

RECHERCHES DE PHYSIOLOGIE
APPLIQUÉES A LA PISCICULTURE :
A PROPOS DE LA MIGRATION
DE LA TRUITE ARC-EN-GIEL

par RENÉ GUY BUSNEL,
Lauréat de l'Académie des Sciences,
Chargé de Recherches.

(Fin) ⁽¹⁾

4° LA VITESSE DE SÉDIMENTATION GLOBULAIRE

La vitesse de sédimentation globulaire de la Truite arc-en-ciel a été mesurée. Nous avons trouvé, comme moyenne de 10 mensurations, le chiffre de 6,5 millimètres-heure, avec une grande constance dans les résultats, et indépendamment du sexe des individus ; certaines mensurations ont été faites sur de grosses truites et les résultats ont été identiques. Il y a donc, chez la Truite arc-en-ciel, une constante indépendante des facteurs, sexe et âge. Il sera opportun, dans l'avenir, de préciser si le facteur cyclique modifie cette constante. Ce chiffre est très élevé par rapport à ceux des autres Téléostéens signalés par A. DRILHON. Il fait en même temps ressortir la diversité de cette donnée physiologique dans les différentes espèces.

Au fur et à mesure que la salinité du milieu extérieur augmente, la vitesse de sédimentation globulaire atteint, par diminution progressive des chiffres extrêmement faibles. Avec un Δ de — 1°50, cette valeur est inférieure à 1 millimètre-heure.

Le comportement de la sédimentation est donc, pour la Truite arc-en-ciel, tout-à-fait identique à celui de la Carpe, toutes conditions étant égales d'ailleurs, et pour un Δ extérieur qui est du simple ou double ; ce comportement est l'inverse de celui des globules de l'Anguille dont la vitesse de sédimentation augmente au fur et à mesure de l'accroissement des Δ .

5° LA RÉACTION IONIQUE DU MILIEU INTÉRIEUR

Au cours de chaque série d'expériences, nous avons pu étudier le pH sur un certain nombre d'individus, tant sur leur sang que sur le jus de

(1) Voir : — *Bulletin*, n° 127, Octobre-Décembre 1942, p. 45.

muscle. Ces mesures ont été faites avec le potentiomètre de JOUAN, qui donne les variations appréciables au 1/100° et dont la précision est très satisfaisante pour nos recherches.

Les résultats des mesures sur les deux milieux sont groupés dans le tableau 4 ci-après :

TABLEAU N° 4

INFLUENCE DU MILIEU EXTÉRIEUR SUR LE pH DES MILIEUX INTÉRIEURS

Δ DE LA SOLUTION	pH DU SANG	pH DU MUSCLE
0,02	7,95	6,20
0,62	—	6,225
0,64	7,7	6,29
1,10	—	6,37
1,22	—	6,50
1,33	7,61	6,55
1,59	7,55	6,58
1,60	7,5	6,62

O. CALLAMAND a montré que, chez le Téléostéen sténohalin du type Carpe ou Tanche, le pH du sang diminuait, tendait vers l'acidité au fur et à mesure que le Δ du milieu extérieur augmentait.

Chez la Truite, cette observation se retrouve identique dans son principe, mais avec cette différence essentielle que cette acidose ne se manifeste que pour des Δ beaucoup plus élevés que chez les sténohalins. Là encore, la Truite arc-en-ciel est du type physiologique intermédiaire entre les deux formes sténo et euryhalines.

Nos recherches sur le jus de muscle ont mis en évidence, et pour la première fois, un phénomène dit de compensation (voir fig. 20). En effet, au fur et à mesure que le pH du sang tend vers l'acidité, par compensation le pH du muscle tend vers l'alcalinité. La mort tient sans doute à cette espèce de neutralité au niveau des milieux intérieurs cellulaires et circulants qui, habituellement ont des indices de potentialité différentes, dont les écarts affectent près de deux degrés pH. Ce nouveau phénomène physiologique que nous avons mis en évidence à l'occasion de cette recherche fera l'objet d'études ultérieures ; nous ne nous étendrons donc point outre mesure sur ce sujet dont seul le sens général a été précisé ici.

