

EXPOSÉ ET DISCUSSION DES TRAVAUX LES PLUS RÉCENTS RELATIFS AUX ÉCHELLES A POISSONS

Par M. SABATIER DE LACHADENÈDE

Conservateur des Eaux et Forêts.

Les déboires auxquels, depuis nombre d'années, donnent lieu les échelles à Poissons, n'ont pas découragé ceux qui voient avec raison, dans la liberté de circulation assurée au Poisson des rivières, une condition essentielle de leur bon peuplement. Bien au contraire, plus s'étend et se perfectionne, dans les pays de civilisation avancée, l'aménagement hydraulique du réseau fluvial, plus son aménagement piscicole fait l'objet d'études approfondies.

Ainsi, récemment, des recherches fort instructives ont été entreprises par la Commission d'experts badois et suisses chargée d'examiner les mesures à prendre pour améliorer les conditions de la pêche dans le Rhin entre Schaffouse et Bâle. Une tournée d'études effectuée dans cette région, l'hiver dernier, nous a valu d'entrer en relations avec M. le docteur SCHMASSMANN, de Liestal, rédacteur du compte rendu des travaux. Notre attention a été attirée par lui sur les expériences concernant la résistance des différentes espèces de Poisson, eu égard à leur forme, à l'entraînement par le courant. L'exposé de ces recherches, accompagné de réflexions personnelles de l'auteur, constitue un document d'un intérêt considérable ; il est permis de dire que, dorénavant, il ne sera plus possible, sans s'y référer, de traiter compétemment des questions relatives à la remonte.

Peu après notre retour de Suisse, a été réunie, pour la seconde fois, la Commission spéciale instituée en France, en 1927, pour l'étude des dispositions tendant à maintenir accessibles au Saumon les frayères des cours d'eau encore fréquentés par cette espèce, si digne de la considération des économistes comme des sportifs. L'objet de la réunion était de concilier, sur certains points, les intérêts divergents de l'industrie et de la pisciculture. Elle fournit à M. l'Inspecteur principal des Eaux et Forêts MONZL, de Limoges, l'occasion d'un rapport exposant de façon magistrale le problème non seulement hydraulique, mais aussi et surtout biolo

gique, du franchissement des obstacles dressés sur le parcours du voyage nuptial.

Nous avons pensé qu'il serait intéressant d'énoncer les conclusions du travail des experts badois et suisses et de les rapprocher de celles auxquelles, par une voie toute différente et plus spéciale, est arrivé M. MOREL.

Le compte rendu du docteur SCHMASSMANN a donc trait à des recherches sur la relation entre la conformation du Poisson et son comportement dans un courant d'eau, selon la vitesse de ce dernier. Pour en comprendre l'intérêt technique, touchant la construction des échelles, il faut faire abstraction de l'opinion courante que les obstacles à la remonte, même considérables, peuvent être franchis d'un bond.

Évidemment, le Poisson fait des sauts remarquables, mais non toujours avec succès. Il résulte d'observations faites à Augst et Aarau, qu'ils sont, pour la plupart inefficaces, très souvent même ils ont lieu vers l'arrière ou de côté. Sur les passes à bassins étagés, il faut environ trois sauts pour s'élever de l'un à l'autre ; il arrive donc que certains sujets ne parviennent jamais à gravir toute la série des gradins.

D'ailleurs, pourquoi un Poisson saute-t-il ? Uniquement faute de pouvoir nager, soit défaut d'eau, soit excès de vitesse de cette dernière. L'animal choisit alors un autre chemin, celui de l'air, qui lui offre moindre résistance.

Il est compréhensible qu'on ait été amené à construire des échelles permettant de franchir les barrages par une série de bonds, en fractionnant l'obstacle. Mais on a dû reconnaître que le mieux était de ne demander aucun saut au Poisson et de lui permettre toujours de passer d'un bassin à l'autre en nageant, grâce à des ouvertures ménagées dans les murs séparatifs. Or, la vitesse de l'eau, dans ces passages, est fonction de la différence de niveau dans les compartiments en communication. On voit combien importe la connaissance de la limite de résistance à l'entraînement du Poisson ; il s'en déduira la hauteur à ne pas dépasser pour un gradin.

Soit qu'un Poisson se déplace en eau tranquille ou courante, soit qu'il reste immobile en eau courante, il lui faut toujours vaincre une résistance provenant du choc ou du mouvement du liquide où il est immergé. Peu importe que l'animal se meuve contre le courant ou inversement, qu'il y ait même mouvement de part et d'autre, ce qui compte seulement, c'est la vitesse relative. Aussi l'objet des recherches de la Commission badoise et suisse a-t-il été la détermination de la résistance résultante, sans souci des composantes.

