNG P.-H. & SHIAU S.-Y. (1991). — Effects of meal frequency on growth performance of hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus* x *O. aureus*, fed with different carbohydrate diets. *Aquacult.*, **92** : 343-350.