Examen des résultats personnels. — Discussion.

Quelle que soit la technique utilisée : — milieu intérieur, — pH, — vitesse de sédimentation, — chaque résultat nous amène à conclure que la Truite arc-en-ciel est une espèce à tendance euryhaline.

En effet, dans les conditions aussi mauvaises que peuvent être celles de

la vie en aquarium, à jeun, dans une eau fermée, à une température élevée de 21°C. en moyenne, les Truites arc-en-ciel ont pu vivre jusqu'à des salinités atteignant 25 à 26 gr. ‰ de ClNa. Dans la nature, où les conditions physiques sont infiniment meilleures, et dans lesquelles le poisson peut s'adapter aussi progressivement qu'il est à souhaiter, il est vraisemblable que la Truite arc-en-ciel supporte des salinités voisines de 30 ‰ de ClNa ; de plus, nos expériences n'ont porté que sur des individus jeunes, en

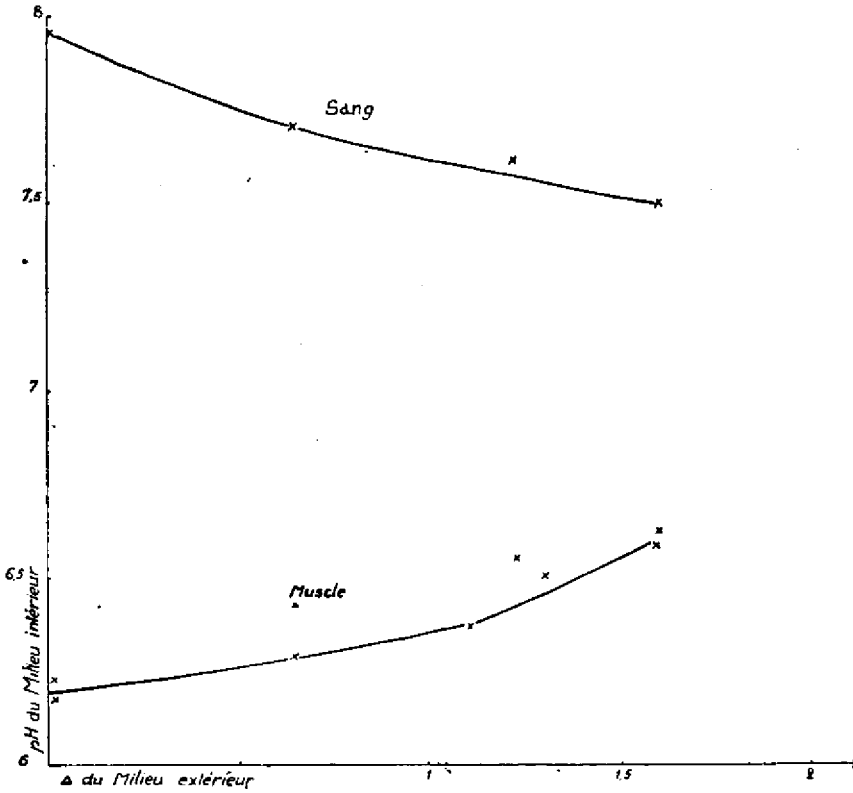


FIG. 20. — Courbes des pH des milieux intérieurs (muscle et sang) en fonction des Δ extérieurs.

période de croissance. Ces recherches seraient donc, à ce point de vue, à compléter par une étude sur des adultes de 700 à 1.200 grammes, dont le comportement physiologique peut être légèrement différent.

En tous les cas, on doit admettre que les Truites arc-en-ciel peuvent vivre dans des eaux saumâtres atteignant 25 ‰ de ClNa. Examinons donc où nous trouvons de telles eaux et voyons si les observations dans la nature coïncident avec ces hypothèses.

Répartition dans la nature des eaux pouvant abriter des Truites arc-en-ciel.

