

ÉTUDE QUANTITATIVE DE L'ALIMENTATION DE *SAROTHERODON GALILAEUS* (PISCES, CICHLIDAE) DU LAC TCHAD

LAURENT LAUZANNE

Hydrobiologiste O.R.S.T.O.M.

Mission O.R.S.T.O.M., Cajon Postal 8714, La Paz, Bolivie

RÉSUMÉ

Le taux de conversion de la nourriture est donné par la formule $\frac{\Delta B}{C}$ où ΔB est l'accroissement en poids et C le poids de la nourriture consommée. Exprimé en termes d'énergie (calories), ce rapport prend le nom de coefficient énergétique de croissance de premier ordre (DAVIS et WARREN, 1968). Le taux de conversion a été calculé pour *Sarotherodon galilaeus*, phytoplanctophage du lac Tchad, pour une période de 2 ans (3^e et 4^e années). L'accroissement en poids (ΔB) nous était connu (LAUZANNE, 1978, fig. 6). La quantité de nourriture consommée en 2 ans (C) a été évaluée grâce à la connaissance de la ration journalière. Cette dernière a été obtenue à l'aide de deux paramètres : le rythme journalier de nutrition (fig. 2) et la vitesse de transit stomacal (fig. 3). Il a été montré que l'importance de cette ration journalière est fonction de la température de l'eau (fig. 5). Le taux de conversion, très faible, est de 3 %. Le coefficient énergétique de croissance, calculé à partir d'équivalents caloriques (LAUZANNE, 1978), atteint 19 %.

ABSTRACT

QUANTITATIVE STUDY ON NUTRITION OF *Sarotherodon galilaeus* (PISCES CICHLIDAE) IN LAKE CHAD

The conversion rate of food is expressed by the formula: $\frac{\Delta B}{C}$ where ΔB is the increase in weight and C the food consumed. In terms of energy (calories), this is the energy coefficient of growth of the first order (DAVIS and WARREN, 1968). Conversion rate has been evaluated for *Sarotherodon galilaeus*, phytoplankton-feeder in lake Chad, during a period of two years (3^d and 4th year). Weight increase (ΔB) was determined before (LAUZANNE, 1978, fig. 6). Weight of food consumed for two years (C) has been evaluated by means of daily food consumption values. Daily food consumption has been obtained using two parameters: daily feeding periodicity (fig. 2) and rate of gastric evacuation (fig. 3). Daily food consumption depends of water temperature (fig. 5). Conversion rate, very low, reaches only 3 %. Energy coefficient of growth, computed using caloric equivalents (LAUZANNE, 1978) reaches 19 %.

INTRODUCTION

Sarotherodon galilaeus est un poisson du lac Tchad abondant et à chair estimée. C'est un consommateur primaire se nourrissant essentiellement de phytoplancton (LAUZANNE, ILLIS, 1975). Cette posi-

tion trophique lui confère un intérêt particulier dans l'économie énergétique de l'écosystème. Après les travaux d'IVLEV (1939, 1961), de WINBERG (1956), WARREN et DAVIS (1967) ont proposé une équation rendant compte du bilan énergétique chez les poissons : $G = F + U + \Delta B + R$ dans laquelle G est

la quantité d'énergie contenue dans la nourriture consommée, F, la valeur énergétique des excréments, U l'énergie perdue par excrétion d'urine et à travers les branchies et la peau, ΔB la quantité d'énergie correspondant à l'accroissement en poids et R l'énergie nécessaire au métabolisme.

L'efficacité de la nourriture peut être caractérisée par plusieurs coefficients. Le plus utilisé est le coefficient énergétique de croissance de premier ordre

$$K1 (1) : K1 = \frac{\Delta B}{C}$$

Ce rapport calculé à partir des poids frais est appelé : *taux de conversion* (2) et le rapport inverse souvent employé : *coefficient nutritionnel* ou *coefficient trophique* (3).

On remarquera que ce coefficient K1 caractérise une efficacité brute. En effet, la quantité d'énergie consommée ne sert pas uniquement à assurer la croissance. C'est ainsi qu'a été défini un coefficient énergétique de croissance de deuxième ordre K2 (4) :

$$K2 = \frac{\Delta B}{C - (F+U)}$$

Certains auteurs utilisent également un *indice*

$$d'assimilation AS : AS = \frac{\Delta B + R}{C}$$

Ce coefficient rend compte de l'énergie effectivement utilisée pour la croissance et le métabolisme.

Ces deux derniers indices, difficiles à calculer, car ils nécessitent des études fines de laboratoire n'ont pas été retenus. Nous avons calculé K1 qui est à notre avis le rapport le plus intéressant pour l'aménagiste ou le pisciculteur, puisqu'il permet de connaître la quantité de nourriture nécessaire à l'élaboration d'une certaine quantité de chair de poisson.

Nous avons tout d'abord évalué le taux de conversion de la nourriture à partir des poids frais, puis ce résultat a été finalement exprimé en termes d'énergie (K1) grâce à l'emploi d'équivalents caloriques (LAUZANNE, 1978).

1. MATÉRIEL ET MÉTHODES

Plusieurs méthodes ont été proposées pour estimer la ration journalière des poissons carnivores princi-

palement ichtyophages. Certaines s'appuient sur des données de terrain et des expériences de laboratoire (BAJKOV, 1935 ; FORTUNATOVA, 1940, etc.), d'autres sont essentiellement des méthodes de terrain (NOVIKOVA citée par LEBEDEV, 1967). Nous avons adapté ces méthodes, élaborées pour des carnivores, à l'étude de l'alimentation de *Sarotherodon galilaeus*.

La ration journalière a été estimée à l'aide de deux paramètres : le rythme journalier de nutrition et la vitesse de transit stomacal de la nourriture.

1.1. Rythme journalier de nutrition

Nous avons pu connaître le rythme journalier de nutrition en suivant au cours de la journée, l'évolution du coefficient de réplétion stomacal (R) :

$$R = \frac{P}{p} \times 100 \text{ où } p \text{ est le poids du contenu stomacal}$$

et P le poids du poisson. Ce coefficient devant être calculé à intervalles réguliers tout au long d'une journée, l'emploi du filet maillant a été rejeté car il ne permet des prises importantes qu'en fin de journée et au cours de la nuit. Nous avons employé une senne de rivage, dont l'efficacité dépend beaucoup moins de l'heure d'utilisation. L'emploi d'un tel engin nous impose cependant deux conditions : l'existence d'une plage sableuse importante et la présence d'une main d'œuvre nombreuse, deux facteurs qu'il n'a pas été toujours facile de réunir.

