

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

Par M. SABATIER DE LACHADENÈDE

Conservateur des Eaux et Forêts.

(Suite)

Arrivons maintenant au travail inédit de M. MOREL, qui n'a pas les mêmes conceptions que M. SCHMASSMANN. Il n'étudie, d'ailleurs, que le Saumon, alors que le professeur suisse examine le problème plus général du Poisson.

M. MOREL estime que le Saumon surmonte les obstacles soit en nageant, soit en sautant, pourvu qu'il ne soit pas astreint à fournir un effort-limite, dont il s'agit d'exprimer la valeur. Et, pour cette recherche, on ne peut utiliser que ce qu'on voit : le saut.

La détermination effectuée, il sera loisible de soumettre à une discussion rationnelle les dispositifs pour l'utilisation de cet effort, destinés au franchissement des barrages et, enfin, les meilleurs moyens d'attirer le saumon au pied de ces dispositifs.

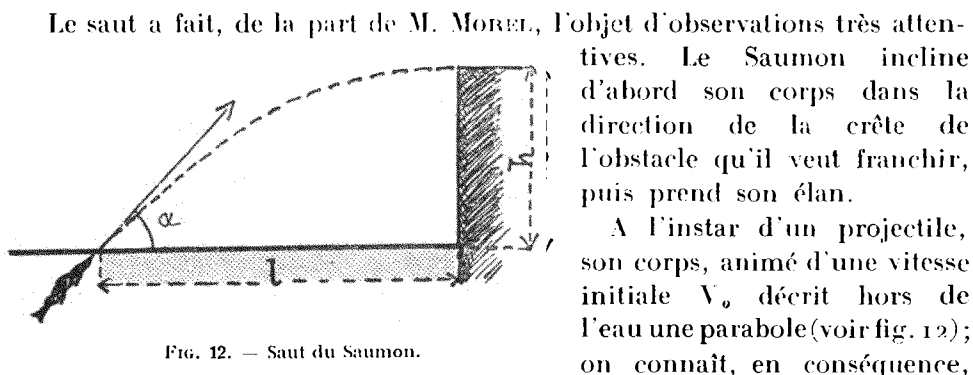


FIG. 12. — Saut du Saumon.

La relation entre cette vitesse, l'angle d'inclinaison de la trajectoire à son origine et la hauteur  $h$  du sommet de la courbe au-dessus de l'horizontale ( $h$  est, en fait, la hauteur de l'obstacle) ; on a en effet :

$$h = \frac{V_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$$

La demi-longueur  $l$  de la corde qui sous-tend la parabole, c'est-à-dire la distance du point d'émergence du Poisson au pied de l'obstacle, est donnée par la formule :

$$l = \frac{V_0^2 \text{Sin. } \alpha \text{ Cos. } \alpha}{g}$$

Substituant :

$$l = \frac{2 h}{\text{Tg. } \alpha}$$

D'où l'on déduit que, pour un barrage déterminé,  $l$  sera d'autant plus court que  $\alpha$  sera plus grand.

Pratiquement, le Saumon, en sautant, s'arrange pour que la distance soit voisine de 2 fois la hauteur de l'obstacle.

Alors  $\alpha$  est voisin de  $45^\circ$ , on peut poser  $\text{Sin. }^2 \alpha = 1/2$ , d'où :

$$V_0 = \sqrt{4 g h}$$

En admettant le saut moyen à  $1^m 25$  de hauteur,  $V_0 = 7$  mètres-secondes environ.

Telle serait la vitesse initiale du Saumon type et les courants qu'il peut remonter seraient ceux inférieurs à 7 m.-s. ; au-delà il serait entraîné ou bien resterait sur place. D'autre part, la vitesse maxima de l'eau dans une passe devra être, par exemple, de  $3^m 50$  à la seconde pour que le Saumon la puisse franchir avec une vitesse relative de  $3^m 50$ .

