

RECHERCHES SUR L'ASSIMILATION, PAR LA TRUITE ARC-EN-CIEL, DE LA NOURRITURE NATURELLE ET ARTIFICIELLE A DIFFÉRENTS AGES ET DANS DIVERSES CONDITIONS

Par le Docteur W.-O. CORNELIUS

Attaché à la Station régionale prussienne de pêche de Berlin-Friedrichshagen.

(Suite) ⁽¹⁾

C. — RECHERCHES SUR LE QUOTIENT ALIMENTAIRE

I. — Influence de la nourriture sur l'allure du développement

Pour répondre à la première des questions de notre programme, à savoir l'assimilation par la Truite arc-en-ciel des diverses sortes d'aliments, nous avons opéré, d'une part, sur des lots de 1.500 tout jeunes sujets, encore vésiculés, commençant à s'alimenter, d'autre part, sur des individus isolés âgés de 1 et 2 étés.

A. — Alevins de 4-6 semaines.

On a expérimenté la nourriture naturelle et la nourriture artificielle.

Avec les *Daphnies* cinq séries d'épreuves, d'une durée de 8 à 15 jours, ont été effectuées entre le 27 Mai et le 30 Juin 1932.

Pour les trois premières on avait : — T = 13° C. ; — O = 7,5 mmg ; p. l. ; — N = 0,332-0,372 gr.

On obtint : — Q. A. = 5-5,3 ; — R. P. = 20,8-25 % (2). C'est dire que la petite Arc-en-Ciel qui va résorber sa vésicule a besoin d'environ 5 milligrammes de *Daphnies* pour prendre un milligramme et consomme journellement 22 %, en moyenne, de son propre poids.

Pour les deux dernières expériences, qui suivirent immédiatement les précédentes, les caractéristiques furent : — T = 17° ; — O = 8,2 ; — N = 2,19.

On eut : — Q. A. = 6,3-6,5 ; — R. P. = 38-38,4 %. Le facteur ther-

(1) Voir n° 76, Octobre 1934, p. 85.

(2) Dans tout ce qui suit : — T représente la température de l'eau exprimée en degrés centigrades ; — O : sa teneur en oxygène dissous exprimée en milligrammes par litre ; — N : la quantité de nourriture consommée pendant la durée de l'expérience, exprimée en grammes ; — Q. A. : le quotient alimentaire ; — R. P. : la ration quotidienne proportionnelle.

mique étant le seul qui eût changé de façon appréciable, son influence stimulatrice est manifeste.

On notera que la durée variable des essais est sans importance du moment où la Truite Arc-en-Ciel, à l'inverse du Brochet, a un appétit régulier et ne s'accommode point du jeûne.

Avec la *rate* trois expériences eurent lieu à la même époque que les précédentes.

Pour : — T = 13° ; — O = 7,4-7,7 ; — N = 0,260-0,294 ; — on dégagea : — Q. A. = 3,1-3,5 ; — R. P. = 16-17 %. L'alevin trouve ainsi, dans 3 milligrammes de *rate*, ce qu'il lui faut pour engraisser d'un milligramme, en absorbant par jour, approximativement, le 1/6° de son poids.

B. — Sujets de 1-2 étés.

Ici encore on a étudié séparément les aliments naturels et artificiels, renouvelés aussi souvent que le besoin s'en faisait sentir, de telle sorte que les pensionnaires des aquariums trouvassent toujours à satisfaire leur appétit.

Avec es *Gammarides* (Crevettes d'eau douce), quatre expériences, entre le 4 Janvier et le 11 Mars, portant sur des poissons de 3,2 à 12,5 gr., pour T = 9°-9°3 ; — O = 9,1-10 ; — N = 4,4-22,5 ; ont donné : — Q. A. = 3,3-4,3 ; — R. P. = 3,5-6 %. Les moyennes sont respectivement 3,9 et 3,7 %, en laissant de côté l'une d'entre elles à raison de la voracité particulière de la Truite qu'elle concerne.

Avec les *Chironomides* (Vers de vase), pour T = 9°-9°3 ; — O = 9,1-9,7 ; — N = 9,4-27,2 ; — Q. A. = 4-4,8 ; — R. P. = 6,7-8,3 %. Moyennes de quatre expériences contemporaines des précédentes, portant sur des poissons de 4,15 à 8,05 gr. : — Q. A. = 4,4 ; — R. P. = 7,4 %.

