

Influence de la fréquence de distribution des protéines sur la croissance et l'efficacité alimentaire chez la truite arc-en-ciel (*Salmo gairdneri* R.)

B. FAUCONNEAU et P. LUQUET

*I.N.R.A. Laboratoire de Nutrition et d'Élevage de Poissons,
Centre de Recherches hydrobiologiques,
Saint-Pée-sur-Nivelle, F 64310 Ascaïn*

Résumé

Douze lots de 100 truites arc-en-ciel sont nourris avec la même qualité journalière de protéines sous la forme d'un aliment complet standard distribué en deux, trois ou quatre repas par jour (lot 2R, 3R et 4R). La moitié des lots reçoivent en supplément un aliment non protéique EO (tabl. 1), distribué *ad libitum*. La croissance, les quantités journalières de protéines et d'énergie ingérées (tabl. 2), ainsi que les rendements de transformation des protéines et de l'énergie (tabl. 3) sont mesurés. Les lots rationnés en énergie et en protéines ont des croissances identiques quel que soit le nombre de repas quotidiens. Les lots recevant l'aliment sans protéines en supplément ont également des croissances identiques à celles observées pour les lots rationnés en énergie. L'indice de consommation dans les lots 2R + EO, 3R + EO et 4R + EO est plus élevé que celui des lots 2R, 3R et 4R. Il n'est pas observé de différences significatives dans les compositions corporelles. Les résultats montrent que le fractionnement de l'apport protéique n'entraîne pas d'amélioration significative de la transformation des protéines alimentaires, que l'énergie soit distribuée *ad libitum* ou rationnée. L'effet bénéfique de l'augmentation du nombre de repas pourrait être mis en évidence en envisageant des fréquences de distribution plus élevées. Ces différents points sont discutés, compte tenu des particularités digestives et métaboliques des poissons.

Mots clés : fréquence des repas, protéine/énergie, efficacité alimentaire, transformation des protéines.

I. Introduction

Chez les poissons une forte proportion des protéines alimentaires est utilisée à des fins énergétiques (PFEFFER, 1982, COWEY & LUQUET, 1983). Pour certains auteurs les acides aminés seraient des fournisseurs privilégiés de chaînes carbonées comparés aux glucides et même aux lipides (NAGAI & IKEDA, 1972 ; 1973 ; BOUCHE & CREACH, 1979). Toutefois les modalités d'alimentation et notamment la fréquence des repas peuvent modifier la partition du métabolisme des acides aminés entre la synthèse des protéines et le catabolisme oxydatif en provoquant des variations dans la cinétique d'absorption des acides aminés. En effet, si l'augmentation du nombre de repas ne semble pas modifier l'évolution post-prandiale de la glycémie (BERGOT,

1979 b), il n'en est pas de même pour l'évolution post-prandiale de l'aminocidémie. Après un repas avec un aliment contenant un mélange d'acides aminés l'augmentation de l'aminocidémie est plus rapide et plus brève qu'après un repas avec un aliment contenant de la caséine (YAMADA *et al.*, 1981 b). Un apport massif d'acides aminés dans l'organisme peut provoquer comme chez les mammifères une stimulation des enzymes du catabolisme oxydatif des acides aminés (POTTER *et al.*, 1980 ; GARLICK, 1980). Toutefois les variations de la teneur en protéine du régime des poissons semblent sans effet sur l'activité des enzymes du catabolisme des acides aminés (COWEY *et al.*, 1981 ; RUMSEY, 1981) et sur la vitesse d'oxydation des acides aminés (ZEBIAN & CREACH, 1979 ; COWEY & SARGENT, 1979). Ceci suggère que l'adaptation du métabolisme protéique à des changements alimentaires est moins forte chez les poissons que chez les mammifères.

De nombreux travaux contradictoires rapportent l'influence du nombre de repas sur l'efficacité alimentaire (SHELBOURN *et al.*, 1973 ; ANDREWS & PAGE, 1975 ; BERGOT, 1979 a ; LUQUET *et al.*, 1981) sans dissocier l'effet propre de l'augmentation du nombre de repas de celui du niveau d'ingestion alimentaire. Dans la plupart des cas, l'augmentation de l'ingestion au-delà d'un certain seuil se traduit en effet par une diminution du rendement de transformation de l'aliment ingéré (ELLIOT, 1975).