La vitesse limite du courant étant ainsi déterminée, M. MOREL examinant la question de la hauteur maxima à donner aux échelles à Poissons, estime que celle-ci n'est limitée par rien autre que par des motifs d'ordre financier. Il suffirait d'aménager, sur le parcours de ces échelles, en suffisance, des bassins de repos, pour que le Poisson puisse franchir n'importe quelle hauteur. Alors, il s'élance et monte rapidement, s'arrêtant aux paliers un temps plus ou moins long pour continuer ensuite son ascension ; jamais il ne reviendrait en arrière.

Des observations faites à Rjukanföss (Norvège) montrent que 26 mètres de hauteur, 285 mètres de longueur et 700 coudes n'effrayent pas le Saumon de ces régions.

Dans les passes, l'eau est blanche si elle est écumeuse, verte si elle n'est pas émulsionnée d'air. Le Saumon préfère les eaux vertes, où il voit clair et où il peut se diriger.

Pour qu'une passe puisse être franchie, il faut que l'entrée en soit d'un accès facile.

Les quelques indications suivantes peuvent guider pour leur installation.

D'abord, le Saumon recherche les masses d'eau en mouvement. Plus l'accès d'une échelle se confondra avec le courant principal de la rivière, plus elle sera facile à trouver.

Dans un courant rapide, un abri de repos est nécessaire ; l'entrée d'une

passera donc bien placée au milieu d'un gouffre où le Saumon viendra stationner.

Le bruit paraît exercer une attirance ; tel celui de l'eau tombant en cascades.

Un éclairage intense, la nuit, semble avoir une influence favorable, sans que le fait soit nettement démontré.

Enfin, les entrées à coloration foncée seraient plus facilement repérées que celles de teinte claire, et la rusticité de leur aménagement est recommandable, comme imitant la nature.

La théorie hydraulique des différents dispositifs de franchissement des obstacles fait ensuite l'objet d'une étude spéciale de M. MOREL dont voici le résumé :

1° Les simples coursiers à parois rugueuses ont une vitesse de l'eau généralement trop forte, savoir :

Pour une pente de 10 %,	de 5 m. 50	par seconde	
—	—	20 %,	— 7 m. 60 —
—	—	30 %,	— 9 m. 40 —

Tous ces chiffres étant supérieurs à la vitesse adoptée de 3 m. 50, il résulte que ces dispositifs ne devront être employés que sur des sections à longueur assez petite pour limiter l'effort à faire au moindre temps possible.

2° Les coursiers à chicane sont recoupés par des cloisons grâce auxquelles est allongé le parcours, donc atténuée la pente ; la multiplication des surfaces de frottement a aussi pour effet d'amortir la vitesse du courant par des chocs contre les parois.

3° L'échelle « Caméré » est formée d'un couloir incliné dont les côtés et le fond sont percés de fentes par lesquelles l'eau d'amont est injectée sous pression. Il en est plusieurs types, peu intéressants en raison de la grande consommation d'eau ; les résultats obtenus ont, d'ailleurs, été médiocres.

4° Les coursiers à amortisseurs du modèle « Denil » sont plus avantageux que les précédents, car c'est l'eau du coursier lui-même qui est utilisée pour freiner l'accélération due à la pesanteur.

L'amortisseur le plus simple est constitué de deux plans perpendiculaires au fond du coursier, formant entre eux un angle dièdre de 90° et inclinés à 45° sur les parois latérales. Ces plans sont échancrés de manière à laisser passage au courant.

La réduction de la vitesse du courant qui dévale est due aux frottements, aux remous, à l'absorption partielle de l'énergie cinétique par les masses d'eau tourbillonnantes.

5° Les cuves étagées à orifices noyés comportent une série de bassins en gradins en communication par des ouvertures situées au-dessous du niveau liquide. L'eau débitée par elles rencontre, dans la cuve suivante,

des veines liquides animées d'une vitesse moindre. Il se produit alors des frottements ; de plus, le courant s'épanouissant, à la sortie de l'orifice, sa vitesse diminue et diminuera d'autant mieux que la distance séparant deux cloisons successives sera plus grande. Ce système est à adopter, sur les rivières sujettes à variations de niveau, pour la partie amont des passes, mais il ne convient pas pour leur partie aval, parce que les orifices, se trouvant immergés à trop grande profondeur au moment des crues, l'eau qui s'en écoule ne provoque plus l'appel du Poisson.