Avec un mélange de *Gammarides*, *Daphnides*, *Trichoptères*, *Ephémérides* et *Chironomides*, deux épreuves, entre le 6 et le 27 Mai 1932, portant sur des poissons de 11,5 et 25,3 gr., ont donné des résultats remarquablement concordants. Pour T = 15° ; — O = 8 ; — N = 30-48,2 ; — on a enregistré : — Q. A. = 5,8 ; — R. P. = 9-10 %. Ici encore se remarque l'influence du facteur thermique. Par ailleurs, on a pu observer que les sujets d'expérience, en présence d'animalcules variés, ne manifestaient aucune préférence, mais avalaient ceux qui attiraient davantage leur attention et, dans la règle, les plus voisins. Cette indifférence fut vérifiée par la suite en servant des repas mixtes à deux Truites préalablement habituées à se repaître, l'une de Crevettes d'eau douce, l'autre de Vers de vase. Il apparut que l'une ni l'autre n'avaient contracté d'habitude ; elles gobaient ce qui se présentait.

En distribuant de *petits poissons blancs* (Gardon, Brème, Ablette) entre le 5 Avril et le 1^{er} Juillet, à trois poissons de 24,1-42,7 gr., pour $T = 10^{\circ}$; — $O = 9,7-10,4$; — $N = 15,85-19,65$; — on a obtenu : — Q. A. = 2,30-3,17 ; — R. P. = 4-5 %.

En nourrissant avec des *alevins d'Arc-en-Ciel*, entre le 18 Juin et le 29 Juillet, cinq poissons de cette même espèce pesant de 9,2-100 gr., pour $T = 17^{\circ}-17^{\circ},2$; — $O = 8-9$; — $N = 10-43$; — les valeurs suivantes ont été calculées : — Q. A. = 5,3-6,1 ; — R. P. = 7-8 % ; les moyennes ressortant à 6 et à 7,6 %. On voit encore mieux ici, par comparaison avec l'expérience précédente, combien la chaleur défavorise l'assimilation ; à une hausse de 7° C. correspond plus qu'un doublement du quotient, par contre l'appétit est stimulé, car la ration est majorée d'un tiers.

Il ressort de ce qui précède que le poisson est, pour l'Arc-en-Ciel, la nourriture la meilleure ; il n'y a pas besoin ici d'accoutumance et on peut voir des alevins de deux mois se précipiter d'emblée sur du fretin de Gardon quand il leur en est offert.

Les essais d'alimentation artificielle au moyen de *rate* ont présenté quelque difficulté, car au bout d'un court séjour dans l'eau, elle s'altère, s'hydrate, ce qui ne permet pas de déduire correctement le poids des quantités non consommées. Aussi étendait-on la pulpe sur un tesson de porcelaine, les Truites la becquetaient ; dès qu'une portion ainsi présentée cessait d'être recherchée, on la retirait pour la peser. Il était servi, de la sorte, quatre repas par jour.

Dans ces conditions, pour quatre Arc-en-Ciel de 14 à 39,7 gr., entre le 21 et le 30 Juin, et pour $T = 14^{\circ}-14^{\circ},2$; — $O = 9-9,3$; — $N = 20,77-26,42$; — on a obtenu : — Q. A. = 2,8-3,1 ; moyenne : 2,9 ; — R. P. = 9-13 % ; moyenne 10 %.

II. — Influence de la température sur le quotient.

On ne trouve dans la littérature que des renseignements peu concordants au sujet de l'influence de la chaleur sur l'assimilation de la nourriture par l'Arc-en-Ciel ; c'est ainsi qu'elle serait optima à $12^{\circ}-14^{\circ}$ d'après HOFER, à 15° d'après BUSCHKIEL (1) et à 20° d'après SMOLIAN (2).

Ayant institué des expériences poursuivies sans interruption de Mars à Juin, il m'a été possible de me rendre compte des variations du quotient et de la ration, entre $6^{\circ},8$ et $19^{\circ},2$. En outre une épreuve a eu lieu à 3° , l'aquarium étant refroidi par un entourage de blocs de glace ; une autre à 24° en le chauffant par-dessous.

Voici les résultats obtenus :

(1) Salmonidenzucht in Mitteleuropa ; — Schweitzerbart, Stuttgart, 1931, pp. 283-286.
(2) Merkbuch der Binnenfischerei ; — tome I, p. 86. — Denfer et Nicolas, Berlin, 1920.