Nous avons voulu tester dans une première expérience, les conséquences de l'augmentation du nombre de repas (2, 3 ou 4 repas par jour) sur l'efficacité alimentaire pour une même ingestion quantitative de protéines. Comme les interrelations énergie/protéine influent considérablement sur les rendements de transformation (LEE & PUTNAM, 1973) nous avons testé l'influence de l'apport énergétique sur des poissons recevant une quantité fixée de protéines par jour. Nous avons utilisé pour cela, selon la technique des repas séparés, un aliment ne contenant pas de protéines (KAUSHIK *et al.*, 1981) distribué à volonté.

II. Matériel et méthodes

Mille deux cents truitelles d'un poids moyen de 40 g sont réparties au hasard en 12 lots et placées dans des bassins à fond de sable (1,70 m × 1,50 m) alimentés par une eau de source selon un débit de 160 l/min et à une température constante de 17 °C ± 1 °C (Pisciculture de Donzacq, Landes). Pendant deux semaines les poissons sont acclimatés aux conditions de stabulation et au rythme de 2 repas par jour.

Sur la base de données de consommation recueillies sur deux groupes de poissons nourris à volonté deux fois par jour, tous les lots reçoivent la même quantité journalière d'aliment complet (aliment commercial Aqualim, tabl. 1), distribuée en 2, 3 ou 4 repas (lots 2R, 3R et 4R en duplicats). Les heures des repas sont les suivantes : 8 h, 11 h, 14 h et 17 h. Un aliment presque exclusivement sans protéines EO (tabl. 1) est distribué *ad libitum* en supplément après chaque repas dans une autre série de lots (lots 2R + EO, 3R + EO, 4R + EO, en duplicats). L'expérience se déroule durant 12 semaines. Les poissons sont pesés toutes les trois semaines après un jeûne d'une journée.

Des analyses corporelles sont effectuées au début et en fin d'expérience sur un échantillon de 10 poissons. Après broyage, la matière sèche est déterminée.

Sur le lyophilisat, sont mesurées la teneur en azote (méthode KJELDAHL), et la teneur en énergie (bombe calorimétrique).

Les données sont traitées statistiquement selon une analyse de variance à une voie (SNEDECOR & COCHRAN, 1956).

TABLEAU I

*Composition des deux régimes utilisés.
Composition of the diets.*

Composition g/kg aliment EO <i>Composition g/kg diet EO</i>		
Amidon cru de maïs <i>Raw maize starch</i>		650
Cellulose (1) <i>Cellulose</i>		80
Huile de poisson <i>Fish oil</i>		250
Mélange vitaminique (2) <i>Vitamin premix</i>		20
	Aliment standard (3) <i>Basal diet</i>	Aliment EO <i>Diet EO</i>
Protéines (N × 6,25 g/kg MS) <i>Protein</i>	480	6
Energie (MJ/kg MS) <i>Energy</i>	203	224

(1) DURIEUX (CEPO, SS/200).
 (2) EIFAC 1971.
 (3) Aliment Aqualim.
 MS Matière sèche - *Dry matter*.

III. Résultats

Les différences de poids moyen final ou de gain moyen quotidien observées entre les lots sont inférieures à 6 p. 100 et ne sont pas significatives (tabl. 2). Toutefois, la croissance la plus importante a été observée dans le lot recevant trois repas par jour et de l'aliment EO en supplément (1,39 g/j) : 3R + EO). Les lots recevant de l'aliment énergétique en supplément ont eu une consommation globale d'aliment significativement plus importante. Les quantités de protéines totales et d'énergie ingérées sont donc plus importantes dans les lots recevant l'aliment EO *ad libitum* que dans les lots ne recevant pas de EO, celui-ci contenant en effet 0,6 p. 100 de matières azotées.

TABLEAU 2

Performances de truites de 100 g recevant une même quantité d'aliment en 2, 3 ou 4 repas (2R, 3R, 4R), avec ou sans supplément d'un aliment non protéique EO.
Growth performance obtained with 100 g body weight trouts fed fixed levels of protein in 2, 3 or 4 meals, with or without a non-protein offered ad libitum.