Un travail analogue avait déjà été entrepris par M. F. HOUSSEY (1), une quinzaine d'années auparavant, mais, en utilisant, non des Poissons mêmes, mais des modelages et en vue seulement d'établir entre leur com-

(1) Forme, puissance et stabilité des Poissons. *Collection de morphologie dynamique*, IV. 1912.

portement des comparaisons. En 1926, M. SCHMASSMANN a procédé tout différemment.

Tout d'abord, à Bâle, disposant d'un canal où pouvait être entretenu constant un courant d'une vitesse mesurable, il y suspendit des Poissons morts au moyen de deux fils fins. Un autre fil reliait le museau du sujet en expérience à un dynamomètre.

Les résultats obtenus furent les suivants, avec une Truite arc-en-ciel et une Carpe ayant, comme caractéristiques respectives : — longueur : 31 et 34 cent. ; — contour maximum : 15,8 et 2,40 cent. ; — poids : 370 et 820 gr.

VITESSE DU COURANT	RÉSISTANCE A L'ENTRAÎNEMENT	
	Truite	Carpe
17 centimètres seconde.....	1 gr. 5	4 gr.
27 — —	4,5	»
33 — —	»	35
39 — —	8,5	»
41 — —	»	»
50 — —	15	»
53 — —	»	50

Ainsi se manifestaient des différences considérables dans les efforts enregistrés par le dynamomètre, d'abord entre les deux espèces expérimentées, puis, pour un même sujet, avec la vitesse du courant. Mais ces premiers essais se heurtèrent à deux difficultés : d'abord les Poissons perdaient leur position normale au moindre tourbillonnement de l'eau ; ensuite il n'était pas possible d'obtenir une vitesse supérieure à 53 centimètres seconde.

De nouvelles expériences furent entreprises à l'Institut fédéral pour le contrôle de la fabrication du papier à Berne. Cet établissement dispose d'un canal long de 300 mètres, à eau dormante, au-dessus duquel peut se mouvoir, à des vitesses variables et mesurables, un chariot électrique.

La barre de plongée de ce chariot fut munie d'une poulie sur laquelle passait le fil reliant le museau des Poissons en observation à un dynamomètre installé sur le bâti.

Comme les sujets morts se couchaient sur le flanc ou prenaient un mouvement de rotation dès que le déplacement était quelque peu rapide, on fut amené à expérimenter sur des Poissons vivants, mais préalablement fatigués pour éviter les réactions musculaires. Il fut alors possible, après divers tâtonnements, d'établir, pour un certain nombre de Poissons, des tableaux donnant, pour diverses vitesses du chariot équivalentes à des vitesses de courant, l'effort moyen de traction sur le dynamomètre, soit la résistance à l'entraînement résultant de la conformation.

Voici, par exemple, pour un Saumon de 88 cent. 5 de longueur (du museau à la naissance de la caudale), 12 cent. de hauteur maxima,

7 cent. $1/2$ de largeur maxima, pesant 4.640 grammes, les résultats obtenus :

VITESSE DU COURANT	RÉSISTANCE A L'ENTRAÎNEMENT	VITESSE DU COURANT	RÉSISTANCE A L'ENTRAÎNEMENT
43 centimètres-seconde.	120 grammes	204 centimètres-seconde.	800 grammes
68 —	180 —	222 —	1.000 —
95 —	210-270 —	244 —	1.250 —
127 —	320 —	266 — ...	1 550 —
139 —	350 —	294 —	1.700 —
161 —	450 —	333 —	2 300 —
182 —	550 —	365 —	2.700 —

D'après ces données peuvent être établis des graphiques ; on porte en abscisses les vitesses de l'eau en centimètres-seconde et, en ordonnées, les résistances à l'entraînement exprimées en grammes (voir fig. 8, 9 et 10).

Les conclusions se dégageant de la deuxième série d'expériences du docteur SCHMASSMANN se formulent comme suit :

1° Pour un sujet donné, la résistance à l'entraînement, après avoir augmenté plus rapidement que la vitesse du courant, finit par lui devenir à peu près proportionnelle.

2° Chez toutes les espèces de Poissons, la résistance croît avec la grosseur et, comparaison faite des résistances offertes, à une même vitesse de courant, par des spécimens de grosseur différente, on constate qu'elles ne sont pas proportionnelles aux poids, mais croissent plus vite que ces derniers.