Température °C.	QUOTIENT ALIMENTAIRE			RATION PROPORTIONNELLE		
	Minimum	Maximum	Moyenne	Minimum	Maximum	Moyenne
3	— 8,7	26,9	»	1 ‰	3 ‰	1,8 ‰
6,8	3,4	7,4	5,4	3	5	3,7
9,2	3,3	4,3	3,9	3,3	6	3,7
11,1	3,9	6,1	5	6	8	7
15,2	5,4	6,9	6	8	11,6	9,8
19,2	6,4	7,7	7	8,7	12,6	10,7
24	7,3	7,7	7,5	6	7	6,5

A 3°, les variations du quotient sont fort étendues ; il advient qu'il soit négatif ; donc, à cette basse température, l'alimentation est occasionnellement insuffisante pour entretenir le cycle normal des échanges vitaux ; il ne saurait être question de dégager une moyenne.

A 6°,8 l'écart entre le maximum et le minimum est encore considérable, le premier s'élevant à plus du double du second.

A 9°,2 il est notablement plus faible ; comme il augmente par la suite et que sa valeur moyenne (3,9) est la plus basse de toutes, il s'en déduit qu'on est à l'optimum de la température écologiqu.

Pour 11,1°, 15,2°, 19,2° et 24° les quotients croissent progressivement, c'est dire que les conditions d'assimilation deviennent de plus en plus médiocres. Et il n'y a pas à pousser les observations davantage puisque les sujets d'expérience ne supporteraient pas des températures plus fortes.

Quant à la ration proportionnelle, elle croît avec la température jusqu'à 19° environ, valeur optima.

Bref, l'assimilation de la nourriture s'effectue dans les conditions les plus favorables vers 9°, soit à une température sensiblement plus basse qu'on ne l'admettait jusqu'ici ; il est, néanmoins, vraisemblable que, pour l'exploitation économique, l'optimum se situe entre 9° et 19°.

A température égale le quotient des jeunes alevins et celui des sujets de 2 étés ne diffèrent pas sensiblement, alors que la ration est beaucoup plus forte pour ceux-ci que pour ceux-là. Par conséquent, le quotient ne croît pas avec l'âge du poisson comme l'a avancé SMOLIAN (1), cette correspondance se manifeste seulement pour les sujets parvenus à un certain degré de développement.

A température égale, toujours, les aliments pour lesquels le quotient est le plus avantageux sont ceux pour lesquels la proportion d'albumine (protéine) est la plus faible et dont aussi la valeur thermogène est la plus grande.

(1) *Loco citato.*

III. — Influence de l'oxygène dissous sur le quotient.

Aucun auteur ne semble avoir, jusqu'ici, étudié méthodiquement le rapport entre l'aération de l'eau et l'alimentation du poisson. SMOLIAN donne seulement, pour l'Arc-en-Ciel, 2,15 mmg. par litre comme teneur minima et 10-11 mmg. comme teneur normale. Cette dernière indication est confirmée par BUSCHKIEL (1).

Pour être renseigné, nous avons étudié, du 25 au 29 Juillet, le comportement de six Truites d'un poids variant de 41,5 à 100 gr., nourries d'alevins, séparément installées dans des aquariums identiques de 40 litres, où l'eau était à 17°.

Pour deux d'entre eux, pas d'intervention ; la valeur de O y fut, en moyenne, de 3,8 avec un minimum de 3,2 et un maximum de 4,5. Dans ces conditions : — Q. A. = 8,4 ; — R. P. = 6,3 %.

Dans deux autres bacs on aéra fortement au moyen d'un injecteur. Dans ces conditions les variations de O furent très limitées et comprises entre 9 et 9,2 ; moyenne : 9,1. Alors : — Q. A. = 5,6 ; — R. P. = 7,2 %.

Enfin, dans les deux derniers aquariums, on diffusa de l'oxygène comprimé, d'où O = 15,5-20, et, en moyenne, 17,8. Il s'ensuit une forte réduction de Q. A. = 2,3 ; — R. P. = 8,2.

Bien que les expériences, difficiles à conduire, n'aient duré que 4 jours 1/2, elles sont cependant concluantes, les quantités de nourriture absorbées et les accroissements correspondants ayant été appréciables. Il s'en dégage la certitude que le quotient croît avec la teneur en oxygène dissous tandis que la ration décroît. La nourriture consommée profite donc d'autant mieux au poisson que sa respiration est plus active.

On remarquera que les résultats les plus favorables ont été obtenus avec O = 17,8, ce qui ne peut se rencontrer dans la nature.

Des essais avaient été faits avec des doses d'oxygène plus faibles ou plus fortes que celles susindiquées, mais les poissons ne les ont pas supportées.

IV. — Influence de la fréquence des repas sur le quotient

Ici encore les expériences ont porté sur trois couples de Truites de 35,4 à 45,2 gr., isolées dans des aquariums de 40 litres, avec T = 14°-14°2 ; — O = 8,4-8,6. Elles ont duré du 21 au 28 Juin.