Nombre de repas Number of meals	Protéines et énergie contrôlées Controlled protein and energy			Protéines contrôlées Controlled protein Energie ad libitum Energy ad libitum						
	2	3	4	2+EO	3+EO	4+EO	CME	dl	F	S
Poids initial Initial weight	39.5	39.75	39.5	39.5	39.25	39.25				
CV % (1)	(18.9)	(15.2)	(18.8)	(16.4)	(16.4)	(15.4)				
Poids final Final weight	148.5	145.5	146.5	150.0	151.0	144.0	21	11	0.6	NS
CV % (1)	(24.5)	(24.2)	(27.4)	(16.8)	(23.6)	(18.4)				
Gain de poids g/j Growth rate g/d	1.37	1.32	1.34	1.37	1.39	1.31	0.03	11	0.5	NS
Consommation totale g/j Total feed intake g/d	2.43	2.47	2.47	2.67	2.73	2.76	0.02	11	30	**
Consommation de protéines g/j .. Protein intake g/d	1.04	1.05	1.05	1.16	1.19	1.21	0.01	11	46	**
Consommation d'énergie MJ/j .. Energy intake MJ/d	43.8	44.6	44.6	48.5	49.8	50.4	8.2	11	36	**
Indice de consommation (IC) Feed efficiency (FER)	1.79	1.88	1.86	1.95	1.98	2.11	0.02	11	3	NS
Coefficient d'efficacité protéique . Protein efficiency ratio (PER)	1.32	1.27	1.28	1.19	1.17	1.08	0.01	11	5	*

CV % : Coefficient de variation (écart-type/moyenne) estimé sur un échantillon de 10 truites tirées au hasard dans chaque lot.

CV % : Coefficient of variation (SE/M) measured in a sample of 10 randomly chosen trouts from each group.

IC : Consommation totale/gain de poids.

FER : Total feed intake/weight gain.

CEP : Gain de poids/consommation de protéines.

PER : Weight gain/protein intake.

CME : Carré moyen des écarts.

MSE : Mean square deviation.

dl : Degrés de liberté.

df : Degree of freedom.

F : Valeur du test F.

F : Test.

S : Signification ** : 1 p. 100, * : 5 p. 100, NS : non significatif.

S : Significance ** : 1 p. 100, * : 5 p. 100, NS : non significant.

TABLEAU 3

Analyse de carcasse de truites recevant une même quantité journalière d'aliment distribuée en 2, 3 ou 4 repas (2R, 3R, 4R) avec ou sans supplément d'un aliment non protéique, EO distribuée ad libitum.

Composition of trout fed fixed levels of energy in 2, 3 or 4 meals per day with or without a non-protein diet distributed ad libitum.

	Début d'expé- rience <i>Begin- ning of exper- iment</i>	Protéines et énergie contrôlées <i>Controlled protein and energy</i>			Protéines contrôlées <i>Controlled protein</i> Energie ad libitum <i>Energy ad libitum</i>					
		2 R	3 R	4 R	2 R +EO	3 R +EO	4 R + EO		CME	F
Poids des truites analysées (g) ... <i>Mean weight of trout. Standard deviation</i>	37,6 (7,7)	149,4 (36,9)	135,4 (32,3)	151,1 (40,9)	157,0 (27,0)	148,0 (38,4)	143,2 (28,6)	NS		
Protéines N × 6,25 g/kg MS <i>Protein</i>	689 (23)	557	554	562	538	545	540	NS	15	1,5
Energie MJ/kg . <i>Energy</i>	232 (4)	260	262	262	269	265	267	NS	3	0,6

MS : matière sèche - DM : dry matter.

En conséquence, dans les lots recevant l'aliment EO en supplément, l'indice de consommation est plus élevé et le coefficient d'efficacité protéique plus faible que dans les autres lots. Pour une même quantité d'aliment ingérée (avec ou sans EO), l'indice de consommation et le coefficient d'efficacité protéique sont inchangés.

Les modalités d'alimentation n'ont pas d'influence significative sur la diminution de la teneur en protéine et l'augmentation de la teneur en énergie des truites au cours de l'expérience (tabl. 3). Les animaux recevant l'aliment EO ont des teneurs en protéines légèrement plus faibles et des teneurs en énergie légèrement plus fortes que ceux ne recevant que l'aliment commercial.