Aussitôt après leur capture, les *Sarotherodon* ont été mesurés (longueur standard au mm près) et pesés (au g près). Leur sexe a également été déterminé et les ovaires des femelles au stade 4 ont été prélevés et pesés. L'estomac et l'intestin de chaque poisson ont été stockés dans des piluliers contenant de l'eau formolée à 5 %. L'opération a été répétée au cours de la journée à intervalles plus ou moins réguliers. Lorsque le nombre de spécimens capturés était insuffisant, une autre pêche a été faite le lendemain à la même heure. Les *Sarotherodon* capturés étaient en grande majorité des poissons de 3^e et 4^e année pesant entre 200 et 700 g.

Au laboratoire, l'estomac de chaque poisson a été débarrassé de sa graisse, séché sur du papier filtre et pesé à 0,025 g près. Il a été ensuite ouvert, débarrassé de son phytoplancton sous un filet d'eau, séché et pesé à nouveau. Le poids du contenu stomacal a été obtenu par différence. Il a été d'autre part vérifié qu'il n'existait pas de différence appréciable

(1) * Energy coefficient of growth of first order *.

(2) * Conversion rate *.

(3) * Food coefficient or trophic coefficient *.

(4) * Energy coefficient of growth of second order *.

entre le poids des contenus stomacaux frais et leur poids formolé. L'état de remplissage des intestins a été également observé. Il a été constaté que quelle que soit l'heure de capture, les intestins étaient pratiquement toujours remplis.

Le coefficient de réplétion a été calculé pour chaque poisson. Pour chaque groupe de poissons correspondant à la même heure de capture, la moyenne de R a été évaluée ainsi que son intervalle de confiance pour un coefficient de sécurité de 95 %.

Le coefficient de condition (K) a été calculé pour chaque poisson. Ce coefficient qui reflète l'embonpoint d'un poisson est donné par la formule :

$$K = 10^5 \frac{P}{L^3}$$

dans laquelle P est exprimé en grammes

et L en millimètres. La moyenne de K a été calculée pour chaque période d'étude ainsi que son intervalle de confiance.

1.2. Vitesse de transit stomacal

La méthode consiste à observer l'évolution de R en fonction du temps, sur des poissons privés de nourriture. Les poissons ont été capturés à l'heure approximative du maximum de remplissage de l'estomac. Un certain nombre ont été immédiatement sacrifiés et les autres placés en stabulation dans 2 bacs d'1 m³ de contenance. Ces bacs étaient remplis d'eau débarrassée de son plancton par filtration à travers un filet à phytoplancton de 65 µ de vide de maille. L'oxygénation était fournie par une grosse pompe d'aquarium alimentée par un groupe électrogène portatif. Un cadre grillagé, placé à 15 cm du fond des bacs, empêchait la remise en suspension des excréments. Les bacs ont été immergés au 2/3 dans le lac, de manière à homogénéiser la température de l'eau à l'intérieur et à l'exté-

rieur des bacs. Un filet tendu sur l'ouverture de ceux-ci, empêchait les poissons de sauter.

A intervalles réguliers un certain nombre de poissons ont été sacrifiés et leurs coefficients de réplétion calculés. La pente de la droite représentative de l'évolution de R en fonction du temps passé dans le bac par les poissons, représente la vitesse du transit stomacal c'est-à-dire la quantité de nourriture passant de l'estomac dans l'intestin en 1 heure.

La température de l'eau à l'intérieur et à l'extérieur des bacs a été repérée chaque jour à 6 h, 12 h, et 18 h.

2. RÉSULTATS

2.1. Rythme de nutrition

La courbe d'évolution du coefficient de réplétion stomacal en fonction de l'heure de la journée (ou plus simplement courbe de réplétion) a été établie au cours de 4 tournées effectuées dans l'archipel. Les températures moyennes de l'eau, calculées sur les 3 repérages journaliers ont été notées :

19 et 20 janvier 1972, T = 19,7 °C
 17 et 18 avril 1972, T = 30,4 °C
 18 et 19 février 1973 T = 22,3 °C
 28 et 29 avril 1973, T = 26,4 °C

Au cours de la tournée d'avril 1972, les prises ont été assez abondantes pour nous permettre d'étudier séparément le comportement alimentaire des deux sexes. Les résultats (tabl. I) illustrés par la figure 1 permettent de constater que les deux courbes de réplétion sont pratiquement confondues et donc qu'il n'existe pas de différence appréciable dans le comportement alimentaire des mâles et des femelles.

Les courbes de réplétion établies pour l'ensemble mâles et femelles sont présentées sur la figure 2 (tabl. II).

TABLEAU I

Évolution journalière du coefficient de réplétion (R) en fonction de l'heure de capture (H) pour les mâles et les femelles de *S. galilaeus*, le 17-18/4/1972. (N = nombre de poissons ; température moyenne de l'eau = 30,4°C).

heures de capture		11 h 30	15 h 00	18 h 00	22 h 00	1 h 45	6 h 00
♂	N	10	9	9	11	10	12
	R	2,15 ± 0,71	2,81 ± 0,56	4,03 ± 0,35	3,00 ± 0,21	2,52 ± 0,53	0,87 ± 0,18
♀	N	10	11	10	9	10	8
	R	1,80 ± 0,39	2,87 ± 0,50	4,08 ± 0,37	3,28 ± 0,18	2,31 ± 0,50	0,87 ± 0,46

TABLEAU 11

Évolution journalière du coefficient de réplétion (R) de *S. galilaeus*, en fonction, de l'heure de capture (H) pour les sexes mélangés (N = nombre de poissons, T = température moyenne de l'eau)