Dans quelles eaux peuvent vivre les Truites arc-en-ciel qui descendraient à la mer, en cas de migration ? La salinité de la pleine mer est de l'ordre

de 35 à 36 ‰ ; certaines mers et en particulier la Baltique, au contraire sont très dessalées, et la Truite arc-en-ciel se pêche en pleine mer Baltique. Les Allemands ont même déversé des alevins dans ces eaux saumâtres où la croissance, comme on le sait est plus rapide.

Mais c'est surtout dans les estuaires ou à proximité des côtes que ces Truites doivent se localiser, dans les eaux saumâtres provenant du mélange des eaux fluviales et des eaux marines.

TABLEAU N° 5
SALINITÉS OBSERVÉES DANS LES ZONES MARINES LITTORALES
(D'après MILNE.)

STATION	SALINITÉ ‰ EN ClNa
Embouchure du Delta Rhin-Meuse.	25,63
Channel N. de Sylt.	30,01
Embouchure de l'Elbe.	23,55
Hamoaze n° 15, Buoy (Angleterre) :	
Marée haute.	23,3
Marée basse.	11,2
Neal Point (Angleterre) :	
Marée basse.	7,7
Tamar Estuary (entre Saltash et Neal Point) (Angleterre) :	
Surface.	15 à 26
Fond.	24 à 32

On trouvera, dans le tableau précédent quelques chiffres relevés dans la bibliographie, relatifs aux salinités de quelques estuaires hollandais, allemands et anglais. Les salinités de 25 et 30 ‰ s'étagent sur de grandes surfaces et les indications biologiques, en particulier celles des chercheurs du laboratoire de Portsmouth, mentionnent l'Arc-en-ciel dans ces limites.

Les données concernant les zones littorales françaises et nos estuaires sont rares. Le travail de CHAUCHARD sur les eaux de la Rance est le seul très complet à cet égard. Il nous a paru intéressant de grouper dans le tableau n° 6, ci-dessous, les indications que nous avons pu trouver dans la littérature. Elles portent surtout sur les zones littorales et les fleuves bretons. Il n'en est pas moins intéressant de constater qu'à plusieurs kilomètres en mer, on rencontre en certaines zones, par exemple au Croisic, des salinités qui correspondent tout à fait aux possibilités de vie de la Truite arc-en-ciel.

Si la Truite arc-en-ciel n'est pas euryhaline comme l'Anguille et qu'elle ne puisse supporter les salinités élevées de la pleine mer, il lui est donc possible de vivre dans les estuaires et même en mer, dans les zones littorales.

TABLEAU N° 6

SALINITÉS OBSERVÉES DANS LES ESTUAIRES, AUX EMOUCHURES OU A LEUR PROXIMITÉ SUR LES CÔTES LITTORALES FRANÇAISES

RÉGION ÉTUDIÉE	STATION	SALINITÉ EN ‰	AUTEUR
<i>Seine.</i>	Amfreville.	0 à 0,3	Bogdau-Rajcévic.
	Honfleur.	5 à 12	
<i>Penzé maritime.</i>	Village de Penzé	0,3 à 0,5	Francis-Bœuf.
	Pont de la Corde.	24,45 à 29,44	
	Penzonnon.	32,61 à 35,34	
	Roscoff.	35,2 à 35,7	
<i>Aulné maritime.</i>	Trégarvan.	28 à 33,4	
<i>Orne.</i>	Entre Caen et Fran- ceville.	0 à 1,70	
	Villers-sur-Mer.	29,38	
<i>Rance.</i>	Rochefort.	24,1	Fischer.
	Port Saint-Jean-Mou- lin de Rochefort..	0,4	
	Milieu du Chenal. ...	21	
	Berges.	31	
<i>Rance.</i>	Dinan.	14,5 à 19	Chauchard.
	Viaduc de Dinan. ...	25	
	Chatelier.	23 à 31	
	Anse de Primel :		Prenant et Duval.
	Surface.	17,5	
	Profondeur..	28,1	
<i>Brest.</i>	Landevennec.	31,5 à 32,28	Rouch.
	Grand Minou.	34,74 à 35,26	
	Camaret.	35,34 à 35,4	
<i>Croisic.</i>	Chenal du Nord n° 1.	24,4 ‰ en ClNa	Fontaine.
	— — 2.	24,55	
	— — 3.	24,55	
	— — 4.	25,28	
	— — 5.		
	(3 km. au large)....	25,72	