IV. Discussion

L'augmentation du nombre de repas pourrait se traduire par une meilleure transformation des protéines alimentaires si l'étalement de l'apport d'acides aminés ainsi réalisé engendrait une moindre dégradation des acides aminés d'origine alimentaire. Toutefois chez les poissons, l'activité des enzymes de dégradation des acides aminés (COWEY & LUQUET, 1983) et la vitesse d'oxydation des acides aminés (ZEBIAN & CREACH, 1979) ne sont pas modifiées lorsque la teneur en protéines de ration varie. Chez la truite arc-en-ciel, l'apport d'acides aminés est plus étalé avec un régime à base de caséine distribué en 4 repas par jour qu'avec un régime à base d'un mélange d'acides aminés (YAMADA *et al.*, 1981 b). Mais la croissance et l'efficacité alimentaire bien que faibles en absolu avec les deux régimes sont peu différentes (AOE *et al.*, 1970). La lenteur du métabolisme et les faibles vitesses de transit chez la truite (FAUCONNEAU *et al.*, 1983) induisent peut-être un étalement dans le temps de l'apport d'acides aminés d'origine alimentaire. Ceci expliquerait également l'absence d'effet mesurable de la fréquence des repas sur l'efficacité alimentaire pour une même ingestion protéique journalière observée par GRAYTON & BEAMISH (1977) et confirmé par notre expérience dans la gamme de 2 à 4 repas par jour.

Par contre, l'effet de la fréquence des repas dans la gamme inférieure à 2 repas par jour est plus tranché. Ainsi pour une même consommation journalière de protéine, les pertes azotées mesurées par l'excrétion d'ammoniaque et d'urée sont faibles chez les truites recevant 2 repas par jour que chez celles recevant un repas par jour (KAUSHIK, 1980)

Dans les mêmes conditions, les carpes nourries avec un régime à base d'acides aminés ont une croissance très faible (AOE *et al.*, 1970). Pour une même quantité d'aliment, il est possible d'obtenir des performances équivalentes à celles obtenues avec un régime à base de caséine distribuée en 3 repas par jour, en augmentant la fréquence de distribution de l'aliment à base d'un mélange d'acides aminés jusqu'à 18 repas par jour (YAMADA *et al.*, 1981 a). Chez la truite, l'effet bénéfique de l'augmentation du nombre de repas pourrait être alors mis en évidence en envisageant une distribution continue d'aliment (SHELBOURN *et al.*, 1973).

Les conclusions sont similaires, que l'apport d'énergie soit contrôlé ou *ad libitum*. Lorsque les poissons reçoivent un aliment standard *ad libitum*, l'augmentation de la fréquence des repas se traduit par une amélioration de la consommation et de la croissance mais non par une augmentation de l'efficacité alimentaire. Au-delà d'un certain seuil, 4 repas par jour chez la truite, l'efficacité alimentaire diminue (ELLIOT, 1975 ; GRAYTON & BEAMISH, 1977. Cette diminution de l'efficacité alimentaire peut être simplement liée à l'augmentation des quantités ingérées (CHO *et al.*, 1976 ; WURTSBAUGH & DAVIS, 1977). Dans les conditions de notre expérience, seule l'énergie sous forme de l'aliment EO est distribuée *ad libitum*, mais nous observons aussi une augmentation de la croissance et de la consommation globale avec celle de la fréquence des repas ainsi que la stagnation de l'efficacité alimentaire. Les deux aliments utilisés, standard et EO, ont des teneurs en énergie voisines mais n'ont sûrement pas la même valeur énergétique, ce qui rend difficile l'analyse des rendements de transformation calculés à partir de la ration globale reconstituée.

La comparaison des résultats obtenus avec ou sans l'aliment EO pose le problème de l'effet d'un apport supplémentaire d'énergie. L'augmentation de l'apport d'énergie pour un même apport de protéines peut favoriser une épargne des protéines (ATHERTON & AITKEN, 1970 ; WATANABE, 1977 ; REINITZ *et al.*, 1978). Mais pour un même taux de protéine, l'augmentation de la disponibilité de l'énergie obtenue par différents traitements technologiques de la source d'amidon, provoque une augmentation de la teneur en lipides des carcasses (LUQUET & BERGOT, 1976). Il semble également que la truite disposant d'énergie *ad libitum*, séparément des protéines n'arrive pas à réguler son ingestion (KAUSHIK & LUQUET, 1983). Dans les conditions de notre expérience, l'énergie supplémentaire apportée n'entraîne ni une augmentation significative des réserves lipidiques ni une amélioration de la transformation des protéines.

Remerciements

Nous tenons à remercier R. CESCOSE, R. LANNEBERE et Y HONTANG pour l'aide technique et P. PEYROTTE pour les dosages.

Summary

Influence of protein feeding frequency on growth and feed efficiency of rainbow trout (Salmo gairdneri R.)