La nourriture distribuée était de la pulpe de rate, présentée comme il a été dit plus haut.

Pour un repas par jour : — N = 15,1-16,5 ; — Q. A. = 4,3-5,5, en moyenne : 4,8 ; — R. P. = 6 %.

Pour deux repas quotidiens : — N. = 22,6-23,7 ; — Q. A. = 3,9-4,3, en moyenne : 4,1 ; — R. P. = 7,2 %.

Pour trois repas : — N = 24,1-28 ; — Q. A. = 2,7-3, en moyenne : 2,8 ; — R. P. = 9 %.

(1) Salmonidenzucht in Mitteleuropa. — *Vide supra*.

Si on rapproche ces derniers résultats de ceux obtenus avec de la rate mise en permanence à la disposition des poissons (1), on voit qu'ils sont très peu différents. C'est dire qu'avec une triple distribution le régime alimentaire est normal. Il n'est pas satisfaisant avec deux et moins encore avec un unique repas.

Le fait que le quotient s'élève sensiblement quand les distributions de nourriture sont espacées s'explique par ce fait que, dans la règle, la nourriture est utilisée avant tout pour l'entretien des fonctions vitales, c'est seulement quand leur part est prélevée que le surplus sert pour la croissance. D'après SCHÄPERCLAUS (2), pour la Truite comme pour d'autres Vertébrés, les besoins physiologiques se satisfont de même, que l'alimentation soit insuffisante ou surabondante. Aussi, dans la première hypothèse, les réserves de l'organisme sont-elles mises à contribution.

Comme on le verra ci-après (3), la rate est digérée au bout de 6 à 7 heures ; il s'en déduit que son emploi ne permet un développement normal du poisson que s'il en est fait au moins trois distributions par jour.

Cette nécessité s'explique encore par cette raison que la Truite mange aussi bien dans l'obscurité qu'à la lumière. Je m'en suis assuré en nourrissant copieusement avec des Gammarides durant le jour. Le soir venu, les Crevettes non consommées étaient enlevées et remplacées par une bonne ration de Vers de vase. Dès l'aube l'aquarium était visité et il était facile de se rendre compte que les larves de Chironomides avaient, en partie au moins, disparu ; la quantité de nourriture prise durant la nuit se révéla relativement équivalente à celle absorbée de jour.

V. — *Durée de la digestion des divers aliments.*

Pour connaître la durée de la transformation en chyme de la nourriture ingérée, sur un lot de Truites Arc-en-Ciel ayant participé à un même repas, deux sont sacrifiées chaque heure pour examen du contenu stomacal.

Il fut ainsi constaté que, pour des truitelles avalées par des congénères plus âgées, au bout de 2 heures les nageoires et la peau présentaient un commencement d'altération. Après 5 heures, les nageoires, la peau et les yeux ont disparu, la cavité abdominale est ouverte. Après 7 heures toutes les parties du corps sont fortement attaquées. Après 8 heures le cadavre s'émiette quand on le touche. Enfin, au bout de 11 heures on ne discerne plus que de menus fragments qui, une heure plus tard, ont fondu.

Bref, la digestion de petits poissons entiers exige 11 à 12 heures.

Pour les autres aliments, voici les résultats des observations faites, soit par nous, soit par WOHLGEMUTH (4).

(1) Voir plus haut, p. 119.

(2) *Loco citato.*

(3) Voir p. 123.

(4) *Untersuchungen über die Verdaulichkeit verschiedener Brutfuttermittel. — Allgemeine Fischerei Zeitung, Augsburg ; — 1915, p. 271.*

Foie	7	à 8 heures.
Rate	6	à 7 —
Chair de poisson	5	à 6 —
Crevettes	5	à 6 —
Larves d'insectes	4	à 5 —
Daphnies	3 1/2	à 4 h. 1/2.

D. — COMPARAISON DU QUOTIENT ALIMENTAIRE
DE LA TRUITE ARC-EN-CIEL AVEC CELUI D'AUTRES POISSONS

I. — *Truite de ruisseau.*

Nos expériences sur la Truite américaine ont été quelque peu étendues à la Truite indigène. Les constatations faites sont résumées ci-après :

Pour les *alevins* de quelques semaines, la température de l'eau étant de 13°, on a : — avec des Daphnies : — Q. A. = 4,8-5,1 ; — R. P. = 22-22,5 % ; — avec de la rate : — Q. A. = 3,3-4,2 ; — R. P. = 14-16 %.