La connaissance de la physique des mers permet, et surtout à la suite de MILNE, de préciser l'aspect mouvant des nappes d'eau saumâtre dans les estuaires et les eaux littorales. Cet auteur a détaillé les zones de salure des rives anglaises au voisinage de l'embouchure de la Tamar et précisé leurs modifications en profondeur et en étendue selon l'heure de la journée, la saison, la marée. Les Truites, si elles sont conditionnées par leur milieu intérieur, doivent donc suivre fidèlement ces variations des nappes dans les limites de vie qui leur sont compatibles. On sait que dans les estuaires, et CHAUCHARD l'a bien signalé pour la Rance, qu'au moment des fortes marées, il y a des morts subites des sténohalins ; jamais de Truites n'ont été signalées dans ces accidents car leur pouvoir d'adaptation est, ainsi que nos recherches l'ont précisé, relativement élevé.

*Hypothèse de la localisation des Truites
dans les eaux saumâtres sous-marines.*

Les travaux océanographiques, et en particulier ceux de M. LE DANOIS, Directeur de l'Office scientifique et technique des pêches maritimes, ont fait ressortir que les fleuves se prolongent dans la mer, dans les vallées sous-marines, jusque vers le plateau continental.

Le principe de l'immiscibilité des eaux de température et de salinité différentes a fait penser que dans ces vallées sous-marines les eaux des fleuves, bien que partiellement saumâtres, ne se mélangeaient pas aux nappes marines. Les croisières du navire *Président Th. Tissier* (1) ont montré que ces eaux étaient, en effet, à peine saumâtres lors de leur arrivée au plateau continental. C'est ainsi que la Seine sous-marine reçoit sur sa rive droite l'Avon britannique, sur sa rive gauche l'Orne, la Dive, la Rance et se jette dans les abîmes à la Petite Sole avec des salinités voisines de celles qui sont compatibles à la vie de la Truite arc-en-ciel. De même pour le Rhin qui coule sous la mer du Nord, traversant les plateaux du Dogger Bank, recevant la Tamise grossie de la Somme, de l'Elbe, de la Tweed, et qui s'en va finir à égale distance de l'Ecosse et de la Norvège.

Les eaux sous-marines saumâtres seraient l'habitat possible et normal des Truites arc-en-ciel. Elles y descendraient l'hiver car, en vertu du principe de l'immiscibilité c'est à cette époque que les eaux douces, plus froides, peuvent aller plus loin, elles remonteraient plus tardivement, lorsque les eaux froides atlantiques envahiraient le plateau continental.

Les parents génétiques de la Truite arc-en-ciel : *Salmo gairdneri*, *Salmo shasta*, migrent en mer, mais il est bien démontrable que les eaux marines américaines, dans lesquelles on les capture, sont des eaux à faible salure, voisine de celle où la Truite arc-en-ciel peut vivre. Ainsi que les recherches océanographiques l'ont montré, les eaux littorales américaines de certaines

(1) Voir Compte Rendu des croisières, 1936.

régions du Nord-Est ont des salinités de 30 à 32 ‰, dans des zones de pleine mer, où il est possible à ces Salmonidés de vivre, au moins au point de vue de l'euryhalinité.

Observations dans la nature.

Ces données théoriques sont-elles en accord avec les observations recueillies dans la nature ? Nous avons eu l'occasion de nous entretenir de cette question avec un certain nombre de personnes autorisées, soit du service de la Pêche, soit de diverses Sociétés de Pêche. Toutes ces personnes nous ont confirmé avoir vu et pris des Truites dans les estuaires ou en mer, en zone littorale ; cette confirmation de nos recherches est absolue (1).