3° Les résistances à l'entraînement des diverses espèces ne sont pas susceptibles de comparaisons rigoureuses à raison des différences de poids. Toutefois, à l'examen des courbes concernant respectivement le Barbeau, le Chevaine et la Truite arc-en-ciel, il apparaît que les premières, dans leur ensemble, sont les plus déprimées, les secondes les plus redressées. Prenant, par exemple, une vitesse de courant de 250 centimètres-seconde, les résistances à l'entraînement sont : — de 250 gr. pour un Barbeau de 900 gr. ; — de 610 gr. pour un Chevaine de 325 gr. ; — de 650 gr. pour une Truite arc-en-ciel de 550 gr., soit sensiblement les mêmes. C'est dire que le comportement du Chevaine est celui d'une Truite ou d'un Barbeau pesant respectivement 1,7 et 2,9 fois plus.

Poussant plus loin ses recherches, M. SCHMASSMANN a été amené à considérer, comme expression de la conformation, le rapport $\frac{S_1}{L_2}$, L étant

la longueur du Poisson mesurée comme plus haut, S la surface de la section maxima du corps, l_1 la longueur du tronçon antérieur à cette section, l_2 celle du tronçon postérieur. Si on porte, en effet, en abscisses les poids des divers spécimens de Barbeau, Chevaine et Truite arc-en-ciel, ayant servi aux expériences et en ordonnées les valeurs correspondantes du rapport susindiqué, les tracés obtenus pour chacune des espèces considérées ont même allure que les courbes précédemment construites.

Il se déduit de là que la résistance à l'entraînement est d'autant plus petite qu'est moindre le rapport de la section maxima du corps à sa longueur, en d'autres termes que la forme est plus élancée. En outre, elle est d'autant plus réduite que le tronçon antérieur est plus court, c'est-à-dire la section maxima plus voisine de la tête.

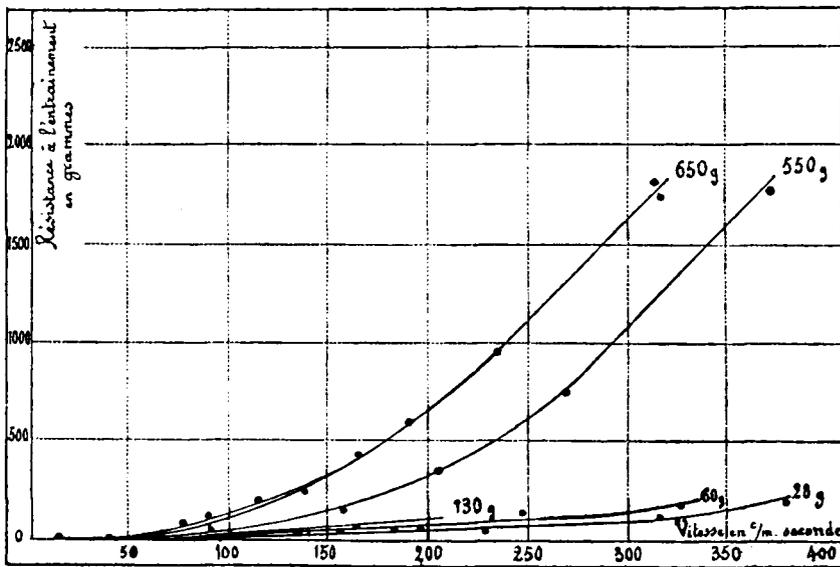


Fig. 8 — Truite arc-en-ciel.

Mais, ce qui importe pour l'établissement rationnel des échelles, c'est de connaître la limite de la résistance qu'un Poisson nageant est à même de vaincre, autrement dit, la vitesse maxima du courant qu'il peut remonter.

Le docteur SCHMASSMANN a fait, à cet égard, quelques essais avec la Truite arc-en-ciel, au moyen d'un dynamomètre, mais insuffisamment démonstratifs. Ils ont seulement permis de constater que les sujets en expérience étaient capables de surmonter une résistance atteignant une fois et demie leur poids.

Dans ces conditions, les seules données actuellement utilisables sont dues à Houssey, dont les expériences ont porté sur des Poissons astreints à déplacer des poids progressivement croissants. Quand l'animal se trouvait immobilisé, l'effort-limite était atteint.

Il a été trouvé : — de 700 gr. pour un Barbeau de 548 gr., soit 127,7 % du poids ; — de 700 gr. pour un Brochet de 433 gr., soit 158 % (maximum) ; — de 1.400 gr. pour une Carpe de 1.630 gr., soit 86 % ; — de 30 gr. pour un Gardon de 42 gr., soit 71,5 % (minimum) ; — de 750 gr. pour une Truite arc-en-ciel de 564 gr., soit 133 %.