1 - 72 T = 19,7°	H	6 h 30	10 h 30	15 h 30	18 h 30	0 h 00	5 h 00	
	N	16	14	19	15	21	14	
	R	0,71 ± 0,12	0,89 ± 0,13	1,22 ± 0,27	1,15 ± 0,11	0,97 ± 0,16	0,88 ± 0,10	
4 - 72 T = 30,4°	H	11 h 30	15 h 00	18 h 00	22 h 00	1 h 45	6 h 00	
	N	20	20	10	20	20	20	
	R	1,97 ± 0,36	2,84 ± 0,33	4,05 ± 0,22	3,00 ± 0,14	2,41 ± 0,32	0,87 ± 0,18	
2 - 73 T = 22,3°	H	8 h 30	11 h 15	15 h 30	18 h 30	0 h 00	8 h 00	
	N	13	19	13	18	8	17	
	R	0,62 ± 0,39	0,91 ± 0,19	1,35 ± 0,35	1,28 ± 0,20	1,07 ± 0,22	0,71 ± 0,14	
4 - 73 T = 26,4°	H	7 h 30	11 h 30	16 h 30	18 h 45	21 h 00	1 h 00	5 h 00
	N	10	11	10	19	9	10	10
	R	0,89 ± 0,16	1,31 ± 0,18	1,81 ± 0,10	2,24 ± 0,32	2,00 ± 0,16	1,51 ± 0,16	1,03 ± 0,21

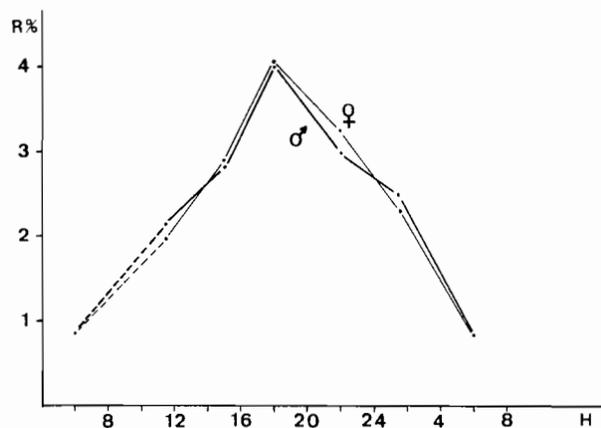


Fig. 1. — Évolution journalière du coefficient de réplétion stomacal (R%) de *Sarotherodon galilaeus*, en fonction des heures de capture (H) au mois d'avril 1972.

Daily feeding periodicity in *Sarotherodon galilaeus* caught in april 1972 (R %: $\frac{\text{Weight of stomach content}}{\text{weight of fish}}$, H: time of day).

Nous remarquerons tout d'abord que *S. galilaeus* a une activité alimentaire principalement diurne, la durée totale du cycle s'étendant sur 24 heures. Le minimum de remplissage de l'estomac se situe

entre 6 et 9 heures. Le coefficient de réplétion augmente au cours de la journée pour atteindre un maximum entre 15 et 18 heures selon la saison, puis diminue au cours de la nuit.

Ce même rythme d'activité nutritionnelle a également été constaté au lac George pour l'espèce voisine, *Sarotherodon niloticus* (MORIARTY et MORIARTY, 1973). Cependant l'estomac de *S. niloticus* se vide complètement ce qui n'est pas le cas pour *S. galilaeus* dont le contenu stomacal minimum représente environ 0,8 % du poids du corps. D'autre part, à toute heure de la journée, l'intestin est pratiquement rempli sur toute sa longueur. Ces deux observations suggèrent que le passage de la nourriture de l'estomac dans l'intestin est un phénomène continu.

Il apparaît clairement à l'examen de la figure 2 que la valeur maximum de R est d'autant plus grande que la température de l'eau est plus élevée. C'est ainsi que R maximum de l'eau est plus élevée. C'est ainsi que R maximum passe de 1,2 % à 19,7 °C à 4,0 % à 30,4 °C.

2.2. Vitesse de transit stomacal et ration journalière

La vitesse de transit stomacal a été établie à chaque tournée sur un lot de poissons pêchés approximativement à l'heure du maximum de remplissage de l'estomac pour les températures moyennes suivantes de l'eau dans les bacs de stabulation :

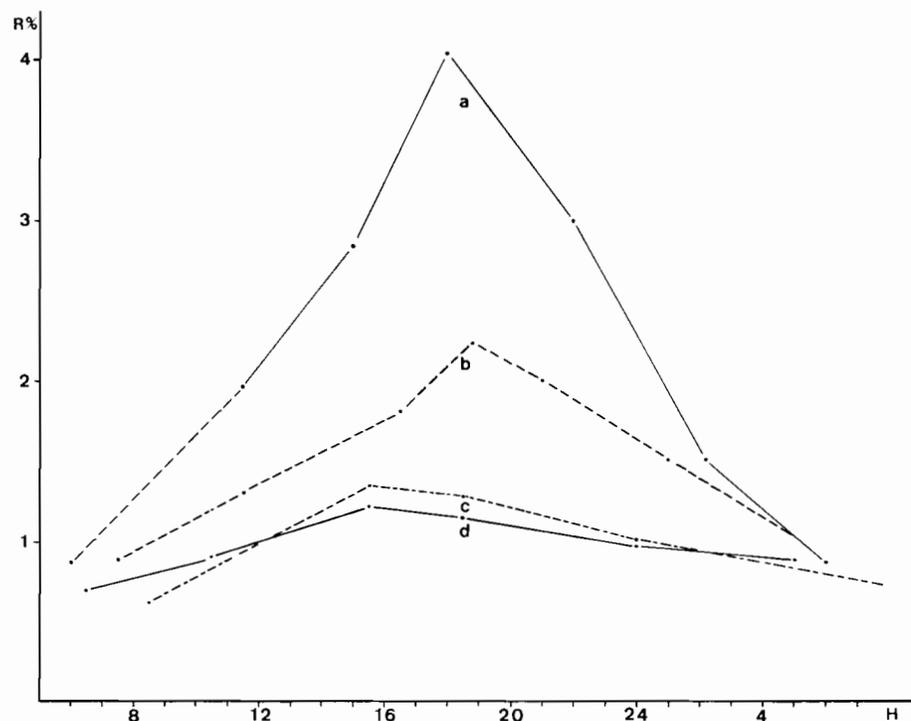


Fig. 2. — Évolution journalière du coefficient de réplétion stomacal (R %) de *Sarotherodon galilaeus* en fonction des heures de capture (H) (a : avril 1972, T = 30,4°C ; b : avril 1973, T = 26,4°C ; c : février 1973, T = 22,3°C ; d : janvier 1972, T = 19,7°C).