Evidemment, le problème de la migration proprement dite n'est pas résolu. Toutefois, nos recherches ont permis de jalonner la question.

Il est possible que les Truites arc-en-ciel aillent jusqu'en pleine mer, le stade que nous avons étudié aurait ainsi les mêmes réactions physiologiques que les jeunes tacons de Saumon qui sont incapables de s'adapter brusquement à l'eau de mer et qui doivent, par le va-et-vient, s'adapter très progressivement et en vieillissant à des salinités élevées. Ces premières recherches appellent donc des observations complémentaires, bien que leur sens général soit très net : il est possible à la Truite arc-en-ciel de vivre dans des eaux salées dans les limites de 23 à 25 ‰ de ClNa, correspondant aux eaux des estuaires, à certaines eaux littorales et à des eaux sous-marines des plateaux continentaux.

Ces observations nous ont amené à faire deux remarques tout à fait indépendantes de notre sujet, mais dont les importances au point de vue pratique sont tout à fait intéressantes.

Remarque I. — Les eaux des petits fleuves côtiers, dans les zones salées peuvent être, dans la limite où l'oxygénation le permettra, utilisées pour la pisciculture de Truites arc-en-ciel. Un mélange connu et contrôlable des eaux douces et salées permettra d'obtenir une salinité moyenne de 20 ‰. Ce milieu biologique conviendra mieux aux Truites que l'eau douce, leur métabolisme sera plus élevé et, par suite des éléments salins, leur croissance sera plus rapide. Pour les œufs, des expériences du Service des Eaux et Forêts ont montré que les éclosions étaient meilleures et plus rapides. La proximité de la mer et les facilités d'avoir pour aliments des poissons marins rendra ces projets encore plus variables. Il faut ajouter que la qualité de la chair sera grandement améliorée par cette pratique de l'eau saumâtre.

Remarque II. — Un grand nombre des maladies des Truites sont dues à des phytoparasites ou à des zooparasites, et en particulier aux espèces suivantes :

(1) Cette précision ne s'étendait pas à la variété.

Champignons : *Saprolegnia ferax*, *Ichthyophonus Hoferi* ;

Flagellés : *Costia necatrix* ;

Infusoires : *Chilodon cyprini*, *Cyclochaete Domerguei*, *Euchelys parasitica*, *Ichthyophthirius multifiliis* ;

Sangsues : Clepsines ;

Trématodes : *Discocotyle sagittatum*.

Ces maladies sont traitées habituellement par des bains salés, à des concentrations de 30 grammes de ClNa par litre. En effet, ces organismes pathogènes ne supportent pas l'ion Cl des solutions salées.

Si, à l'état naturel, les Truites sont élevées en milieu salé, aucun de ces parasites ne pourra se développer. Cet énorme avantage prophylactique est à signaler et à mettre à profit par les salmoniculteurs dans la mesure où ils pourront, à proximité des côtes, utiliser des eaux saumâtres.

IV. — RÉSUMÉ DES PRINCIPAUX RÉSULTATS. — CONCLUSIONS

De l'ensemble des recherches de physiologie appliquée à la pisciculture à propos de la migration de la Truite arc-en-ciel, les points suivants doivent être considérés comme acquis, concernant les truitelles définies sur lesquelles ont porté les expériences.