On doit noter que ces chiffres sont quelque peu trop forts, l'écart entre les poids successivement utilisés étant de 50 grammes.

Il serait extrêmement désirable que pût être établie, pour tous les Poissons, la relation entre l'effort maximum dont un spécimen est capable et sa résistance à l'entraînement. Malheureusement, deux espèces seule-

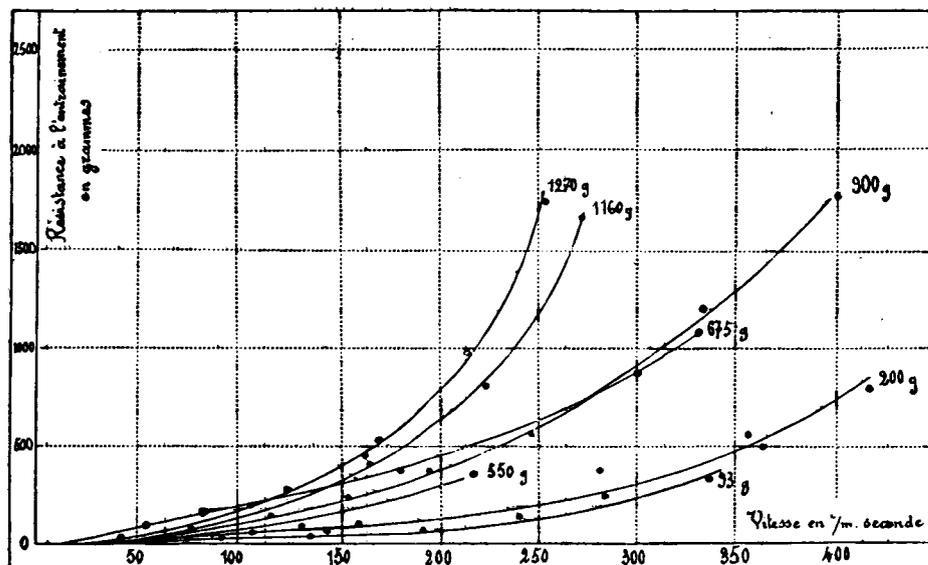


FIG. 9. — Barbeau.

ment ont été étudiées à la fois par Houssey et Schmassmann : le Barbeau et la Truite arc-en-ciel.

Admettant les coefficients du premier pour les sujets ayant servi aux expériences du second, on a :

Barbeau

Poids	93 gr.	200 gr.	550 gr.	900 gr.	1.160 gr.	1.270 gr.
Effort-limite .	119 gr.	256 gr.	704 gr.	1.152 gr.	1.485 gr.	1.626 gr.
	(128 % du poids).					

Truite arc-en-ciel

Poids	28 gr.	60 gr.	130 gr.	550 gr.	650 gr.
Effort-limite	37 gr.	80 gr.	175 gr.	732 gr.	865 gr.
	(133 % du poids).				

Partant de ces données, on peut calculer, pour chaque vitesse de courant, l'effort à fournir pour le vaincre. On constate alors que les Poissons

de poids moyen offriraient, relativement, la moindre résistance. Autrement dit, ces Poissons seraient en situation de surmonter des vitesses plus considérables que ceux plus petits ou plus gros.

Finalement, on arrive à cette conclusion que les sujets de ces deux dernières catégories, c'est-à-dire les moins avantagés, peuvent, chez le Barbeau et la Truite arc-en-ciel remonter un courant de 1^m 80 par seconde (1).

Or, dans une échelle à compartiments étagés, si on néglige l'accélération due à la contraction de la veine liquide, la vitesse de l'eau dans les pertuis de communication est donnée par la formule $V = \sqrt{2gh}$ où g est l'accélération due à la pesanteur (9,81) et h la différence des plans d'eau entre bassins consécutifs.