Daily feeding periodicities in *Sarotherodon galilaeus* ($R \% = \frac{\text{weight of stomach content}}{\text{weight of fish}}$; H : time of day : a : april 1972, T = 30,4°C ; b : april 1973, T = 26,4°C ; c : february 1973, T = 22,3°C ; d : january 1972, T = 19,7°C).

TABLEAU III

Évolution du coefficient de réplétion (R) de *S. galilaeus*, en fonction du temps (H) passé dans le bac de stabulation exprimé en numération décimale, N est le nombre de poissons sacrifiés et T la température de l'eau au moment de l'expérience

1 - 72 T = 19,5°	H	0 (15 h 30)	+3,00	+8,50	+12,50	+15,50
	N	19	11	10	14	8
	R	1,22 ± 0,27	0,90 ± 0,12	0,80 ± 0,11	0,48 ± 0,10	0,17 ± 0,09
4 - 72 T = 29,9°	H	0 (18 h)	+3,00	+6,00	+11,00	+15,00
	N	19	11	13	12	16
	R	4,05 ± 0,22	3,20 ± 0,33	2,92 ± 0,20	1,74 ± 0,18	ε
2 - 73 T = 22,1°	H	0 (18 h 30)	+5,50	+9,50	+12,75	+16,50
	N	18	10	12	14	12
	R	1,28 ± 0,20	0,81 ± 0,42	0,50 ± 0,09	0,17 ± 0,13	0,10
4 - 73 T = 26,1°	H	0 (18 h 45)	+6,25	+12,25	+16,25	
	N	19	10	10	5	
	R	2,24 ± 0,32	1,22 ± 0,23	0,33 ± 0,17	0,05	

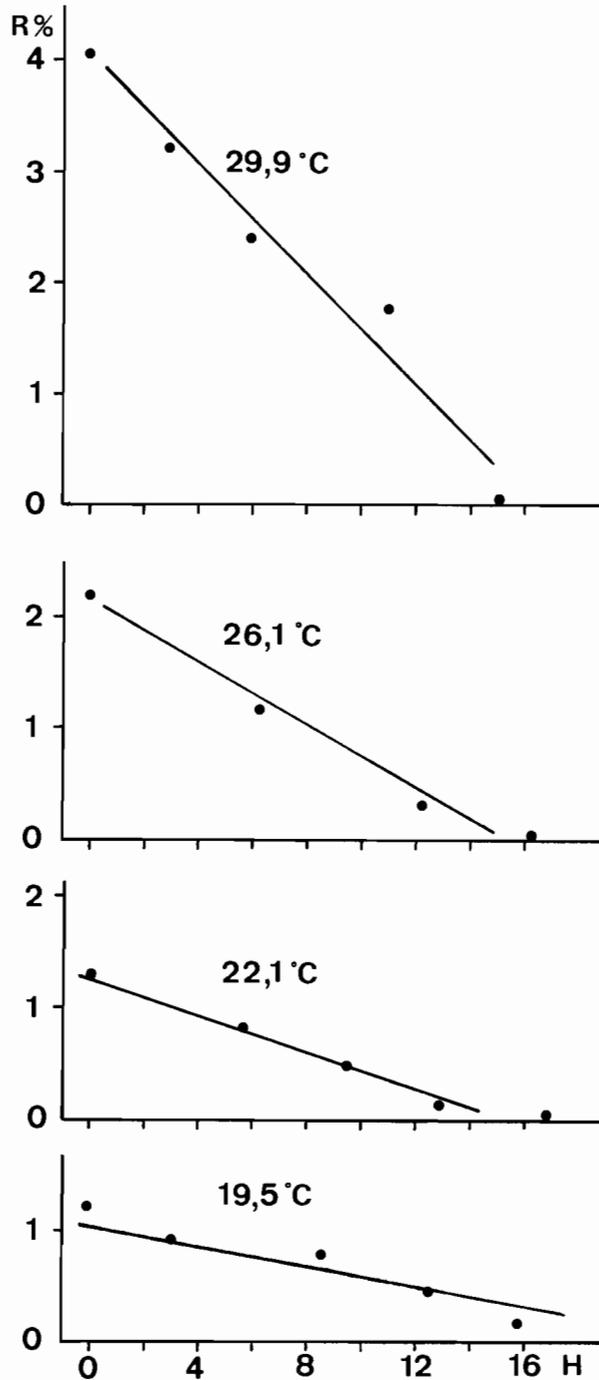


Fig. 3. — Vitesse de transit stomacal à différentes températures chez *Sarotherodon galilaeus* (R % : coefficient de réplétion, H : nombre d'heures passées dans les bacs de stabulation).

Relationship between R % $\left(\frac{\text{weight of stomach content}}{\text{weight of fish}}\right)$ and time (H) at different temperatures in *Sarotherodon galilaeus*.

21 et 22 janvier 1972, T = 19,5 °C
19 et 20 avril 1972, T = 29,9 °C

20 et 21 février 1973, T = 22,1 °C
30 avril et 1^{er} mai 1973, T = 26,1 °C

Les valeurs de R en fonction du temps passé par les poissons dans les bacs de stabulation sont présentées dans le tableau III. Les points obtenus (fig. 3) s'alignent approximativement sur des droites dont nous avons calculé les équations.

avril 1972 (29,9°)	R = -0,254 H + 4,161	r = -0,979
avril 1973 (26,1°)	R = -0,138 H + 2,158	r = -0,991
février 1973 (22,1°)	R = -0,075 H + 1,236	r = -0,986
janvier 1972 (19,5°)	R = -0,061 H + 1,194	r = -0,971