1° Les Truites arc-en-ciel peuvent vivre dans les eaux salées lorsque la concentration moléculaire de ces eaux est égale ou inférieure à $\Delta = -1^{\circ}50$, correspondant à des teneurs en ClNa voisines de 22 à 23‰. Elles supportent l'adaptation brusque ; en adaptation progressive, leur résistance à la salinité leur permet de vivre dans des eaux salées à 24 gr./‰ de ClNa ;

2° Le milieu intérieur de la Truite arc-en-ciel réagit aux variations du milieu extérieur selon une courbe graphique intermédiaire entre celles du poisson sténohalin et du poisson euryhalin types (concentration moléculaire, pH, vitesse de sédimentation globulaire) ;

3° Les branchies de la Truite arc-en-ciel ne possédant pas de cellules se rapprochant cytologiquement des cellules à chlorure de KEYS ;

4° Nous avons mis en évidence le parallélisme étroit des variations des milieux intérieurs : — sang et jus de muscle, — au cours des variations du milieu extérieur, dans l'étude de la concentration moléculaire ;

5° L'étude comparée du pH des deux milieux intérieurs au cours des variations du milieu extérieur a fait apparaître un phénomène de compensation ionique tendant vers la neutralité et semblant être un déterminant de la mort de l'animal.

Ces résultats, dont l'intérêt théorique est important, nous amènent aux conclusions pratiques suivantes :

1° Le comportement général de la Truite arc-en-ciel permet de classer cette espèce comme euryhaline ;

2° L'hypothèse de la migration, sans être résolue en fait, est confirmée par la possibilité de vie dans les eaux saumâtres ;

De telles eaux se rencontrent dans les estuaires, dans les eaux marines littorales et peut être éventuellement dans les vallées fluviales sous-marines des plateaux continentaux ;

3° Grâce à ces possibilités de vie en eau salée, la pisciculture de Truites arc-en-ciel pourra utiliser pour les élevages les eaux littorales plus ou moins saumâtres qui jusqu'ici n'étaient pas exploitées. La teneur élevée en ions chlore de ces eaux mettra les élevages à l'abri de nombreux parasites qui habituellement causent de grands dégâts dans les piscicultures.

V. — BIBLIOGRAPHIE

1. BATEMAN (J. B.) et KEYS (A. B.). — Chloride and vapour pressure relation in the secretory activity of the gills of the eel (*J. of physiol.*, 1933, LXXV, 226-40).
2. BEVELANDER (G.). — Branchial glands in fishes. (*Journ. of morphol.*, 1936, LIX, 215-233).
3. BOGDAU RAJCEVIC. — Sur la salinité des eaux de la Seine, entre Amfreville et Honfleur. (*C. R. Ac. des Sci.*, 1939, 208, 760).
4. CALLAMAND (O.). — Euryhalinité et stabilité du pH sanguin chez les poissons. (*Bull. Inst. Océan.*, n° 799, 12 Juin 1941, Monaco).
5. CHAUCHARD (P.). — Etudes physico-chimiques sur les eaux de la Rance canalisée. (Cahors, Imprimerie Coueslant).
6. DRILHON (A.). — Vitesse de sédimentation globulaire chez quelques poissons. (*Bull. Inst. Océan.*, n° 770, 20 Avril 1939, Monaco).
7. DUVAL (M.). — Thèse Fac. Sci., Paris, Blondel, La Rougery, 1925.
8. FISCHER (E.). — Sur la faune littorale du faciès rocheux, en particulier dans un milieu à salure très variable. (*Bull. Inst. Océan.*, Monaco, 1928, n° 511).
9. FOERSTER (R. E.). — (*J. of the Biol. Board of Canada* 1937, III, 26-42. *Ibid.*, 421-438).
10. FONTAINE (M.). — Sur les variations de salinités observées au Croisic, conséquences biologiques et économiques. (*Bull. Inst. Océan.*, Monaco, 1929, n° 547).
11. FONTAINE (M.) et BOUCHER-FORLY (S.). — *Bull. Inst. Océan.*, 1934, n° 546.
12. FRANCIS-BŒUF (Cl.). — Mesures physico-chimiques des eaux de la Penzé maritime, Finistère. (*Bull. Inst. Océan.*, Monaco, 1942, n° 829).
Ibid., : Sur les variations de salinité au cours d'une journée de Septembre des eaux de l'Aulne maritime à Trégarvan. (*C. R. Acad. des Sci.*, 1939, 208, 762).
Ibid., : Remarques sur quelques mesures de salinité des eaux de l'Orne entre Caen et l'embouchure. (*C. R. Acad. des Sci.*, 1939, 208, 916).
13. GUEYLARD (F.). — Thèse Fac. Sci., Paris, 1924.
14. GUEYLARD (F.) et PORTIER (P.). — *C. R. de la Soc. de Biol.*, 1917, 80, 538 et 683.
15. HENTS (M. S.). — *Ann. Soc. Roy. Zool.*, Belgique, 1942, 73, p. 69.
16. HOEK (P. C. C.). — *Tijdsch. Nederl. Sierk. Vereen.*, 1892, III.