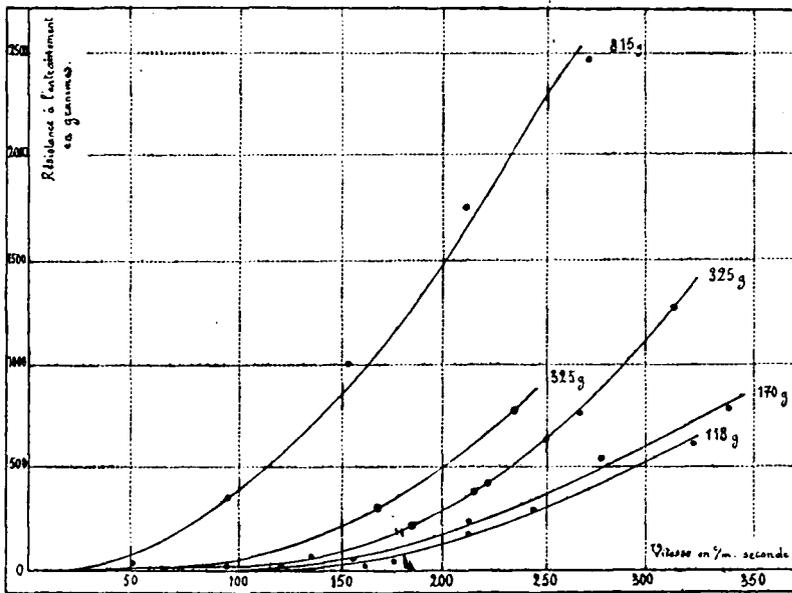


FIG. 10. — Chevaie.

Pour $V = 1^m 80$ on a :

$$h = \frac{V^2}{2g} = \frac{3,24}{19,62} = 16 \text{ cm. } 6.$$

Telle sera la hauteur maxima de la dénivellation admissible pour une échelle se prêtant à la remonte de Barbeaux et Truites arc-en-ciel adultes.

Il est à présumer que le comportement des autres espèces ne doit pas être sensiblement différent, et que, pour être communément franchissable, une échelle à bassins en escalier ne doit pas avoir des marches d'une hauteur supérieure à 15 centimètres.

(1) Ceci n'est pas exact cependant pour les Barbeaux ou Truites arc-en-ciel ayant respectivement moins de 93 gr. et 60 gr. La chose est, d'ailleurs, sans importance pratique, puisqu'à ces poids, les Poissons ne se reproduisent pas.

D'où se dégage, qu'à l'ordinaire, les différences de niveau sont trop considérables. Il importe de les réduire.

Par ailleurs il convient de faciliter, autant que possible, la nage du Poisson par une bonne disposition des communications. Les déversoirs seront échancrés aussi profondément que possible au-dessous du plan d'eau dans le bassin d'aval ; il est avantageux de leur donner, ainsi qu'aux orifices noyés, une section rectangulaire de grandeur proportionnée à la taille des Poissons. Il y a intérêt à ce que les cloisons séparatives des bassins soient minces ; la durée de l'effort nécessaire pour surmonter la résistance de la veine liquide contractée s'en trouvant abrégée. On atteindra aussi ce résultat en donnant au profil des ouvertures une forme évasée vers l'aval avec raccord arrondi vers l'amont, une arête vive étant susceptible de provoquer des lésions.

Du moment où la vitesse l'eau est suffisamment réduite, le docteur SCHMASSMANN estime indifférent de disposer les orifices en ligne droite ou en chicane.

Les bassins doivent être suffisamment vastes ; il est à croire que, si le Saumon s'abstient souvent d'utiliser les échelles, c'est, pour bonne part, à raison de leurs dimensions trop étriquées.

L'emplacement des passes à Poissons paraît devoir être choisi au voisinage des rives, au moins d'après les observations faites sur les allures des Poissons en instance de remonte dans le Haut-Rhin et l'Aar, cours d'eau où la vitesse de courant au milieu du lit est en moyenne de 3-4 mètres seconde. Il est désirable que l'entrée soit aussi rapprochée que possible du pied du barrage. Mais, dans ces conditions, avec des échelles rectilignes, l'ouvrage se trouverait échancré d'une façon compromettante pour sa solidité ; on y obvie en adoptant des dispositifs à section inférieure repliée ou contournée.

Telles sont les conclusions essentielles formulées par la Commission des experts badois et suisses. (A suivre).

CONSULTATIONS TECHNIQUES

2) D. — Je désirerais savoir s'il est possible de se procurer des Ecrevisses d'étang et à qui il faudrait s'adresser.

R. — Des deux espèces d'Ecrevisses se rencontrant en France, seule celle dite à pieds rouges (*Astacus fluviatilis*) s'accommode des eaux stagnantes. Elle se distingue de sa congénère à pattes blanches (*Astacus torrentium*) moins par la teinte du dessous des pinces que par des détails de conformation. Le plus caractéristique est l'aspect du rostre terminant la tête, dont la base est à peu près rectangulaire pour la première variété, nettement triangulaire chez la seconde.

Il est contrindiqué d'acheter au commerce des sujets de peuplement ; ceux qu'il fournit, importés de loin, arrivent exténués et infectés. Il sied de se procurer des Ecrevisses pêchées en rivière dans la région où sont situés les étangs. Mieux vaut, à tous égards, un essai modeste avec quelques individus sains qu'une immersion copieuse d'animaux de santé ou vigueur douteuses.