Cette décroissance linéaire de R en fonction du temps n'est vraisemblablement pas rigoureusement exacte. En effet, il a été montré par des expériences fines réalisées en laboratoire que l'évacuation gastrique était en réalité une fonction exponentielle du temps (WINDELL, 1966; TYLER, 1970; ELIOT, 1972, etc.). Ces expériences menées sur des poissons à jeun auxquels on fait ingérer une quantité de nourriture exactement connue ne sauraient être comparées à notre travail de terrain dont les résultats présentent une dispersion importante. Nous admettons donc que la valeur absolue des pentes des droites de régression représente bien la vitesse de transit stomacal comme l'ont également admis MORIARTY et MORIARTY (1973) dans un travail similaire. Certains auteurs, KITCHELL et WINDELL (1968), TYLER (1970), ELIOT (1972) ont montré que pour des poissons carnivores ou omnivores, à température constante, le taux d'évacuation stomacal augmente quand la ration proposée est plus importante. Le taux de transit serait donc dépendant de la quantité de nourriture présente dans l'estomac. Nous avons cherché à vérifier ce fait sur *S. galilaeus* en avril 1972. La vitesse de transit stomacal a été estimée sur des poissons pris à différentes heures du cycle alimentaire : 15 heures 30 (R = 2,83 %), 18 heures (R = 4,05 %) et 3 heures (R = 2,19 %). Les résultats (tabl. IV, fig. 4) permettent de constater que les vitesses de transit stomacal ne sont pas sensiblement différentes. En effet les pentes des droites de régression correspondantes sont voisines :

15 h 30 (R = 2,83 %)	R = -0,245 H + 2,819	r = -0,977
18 h (R = 4,05 %)	R = -0,254 H + 4,161	r = -0,979
3 h (R = 2,19 %)	R = -0,248 H + 2,071	r = -0,986

Il semble donc que chez ce poisson phytophage la vitesse de transit stomacal ne dépende pas du taux de remplissage de l'estomac et qu'elle soit sensiblement constante tout au long du cycle alimentaire. Cette dernière particularité n'a pas été constatée par MORIARTY et MORIARTY (1973) sur *S. niloticus*. Ces auteurs trouvent en effet que la vitesse de transit stomacal est plus importante dans la partie ascendante de la courbe de réplétion.

TABLEAU IV

Évolution du coefficient de réplétion (R) de *S. galilaeus*, en fonction du temps (H) passé dans le bac de stabulation pour des poissons pris à différentes heures du cycle alimentaire au mois d'avril 1972. (N est le nombre de poissons sacrifiés)

début de l'expérience	H	0	+3	+5	+7	+9
15 h 30	N	10	10	10	10	12
	R	2,83 ± 0,12	2,27 ± 0,18	1,31 ± 0,11	1,05 ± 0,13	0,74 ± 0,07
18 h 00	H	0	+3	+6	+11	+15
	N	19	11	13	12	16
	R	4,05 ± 0,22	3,20 ± 0,33	2,92 ± 0,20	1,74 ± 0,18	ε
03 h 00	H	0	+2	+4	+6	+8
	N	15	15	15	15	18
	R	2,19 ± 0,13	1,50 ± 0,11	0,89 ± 0,10	0,70 ± 0,10	0,10 ± 0,04

D'autre part ils ont remarqué que *S. niloticus* cesse de manger quand R atteint son maximum. Il semble que pour *S. galilaeus* ce phénomène ne se produise que pour les températures les plus élevées. En effet les pentes (a1) des droites caractérisant le transit stomacal et celles (a2) caractérisant la partie descendante des courbes de réplétion sont différentes, sauf pour une température variant entre 29,9 et 30,4 °C.

T en °C	a1	a2
29,9 — 30,4	0,254	0,257 (R = - 0,255 H + 4,101 r = - 0,988)
26,1 — 26,4	0,138	0,126 (R = - 0,126 H + 2,254 r = - 0,999)
22,1 — 22,3	0,075	0,039 (R = - 0,039 H + 1,378 r = - 0,995)
19,5 — 19,7	0,061	0,026 (R = - 0,026 H + 1,218 r = - 0,993)

Il est donc probable que pour les hautes températures (environ 30°) le poisson cesse effectivement de manger lorsque son estomac est rempli. Pour les températures plus basses on constate que a1 est toujours supérieur à a2 et d'autant plus que les températures sont plus basses. Ceci revient à dire que le poisson continue à se nourrir dans la partie descendante de la courbe de réplétion avec d'autant plus d'intensité que les températures sont plus basses.

Les différents arguments que nous venons de développer nous paraissent assez convaincants pour admettre que le transit stomacal est continu et uniforme sur toute la durée du cycle alimentaire. La ration journalière (Rj) exprimée en % du poids du corps sera alors égale à 24 fois la vitesse du transit stomacal (quantité de nourriture qui passe de l'estomac dans l'intestin en 1 heure), soit pour les différentes températures :

T °C	Rj (% du poids du corps)
29,9	6,1

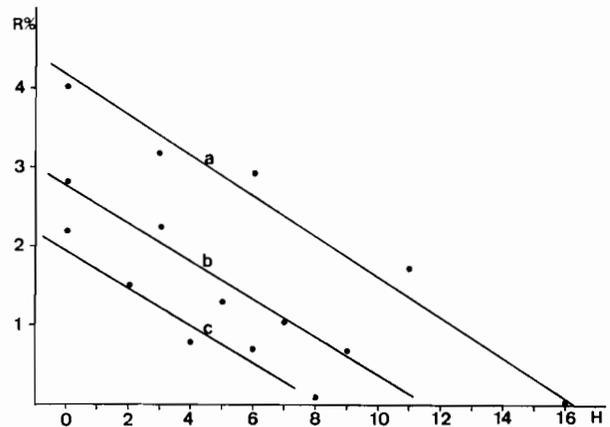


Fig. 4. — Vitesse de transit stomacal en fonction du taux de remplissage de l'estomac, chez *Sarotherodon galilaeus* en avril 1972 pour des températures identiques. (R % : coefficient de réplétion ; H : nombre d'heures passées dans les bacs de stabulation) ; a : R = 4,0 % ; b : R = 2,8 % ; c : R = 2,2 %. Relationship between R % and time (H) in *Sarotherodon galilaeus* (April, 1972) at same temperature and different degrees of stomach fulness (a : R = 4,0 %, b : R = 2,8 %, c : R = 2,2 %).