6° Les vannes de fond ne sont autre chose que des orifices noyés. A la poudrerie nationale de Pont-de-Buis il en est une, traversée maintes fois par le Saumon, nonobstant une différence de niveau de 5 mètres. La vitesse du courant, donnée par la formule  $v = \sqrt{2gh}$  est de 9 m. 90 ; celle des Poissons franchissant cette vanne doit être ainsi de 11 mètres environ.

7° Les cuves étagées à déversoirs, qui ont des applications nombreuses en Norvège, ne fonctionnent bien que quand la différence de niveau d'une cuve à l'autre ne dépasse par 0,25 à 0,30. La passe Cockemouth (Cumberland), qui donne de bons résultats, a été construite sur ce principe.

8° Les cuves étagées à cascades ne peuvent être franchies par le Poisson qu'en sautant. Beaucoup de sujets se dépensent en efforts inutiles ; après 15 à 20 essais, fatigués, ils se laissent aller au fil de l'eau.

9° Les passes rustiques sont formées de bassins communiquant entre eux par des déversoirs noyés, par des coursiers à parois rugueuses ou par de petites cascades. Créusées dans le sol, ces passes comprennent le minimum d'ouvrage d'art.

Les applications de ces différents systèmes de passes à Saumon font l'objet d'une étude attentive. Mais pour ces renseignements de détail, nous renverrons le lecteur à l'ouvrage même.

Faisant maintenant application des données de MM. SCHMASSMANN et MOREL et passant de la théorie à la pratique, nous constatons qu'un courant d'une vitesse de 3,50 à la seconde pourra être vaincu par les Saumons, mais ne le sera pas par les autres Poissons qui ne peuvent remonter plus de 2 m.-s. environ.

Comme une échelle doit être utilisable par tous les Poissons, nous sommes conduits à établir les projets en adoptant cette dernière vitesse comme un maximum. Mais ceci a, évidemment, l'inconvénient d'impliquer pour la passe un développement considérable avec un prix correspondant.

Les échelles qui semblent, généralement, convenir le mieux, à s'en rapporter à l'expérience de M. SCHMASSMANN, sont celles constituées de bassins étagés en communication par orifices noyés.

Ces échelles sont, théoriquement, très satisfaisantes. Toutefois, comme

le fait observer M. MOREL, sur les rivières sujettes à amples variations de niveau, elles sont d'efficacité réduite au moment des crues.

Il conviendra, en pareille conjoncture, de recourir à l'échelle mixte formée pour la partie amont d'une passe à orifice noyé, pour la partie aval d'un coursier amortisseur ; elle se prêtera bien à toutes les variations de niveau.

Il semble même, en définitive, que ce dispositif doive être considéré comme étant, d'une façon générale, celui auquel devront aller les préférences. Bref, sauf cas exceptionnels, l'échelle la plus avantageuse serait composée, en amont de cuves étagées à orifices noyés, en aval d'un coursier « *Denil* ».

La vitesse de l'eau étant arrêtée à 2 mètres à la seconde, la différence de niveau de l'eau entre les cuves sera donnée par la formule :

$$h = \frac{V^2}{2g} = \frac{4}{19,62} = 0^m 20.$$

Les ouvertures dans les parois seraient en ligne droite pour ne pas exposer le Poisson à aller heurter la cloison d'amont d'un compartiment en poussant droit devant lui après avoir traversé l'orifice de la paroi d'aval.

Reste le choix de l'emplacement de l'échelle.

Sur ce point, il y a désaccord entre les deux spécialistes dont nous avons analysé les récents travaux.

D'après M. MOREL, le Saumon ne s'engagera dans une passe que s'il a l'impression qu'il n'abandonne pas le cours de la rivière. En outre, plus l'entrée se confondra avec le courant principal, mieux cela vaudra.