17. KEYS (A. B.). — Chloride and water secretion and absorption by the gills of the eels. (Zt. f. Vergl. physiol., 1931, XV, 364-388).
 18. MILNE (M. A.). — The Ecology of the Tamar Estuary-III, Salinity and temperature conditions in the lower-estuary. (Journ. Mar. Biol. Assoc., vol. XXII, 1937-38, 509.)
 19. PORA (E.). — Annales Sci. Université de Jassy (Roumanie), 1938 et 39, 25.
 20. PORTIER (P.). — Le milieu intérieur dans la série animale ; centre de documentation universitaire. Paris, 3, place de la Sorbonne, 1934.
Physiologie des animaux marins. Bibliothèque de philosophie-science. Flammarion, Paris, 1938.
 21. PRENANT (M.) et DUVAL (M.). — Bull. Soc. Zool. Roscoff. Fasc. 4, 1926.
 22. RICKER (W. E.). — J. of the Biol. Board of Canada, 1937, III, 450-468.
 23. ROUCH (J.). — Variation de la température et de la salinité de l'eau de mer à Brest, en fonction de la marée. (Bull. Inst. Océan., Monaco, 1942, n° 821).
 24. SMITH (H. W.). — Am. J. of physiol., 1930, XCIII, 480.
 25. SORNAY (M.). — Bull. franc. Pisci., 1933-34, 103.
 26. VIALLI (Mario). — Ricerche preventive sulle cosidette « cellule aclorure » second a Keys et Wilner. Arch. Zool. Ital., 1936, XXII, 25-31.
 27. VOUGA (M.). — Bull. Suisse, Pêche et Pisci., 1933, n° 6 et 7, 349.
-
-

CHRONIQUE

L'Accroissement des Carpes de un et deux étés est-il entravé par addition d'alevins à l'empoissonnage ?

La question posée a fait, dès 1941, l'objet d'expériences à la *Station de Recherches Ichthyologiques* créée par HOFER, à Wielenbach, en Bavière. Il s'en dégagera, comme conclusion provisoire, qu'aucun tort n'était causé aux poissons âgés par leurs tous jeunes congénères, tant que la proportion de ces derniers restait modérée. Il fallait entendre par là que la production de feuilles (C_1) peut aller jusqu'à 50 kilogrammes à l'hectare ; au delà elle serait plus ou moins préjudiciable aux Carpes nées un ou deux ans plus tôt (1).

Les investigations ont été reprises l'an dernier, en vue de vérifier et préciser les premiers résultats acquis, et le compte rendu vient d'en être donné par M. R. DEMOLL (2).

Dix bassins ou petits étangs, formant couples en correspondance, traités de façon identique (amendements phosphatés sans nourrissage) reçurent le même empoissonnage normal en C_1 et C_2 avec, en addition, 250 têtes de C_0 pour la première série (a, b, c, d, e), 7.500 têtes pour la seconde (A, B, C, D, E).

(1) Le sigle C_0 est employé pour désigner l'alevin de Carpe depuis sa naissance jusqu'au terme du premier été, où il devient C_1 ou feuille ; — celle-ci donne C_2 ou nourrain au bout du second été ; — C_3 au bout du troisième.

(2) Beeinträchtigung des Zuwachses der K_1 und K_2 durch Besetzung der Brut. — *Allgemeine Fischerei Zeitung*, München, : — n° 3, 1^{er} Mars 1943, p. 25.