26,1	3,3
21,1	1,8
19,5	1,5

Il apparaît nettement que plus la température est élevée plus la ration journalière est forte. Si l'on porte sur un graphique (fig. 5a) la valeur de la ration journalière en fonction de la température, la courbe représentative a une allure exponentielle. Par transformation logarithmique des données on obtient

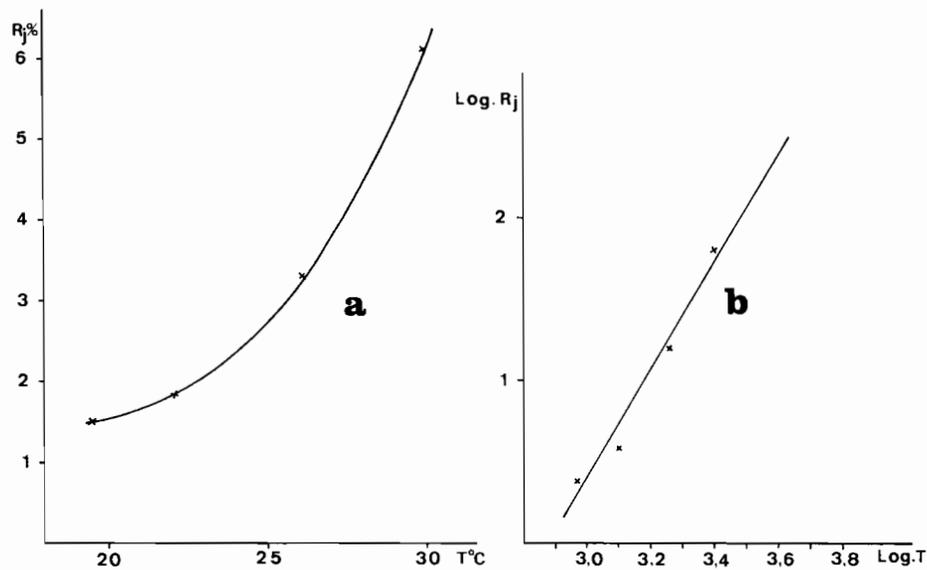


Fig. 5. — Évolution de la ration journalière de *Sarotherodon galilaeus* (R_j : %) en fonction de la température de l'eau (T : °C) ; a : d'après les données expérimentales ; b : après transformation logarithmique.
Relationship between daily food consumption (R_j : %) and water temperature (T : °C) ; a : arithmetic scale ; b : logarithmic scale.

TABLEAU V

Coefficients de condition (K) de *S. galilaeus* aux différentes périodes d'étude

Périodes	Sexes	N	K
janvier 72 T = 19,0°C	♂	101	5,00 ± 0,06
	♀	91	5,04 ± 0,06
	♂+♀	192	5,02 ± 0,04
février 73 T = 19,5°C	♂	84	4,87 ± 0,07
	♀	69	4,90 ± 0,07
	♂+♀	153	4,88 ± 0,05
avril 72 T = 28,2°C	♂	127	5,17 ± 0,08
	♀	118	5,21 ± 0,08
	♂+♀	245	5,19 ± 0,06
avril 73 T = 28,1°C	♂	89	5,16 ± 0,07
	♀	92	5,19 ± 0,06
	♂+♀	181	5,17 ± 0,05

une droite (fig. 5b) dont nous avons calculé l'équation : $\log R_j = 3,334 \log T - 9,609$ ou $r = 0,982$.

Cette relation nous permettra de calculer, pour une température donnée, la ration journalière d'un poisson de poids connu. Les poissons pêchés en saison froide (janvier 72 et février 73) présentent des coefficients de condition (tabl. V), inférieurs à ceux pêchés en saison chaude (avril 72 et avril 73). Il semble donc que K soit directement fonction de la quantité de nourriture absorbée. Nous remarquerons également que le coefficient de condition des femelles est toujours légèrement supérieur à celui des mâles.

2.3. Taux de conversion, coefficient nutritionnel, coefficient énergétique de croissance

Nous rappellerons que le taux de conversion de la nourriture est le rapport entre l'accroissement de poids du poisson pendant un temps donné et le poids de la nourriture absorbée pendant ce même temps. Les poissons ayant servi au calcul des rations journalières sont en grande majorité des poissons de 3^e et 4^e année utilisés en mélange. Ces rations sont donc des moyennes valables pour l'ensemble de ces poissons. Aussi, plutôt que de calculer le taux de conversion pour l'un ou l'autre de ces 2 groupes de poissons nous avons préféré le calculer pour une période de 2 ans, c'est-à-dire du début de la troisième année à la fin de la quatrième.

Les rations mensuelles ont été calculées de janvier 1972 à décembre 1973 et cumulées pour l'ensemble des 2 années.

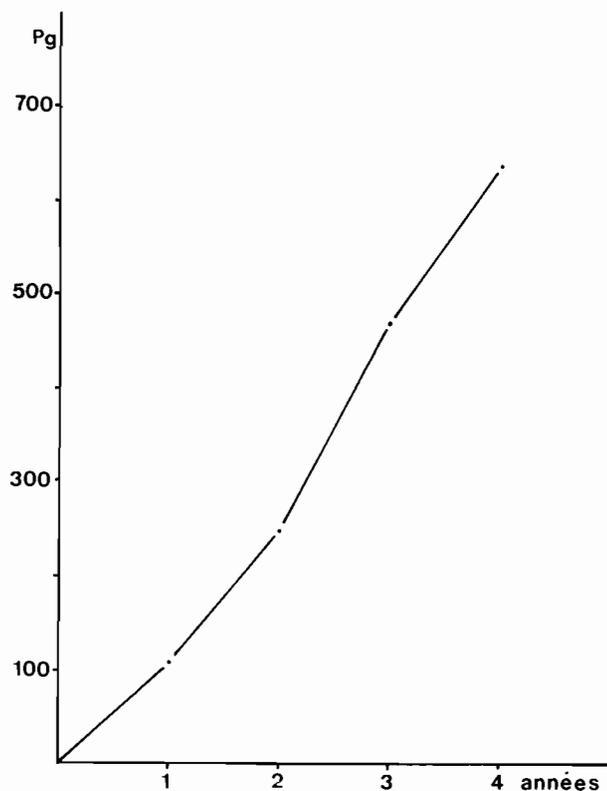


Fig. 6. — Croissance pondérale de *Sarotherodon galilaeus* dans le lac Tchad (d'après LAUZANNE, 1978).
Weightgrowth of *Sarotherodon galilaeus* in lake Chad (after LAUZANNE, 1978).