Estimant, au contraire, que le Poisson est un fervent partisan de la théorie du moindre effort, M. SCHMASSMANN pense qu'il remontera le courant en suivant les bords où la vitesse de l'eau est moindre. C'est donc là qu'il faudrait placer, de préférence, le pied de l'échelle.

Cette divergence est d'importance, alors surtout que la cause essentielle du non-fonctionnement de bien des échelles paraît bien être leur mauvaise implantation. On est amené à se demander si les Poissons en instance de remonte se comportent tous de la même manière au seuil d'un obstacle dressé sur leur chemin.

Une étude expérimentale de cette question serait assurément des plus intéressantes. En attendant, il serait peut-être prudent de ne pas fixer les pieds des échelles d'une manière invariable ; il ne semble pas impossible de prévoir, avant la construction définitive, l'installation d'une passe provisoire facilement déplaçable.

Il nous reste à comparer les méthodes SCHMASSMANN et MOREL en ce qui concerne la détermination de l'effort-limite des divers Poissons et, par suite, celle de la vitesse maxima du courant qu'ils peuvent remonter.

Certaines observations frappent le lecteur de ces deux méthodes. Pour M. SCHMASSMANN, la nage est le seul mode de propulsion. M. MOREL admet

le saut au même titre que la nage. Dans ce cas le Poisson quitte le milieu liquide pour passer dans un autre dont la résistance est toute différente. On s'explique alors mal que, de la hauteur du saut dans l'air, on puisse déduire la vitesse de nage dans l'eau. Sur ce point il semble bien que la méthode donne prise à quelques critiques, théoriquement au moins.

M. SCHMASSMANN utilise passivement les Poissons qu'il veut étudier ; il les pèse, puis les tire au bout d'un fil, se préoccupant uniquement de déterminer la résistance opposée par l'eau au mouvement du sujet en expérience.

M. MOREL observe des Saumons actifs et sautant. Il évalue la hauteur du bond, sans s'inquiéter du poids de l'animal ni de l'énergie interne qu'il développe, il en déduit l'élan nécessaire pour l'élévation à une hauteur donnée, et par suite, la vitesse dont il est accidentellement capable.

Le saut moyen du Saumon moyen est alors, pour M. MOREL, une sorte de synthèse des différents éléments dont M. SCHMASSMANN examine un en particulier, de façon attentive, en raison de son importance prépondérante.

Nous concluons de ces remarques que la méthode SCHMASSMANN nous paraît rigoureusement scientifique, avec un résultat exact pour chaque poisson étudié, alors que la méthode MOREL moins précise, ne donne, pour le seul Saumon, qu'une approximation, mais suffisante, semble-t-il, pour les besoins de la pratique.

Il serait, assurément, du plus grand intérêt de voir si les constatations faites, de part et d'autre sont ou non concordantes.

Mais, M. SCHMASSMANN n'a étudié qu'un seul Saumon, du poids de 4 k. 660 ; encore considère-t-il comme suspectes les valeurs par lui enregistrées des résistances à l'entraînement à diverses vitesses. Il est très regrettable que les expériences n'aient pas été plus nombreuses et plus poussées. Il serait indiqué de les reprendre et compléter.

Quoi qu'il en soit, MM. MOREL et SCHMASSMANN ont abordé, par des voies différentes, le problème fondamental des échelles à poissons.

Nul doute qu'en continuant les recherches par eux inaugurées, on n'arrive à des données précises sur l'aptitude des Poissons à vaincre la résistance d'un courant ; alors les échelles pourront être rationnellement construites, ce qui est la condition formelle de leur efficacité.

Qu'il nous soit permis, en terminant, d'adresser tous nos remerciements à MM. SCHMASSMANN et MOREL qui ont bien voulu nous fournir les éléments de cette communication ; ainsi nous ont-ils mis à même d'attirer sur leurs remarquables et récents travaux l'attention de ceux que préoccupent les conséquences, pour le peuplement des cours d'eau, de l'exploitation toujours plus intensifiée de la houille blanche ou verte.

---