Twelve groups of 100 rainbow trout were fed fixed levels of protein provided by a commercial diet offered in two, three or four meals per day. Energy was given either at a fixed level (2R, 3R, 4R) or *ad libitum* by supplementation with a non-protein diet (table 1) (2R + EO, 3R + EO, 4R + EO). Growth, protein and energy intake (table 2) as well as efficiencies of protein and energy utilization (table 3) were studied. Growth and feed efficiency ratio in groups 2R, 3R and 4R were not significantly different. Groups 2R + EO, 3R + EO and 4R + EO supplied with supplementary energy showed the same growth rates as groups 2R, 3R and 4R, so that their feed efficiency ratios were higher than in the other groups. No significant changes were observed in protein and energy composition in trout of the different groups. The present results suggest that under our experimental conditions, there was no substantial advantage of subdividing the daily protein supply irrespective of the manner in which dietary energy was delivered. It also appeared that the number of protein meals was too small to bring any significant changes in efficiency of protein deposition. These points are discussed in the light of digestive and metabolic characteristics of fish.

Key words : feeding frequency, protein/energy, feeding efficiency, protein utilization.

Reçu en octobre 1985.

Accepté en janvier 1984.

Références bibliographiques

- ANDREWS J.W., PAGE J.W., 1975. The effects of frequency of feeding on culture of catfish. *Trans. Am. Fish. Soc.*, **104**, 317-321.
- AOE H., MASUDA I., ABE I., SAITO T., TOYODA T., KITAMURA S., 1970. Nutrition of protein in young carp. I. Nutritive value of free amino acids. *Bull. Jap. Soc. Sci.*, **36**, 407-413.

- ATHERTON W.D., AITKEN A., 1970. Growth, nitrogen metabolism and fat metabolism in *Salmo gairdneri* R. *Comp. Biochem. Physiol.*, **36**, 719-747.
- BERGOT F., 1979 a. Carbohydrate in rainbow trout diets : effects of the level and source of carbohydrate and the number of meals on growth and body composition. *Aquaculture*, **18**, 157-167.
- BERGOT F., 1979 b. Effects of dietary carbohydrates and of their mode of distribution on glycaemia in rainbow trout (*Salmo gairdneri* Richardson). *Comp. Biochem. Physiol.*, **64 A**, 543-547.
- BOUCHE G., CREACH Y., 1979. Métabolisme des acides aminés et des protéines. In : M. Fontaine (ed.), *Nutrition des poissons*. Centre National de la Recherche Scientifique, Paris, 133-147.
- CHO C.Y., SLINGER C.S.J., BAYLEY H.S., 1976. Influence of level and type of dietary protein and of level of feeding on feed utilization by rainbow trout. *J. Nutr.*, **106**, 1547-1556.
- COWEY C.B., SARGENT J.R., 1979. Nutrition. In : *Fish Physiology*, Vol. VII *Bioenergetics and growth* (Hoar W.S., Randall J.R. & Brett J.R., Ed.). Acad. Press, N.Y., 1-69.
- COWEY C.B., COOKE J.J., MATTY H.J., ADRON J.W., 1981. Effects of quantity and quality of dietary protein on certain enzyme activities in rainbow trout. *J. Nutr.*, **111**, 336-345.
- COWEY C.B., LUQUET P., 1983. Physiological basis of protein requirements of fishes. Critical analysis of allowances. IVth. Int. Symp. Protein metabolism and nutrition. Clermont-Ferrand (France), 5-9 sept. 1983. Ed. I.N.R.A. *Les colloques de l'I.N.R.A.*, n° 16, vol. I, 365-384.
- EIFAC, 1971. Salmon and trout feeds and feeding, *E.I.F.A.C. Techn. Pap.*, **12**, 29 p.
- ELLIOT J.M., 1975. Weight of food and time required to satiate brown trout, *Salmo trutta* L. *Freshwater. Biol.*, **5**, 51-64.
- FAUCONNEAU B., CHOUBERT G., BLANC D., BREQUE J., LUQUET P., 1983. Influence of environmental temperature of flow rate of food-stuffs through the gastro-intestinal tract of rainbow trout. *Aquaculture*, **34**, 27-39.
- GARLICK P.J., 1980. Assessment of protein metabolism in the intact animal. In : *Protein deposition in animals* (Buttery P.J., Lindsay D.B. Eds), 51-67. Butterworths, London.
- GRAYTON B.D., BEAMISH F.W.H., 1977. Effects of feeding frequency on food intake, growth and body composition of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Aquaculture*, **11**, 159-172.
- KAUSHIK S.J., 1980. Influence of nutritional status on the daily patterns of nitrogen excretion in the carp (*Cyprinus carpio* L. and the rainbow trout (*Salmo gairdneri* R.). *Reprod. Nutr. Dev.*, **20**, 1751-1765.
- KAUSHIK S.J., LUQUET P., BLANC D., 1981. Usefulness of feeding protein and non protein calories apart in studies on energy-protein interrelationships in rainbow trout. *Ann. Zootech.*, **30**, 3-11.
- KAUSHIK S.J., LUQUET P., 1983. Relationship between protein intake and spontaneous energy intake as affected by body weight with an estimation of maintenance needs in rainbow trout. *Z. Tierphysiol. Tierernährg. Futtermittelkde* (in press).
- LEE D.J., PUTNAM G.B., 1973. The response of rainbow trout to varying protein/energy ratios in a test diet. *J. Nutr.*, **103**, 916-922.
- LUQUET P., BERGOT F., 1976. Evaluation de divers traitements technologiques des céréales. VII. Utilisation de maïs pressé, floconné, expansé et extrudé dans l'alimentation de la truite arc-en-ciel. *Ann. Zootech.*, **25**, 63-69.
- LUQUET P., RENOU P., KAUSHIK S.J., 1981. Influence du nombre de repas journaliers et du jeûne hebdomadaire sur la croissance chez la truite arc-en-ciel. *Ann. Zootech.*, **30**, 411-424.
- NAGAI M., IKEDA S., 1972. Carbohydrate metabolism in fish. Effect of dietary composition on metabolism of acetate U¹⁴C and glutamate U¹⁴C in carp. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, **38**, 137-143.
- NAGAI M., IKEDA J., 1973. Carbohydrate metabolism in fish. Effect of dietary composition on metabolism of acetate U¹⁴C and L-alanine U¹⁴C in carp. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, **39**, 633-643.