La ration mensuelle a été obtenue en multipliant la ration journalière par le nombre de jours du mois considéré. La ration journalière moyenne a été déduite de la formule : $\log R_j = 3,334 \log T - 9,609$, précédemment établie, en utilisant la température moyenne mensuelle et le poids moyen du poisson pour le mois considéré.

Les températures moyennes mensuelles ont été calculées (LEMOALLE, 1976) à partir des températures journalières repérées à 6 h et 18 h à Bol dans l'archipel de l'est :

	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
1972	19,0	20,6	24,5	28,2	30,1	30,7	30,2	29,9	29,9	27,6	19,2	18,7
1973	19,5	22,0	23,9	28,1	28,8	30,7	30,1	30,2	30,9	25,9	20,7	19,9

Le poids moyen d'un poisson (P) atteint pour chaque mois de l'année (m) a été déduit des deux équations suivantes :

$$3^{\text{e}} \text{ année } P = 19,818 m + 228,181$$

$$4^{\text{e}} \text{ année } P = 15,636 m + 450,363$$

Ces deux relations ont été calculées à partir des

données de croissance (fig. 6 ; LAUZANNE, 1978), en considérant que celle-ci était grossièrement linéaire pour chacune des 3^e et 4^e années.

La ration pour le mois d'avril 1972 par exemple, se calculera de la façon suivante :

$$P (\text{avril}) = 19,818 \times 4 (\text{avril}) + 228,181 = 307 \text{ g}$$

$$\log R_j = 3,334 \times 3,339 (\log 28,2) - 9,609 = 1,523. \text{ D'où l'on tire :}$$

$$R_j = 4,586 \%$$

La ration journalière exprimée en g de phyto-

plancton sera de : $\frac{4,586 \times 307}{100} = 14,08 \text{ g}$, et la ration mensuelle pour avril 1972 de $14,08 \times 30 = 422 \text{ g}$ de phytoplancton. Du début de la troisième à la fin de la quatrième année, le poids de *S. galilaeus* passe de 248 g à 638 g (fig. 6, LAUZANNE, 1978), soit un accroissement (ΔB) de 390 g. Le poids de nourriture ingérée (C) pendant le même temps, calculé par la méthode précédemment décrite est de 12 707 g.

Le taux de conversion de la nourriture ($\frac{\Delta B}{C} \%$), calculé à partir des poids frais est de 3,07 % et le coefficient nutritionnel inverse du précédent ($\frac{C}{\Delta B}$) de 32,58. En d'autres termes, le poisson utilise pour sa croissance seulement 3,07 % de la nourriture absorbée. Ou encore, 32,58 g de phytoplancton sont nécessaires à l'élaboration de 1 g de poisson.

En toute rigueur, le taux de conversion devrait être calculé en tenant compte du poids des produits génitaux émis lors de chaque période de reproduction. L'époque du maximum de reproduction se situe en janvier (LAUZANNE, 1978) c'est-à-dire à un poids moyen de 248 g pour janvier 1972 et 466 g pour janvier 1973. Pour les mâles, le poids des produits génitaux a été calculé par la formule de PETERS (1971) : $P_t = 0,0015 P + 0,069$ où P_t est le poids des testicules et P celui du poisson.

Pour les femelles, le poids des ovaires évalué pour 15 poissons a été trouvé égal à $3,14 \pm 0,71 \%$ du poids du corps.

Le taux de conversion calculé en tenant compte des produits sexuels est de 3,24 % pour les femelles et de 3,08 % pour les mâles. Les produits génitaux de faible poids chez *S. galilaeus*, ne modifient donc pas sensiblement le taux de conversion calculé sans en tenir compte.

La matière fraîche ayant servi au calcul du taux de conversion est en fait constituée d'eau, de cendres (sels minéraux) et de matière organique seule énergétique. La connaissance des relations existant entre ces différents constituants et celle des équivalents caloriques de la matière organique nous permettront

de calculer le taux de conversion à partir des poids secs, de la matière organique, ainsi qu'en termes d'énergie. Des études calorimétriques (LAUZANNE, 1978) nous ont permis de connaître ces différents paramètres :

	Phytoplancton <i>S. galilaeus</i>	
matière sèche en % du poids frais..	14,8	: 26,4
matière organique en % du poids sec.....	36,4	76,5
cal/g de matière organique.....	3489	5746

Le coefficient nutritionnel et le taux de conversion ont été alors calculés. Le taux de conversion évalué en terme d'énergie prend le nom de coefficient énergétique de croissance (K1).

	Coefficient nutritionnel	Taux de conversion (%)
poids frais.....	32,6	3,1
poids secs.....	18,3	5,5
matière organique.....	8,7	11,5
calories.....	5,3	18,9 (K1)

Si ces divers coefficients peuvent avoir leur utilité, notamment en pisciculture, seul le coefficient énergétique de croissance rend compte des avatars de l'énergie quand celle-ci passe d'un niveau trophique à un autre. De plus ce dernier coefficient permet seul de comparer l'efficacité des transferts d'énergie chez diverses espèces de poissons consommant différents types de nourriture.

DISCUSSION ET CONCLUSION

A notre connaissance il n'existe aucun autre travail portant sur l'évaluation du coefficient énergétique de croissance (K1) chez *Sarotherodon galilaeus*. Seules des valeurs de rations journalières sont données par SPARATU et ZORN (1976), pour des poissons du lac Kinneret. Le poids frais de phyto-

plancton ingéré (essentiellement *Peridinium cinctum*) varie de 3,5 à 6 % du poids du poisson selon les saisons. La valeur maximum est identique à celle que nous avons déterminée, mais la valeur minimum est plus élevée au lac Kinneret qu'au lac Tchad (3,5 % contre 1,5 %).