Pour des *sujets de un été*, la température de l'eau étant de 9°, on a : — avec des Gammarides : — Q. A. = 3,3-3,9 ; — R. P. = 3-3,7 % ; — avec des Chironomides : — Q. A. = 4-4,4 ; — R. P. = 3-7,4 %.

La température étant de 9°,5-10°, on a, avec de la blanchaille, — Q. A. = 2,6-2,9 ; — R. P. = 4-4,2 %.

Par conséquent, pour la nourriture naturelle, dans les mêmes conditions d'expérimentation, les quotients sont plus favorables et les rations plus faibles que pour l'Arc-en-Ciel. En revanche, avec la rate, le quotient est moins avantageux, la ration subissant encore une réduction. Il se déduit de là que la Truite exotique est à préférer à celle d'Europe pour l'élevage en viviers avec nourrissage.

II. — *Brochet.*

D'après SCHOLZ (1), à 18°, on a, pour le Brochet âgé de un été ; — avec des Gammarides : — Q. A. = 11-12 ; — R. P. = 11-12 % ; — avec des Chironomides : — Q. A. = 4-6 ; — R. P. = 15-25 % ; — avec de la blanchaille : — Q. A. = 3 ; — R. P. = 3-5 %.

Comparaison faite avec l'Arc-en-Ciel, à la température optima, d'environ 8° plus basse, on constate que, pour ce qui regarde la blanchaille, le quotient et la ration sont presque les mêmes que pour le Brochet ; il en résulterait que l'activité des sécrétions stomacales est analogue chez les deux poissons ; l'un et l'autre étant carnassiers, il n'y a là rien de surprenant. Les valeurs de la ration et du quotient du Brochet et de l'Arc-en-Ciel sont, par contre, nettement divergentes si l'alimentation est à base de Chirono-

(1) Experimentelle Untersuchungen über die Nahrungsverwertung des ein-und zwei sümmerigen Hechtes. — *Zeitschrift für Fischerei*, Neudamm, 1932.

mides et, surtout, de Gammarides ; ceci tient à ce que, dans la nature, le Brochet ne fait guère sa proie des animalcules aquatiques.

E. — CONCLUSIONS

1° La Truite Arc-en-Ciel, parce qu'elle s'accommode parfaitement de conditions de vie fort différentes de celles de la nature, est le poisson de choix pour les recherches en aquarium relatives au quotient alimentaire.

2° Les quotients s'établissent :

Pour les alevins : — à 5,1 (13°) et 6,4 (17°) avec les Daphnies ; — à 3,2 (13°) avec la rate.

Pour les sujets de 1-2 étés : — à 3,9 (9°,2) avec des Gammarides ; — à 4,4 (9°,3) avec des Chironomides ; — à 5,8 (15°) avec un mélange de Cladocères, Gammarides, Chironomides, Trichoptères et Ephémérides ; — à 2,9 (10°) avec du fretin de blanchaille ; — à 6 (17°) avec de toutes petites truitelles ; — enfin à 2,9 (14°,1) avec la rate.

Ces quotients ne sont pas très différents pour les deux catégories d'âge.

3° Les rations proportionnelles ont les valeurs ci-après :

Pour les alevins : — 22 % (13°) et 38 % (17°) avec les Daphnies ; — 16 % (13°) avec la rate.

Pour les sujets de 1-2 étés : — 3,7 % (9°,2) avec les Gammarides ; — 7,4 % (9°,3) avec les Chironomides ; — 9,5 % (15°) avec la nourriture mixte ; — 4,2 % (10°) avec la blanchaille ; — 7,6 % (17°) avec les petites truitelles ; — enfin 10 % (14°,1) avec la rate.

Les rations proportionnelles des alevins sont notablement plus élevées que celles des sujets plus âgés.

4° La température optima se fixe aux alentours : — de 9° pour le quotient ; — de 19° pour la ration.

5° La teneur des aliments en matières albuminoïdes ou protéiques est de particulière importance au point de vue de leur valeur nutritive ; toutes choses égales par ailleurs, c'est pour ceux où cette teneur est la plus réduite que le quotient est le plus avantageux.

6° Ces aliments les plus profitables sont ceux aussi dont la valeur thermogénétique est la plus élevée.

7° Lorsque la dose d'oxygène dissous augmente, le quotient diminue rapidement, tandis que la ration diminue plutôt lentement. L'optimum, pour l'un et l'autre, se situe à 17 mmg. par litre.

Il doit être observé que l'Arc-en-Ciel ne supporte pas une teneur inférieure à 3 mmg. ou supérieure à 22 mmg.

8° Le nombre des repas par jour, dans les salmonicultures, doit être de trois au moins pour que les élèves prennent un certain accroissement.