- PFEFFER C.F., 1982. Utilization of dietary protein by salmonid fish. *Comp. Biochem. Physiol.*, **73 B**, 51-57.
- POTTER D.A., SULLIVAN S.G., COX R.P., 1980. Rhythmic variations of valine and leucine decarboxylation in rat diaphragm. *Metab. Clin. Exp.*, **29**, 435-437.
- REINITZ G.L., ORME L.E., LEMM C.A., HITZEL F.N., 1978. Influence of varying lipid concentrations with two protein concentrations in diets for rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Trans. Am. Fish. Soc.*, **107**, 751-754.
- RUMSEY G.L., 1981. Significance of nitrogen metabolism : why does the salmonid require a high protein diet. *Salmonid.*, **5**, 20-24.
- SHELBOURN J.E., BRETT J.R., SHIRAHATA S., 1973. Effect of temperature and feeding regime on the specific growth rate of sockeye salmon fry (*Oncorhynchus nerka*) with a consideration of size effect. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, **30**, 1191-1194.
- SNEDECOR G.W., COCHRAN W.G., 1956. *Statistical methods*. 534 p. Iowa State Univ. Press, Iowa, U.S.A.
- WATANABE T., 1972. Sparing action of lipids on dietary protein in fish. Low protein diet with high calorie content. *Technocrat.*, **10**, 34-39.
- WURTSBAUGH W.A., DAVIS G.E., 1977. Effects on fish size and ration level on the growth and food conversion efficiency of rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson. *J. Fish. Biol.*, **11**, 99-104.
- YAMADA S., TANAKA Y., KATAYAMA T., 1981 a. Feeding experiments with carp fry fed on amino acid diet by increasing the number of feeding per day. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, **47**, 1247.
- YAMADA S., SIMPSON K.L., TANAKA Y., KATAYAMA T., 1981 b. Plasma amino acid changes in rainbow trout *Salmo gairdneri* force-fed casein and a corresponding amino acid mixture. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, **47**, 1035-1040.
- ZEBIAN M.F., CREACH Y., 1979. Fraction α aminée et dégradation oxydative de quelques acides aminés chez la carpe (*Cyprinus carpio* L.). Importance des facteurs nutritionnels. In : *Finfish nutrition and fish feed technology*. J.E. Halver and K. Tiews Eds., Heenemann GmbH and Co, Berlin, Vol. II, 531-544.