MORIARTY et MORIARTY (1973) travaillant sur *S. niloticus* du lac George présentent des résultats exprimés en poids de carbone. Ainsi un poisson, en un mois, passe de 95 à 125 g, ce qui correspond à une croissance de 30 g soit 2,5 g de carbone. Pendant le même temps, il absorbe 52,0 g de phytoplancton (poids sec) soit 17,1 g de carbone. Le coefficient K1 calculé à partir des poids de carbone est donc de 14,9 %. Nous ignorons dans quelle mesure cette valeur peut être comparée à celle que nous avons déterminée. Les seuls résultats calculés à partir d'équivalents caloriques que nous ayons trouvés dans la littérature sont donnés par MIRONOVA (1974, 1975) et concernent *Tilapia mossambica* nourri avec une protococcale, *Kirchneriella obesa*. Pour des poissons de 5 à 6 mois d'âge, la valeur de K1 est de 22,2, c'est-à-dire sensiblement du même ordre de grandeur que celle des *S. galilaeus* du Tchad.

Quoi qu'il en soit, ces diverses valeurs, trouvées pour des poissons phytoplanctophages, sont basses et témoignent d'une mauvaise utilisation de la nourriture ingérée. Ceci vient sans doute du fait que les algues sont mal digérées par les poissons phytoplanctophages comme l'a montré LEFÈVRE (1939). Cet auteur, ensemençant des milieux appropriés avec des excréments de carpe et de gardon, a en effet constaté qu'il s'y développaient d'abondantes colonies, c'est-à-dire que de nombreuses algues traversaient le tube digestif de ces poissons sans subir de préjudice.

Manuscrit reçu au Service des Publications de l'O.R.S.T.O.M.,
le 2 mars 1978.

BIBLIOGRAPHIE

- BAJKOV (A. D.), 1935. — How to estimate the daily food consumption of fish under natural conditions. *Trans. Amer. Fish. Soc.*, 65 : 288-289.
- DAVIS (G. E.), WARREN (C. E.), 1968. — Estimation of food consumption rates, 204-225, in : *Methods for assessment of fish production in fresh-waters*. Ed. by RICKER (N. E.) *Blackwell Scientific Publications*, Oxford and Edinburgh, 313 p.
- ELLIOTT (J. M.), 1972. — Rates of gastric evacuation in brown trout *Salmo trutta* L. *Freshwat. Biol.*, 2 : 1-18.
- FORTUNATOVA (K. R.), 1940. — On methods for quantitative study of the dynamics of feeding of marine predacious fishes. *Dolk. Acad. Nauk. S.S.S.R.*, 29 : 244-248.
- IVLEV (V. S.), 1939. — The energy balance of the growing larva of *Silurus glanis*. *Dolk. Acad. Nauk. S.S.S.R., new ser.*, 25 : 87-89.
- IVLEV (V. S.), 1961. — Experimental ecology of the feeding of fishes. *Yale Univ. Press*, New Haven, Conn., 302 p.
- KITCHELL (J. F.), WINDELL (J. T.), 1968. — Rates of gastric digestion in pumpkinseed sunfish, *Lepomis gibosus*. *Trans. Amer. Fish. Soc.*, 97 : 489-492.
- LAUZANNE (L.), 1978. — Croissance de *Sarotherodon galilaeus* (Pisces, Cichlidae) dans le lac Tchad, *Cybiurn*, 3 : 5-14.
- LAUZANNE (L.), 1978. — Équivalents caloriques de quelques poissons et de leur nourriture. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Hydrobiol.*, vol. XII, n° 1 : 89-92.
- LAUZANNE (L.), ILTIS (A.), 1975. — La sélection de la nourriture chez *Tilapia galilaea* (Pisces, Cichlidae) du lac Tchad. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Hydrobiol.*, vol. IX, n° 3 : 193-199.
- LEBEDEV (N. V.), 1967. — Elementary populations of fish. Traduit du russe par Israel Program for Scientific Translation, Jerusalem, 1969, 224 p.
- LEFEVRE (M.), 1939. — Contribution à la connaissance de la nutrition chez les poissons, algues d'eau douce indigestes. *Bull. Franç. Pisc.*, 119 : 1-4.
- LEMOALLE (J.), 1976. — Éléments sur la température des eaux du lac Tchad à Bol. O.R.S.T.O.M., N'Djamena, 30 p. *multigr.*
- MIRONOVA (N. V.), 1974. — The energy balance of *Tilapia mossambica*. *J. Ichtyol.*, 14, 3 : 431-438.
- MIRONOVA (N. V.), 1975. — The nutritive value of algae as food for *Tilapia mossambica*. *J. Ichtyol.*, 15, 3 : 510-514.
- MORIARTY (C. M.), MORIARTY (D. J. W.), 1973. — Quantitative estimation of the daily ingestion of phytoplankton by *Tilapia nilotica* and *Haplochromis nigripinnis* in lake George, Uganda, *J. Zool. Lond.*, 171 : 15-23.
- MORIARTY (D. J. W.), MORIARTY (C. M.), 1973. — The assimilation of carbon from phytoplankton by two herbivorous fishes : *Tilapia nilotica* and *Haplochromis nigripinnis*. *J. Zool. Lond.*, 171 : 41-55.
- PETERS (H. M.), 1971. — Testis weights in *Tilapia* (Pisces, Cichlidae). *Copeia*, 1 : 13-17.
- SPARATU (P.), ZORN (M.), 1976. — Some aspects of natural food and feeding of *Tilapia galilaea* (Artemis) and *Tilapia aurea* Steindachner in lake Kinneret. *Bamidgeh*, 28 : 1-2, 12-17.
- TYLER (A. V.), 1970. — Rate of gastric emptying in young cod. *J. Fish. Res. Board Can.*, 27 : 1177-1189.
- WARREN (C. E.), DAVIS (G. E.), 1967. — Laboratory studies on the feeding bioenergetics and growth of fish, 175-214, in : *The biological basis of fresh water fish production*. Ed. by Gerking (S. D.). *Blackwell Scientific Publications* Oxford and Edinburgh, 495 p.
- WINBERG (G. G.), 1956. — Rate of metabolism and food requirements of fishes. Traduit du russe par : *J. Fish. Res. Board Can., trans. ser.*, 194 (1960), 253 p.
- WINDELL (J. T.), 1966. — Rate of digestion in the bluegill sunfish. *Invest. Indiana Lakes Streams*, 7 : 71-84.
- WINDELL (J. T.), 1968. — Food analysis and rate of digestion, 197-203. In : *Methods for assessment of fish production in fresh water*. Ed. by Ricker (W. E.). *Blackwell Scientific Publications*, Oxford and Edinburgh, 313 p.