

NOUVEAUX DISPOSITIFS POUR INTERDIRE AUX POISSONS L'ACCÈS DES DÉRIVATIONS HYDRAULIQUES

PAR M. C. GALLOIS

Conservateur des Eaux et Forêts en retraite,

et M. DE DROUIN DE BOUVILLE

Inspecteur principal des Eaux et Forêts en retraite.

(Suite) (1)

II. — APPAREILS ÉLECTRIQUES

Les grillages tournants ne peuvent pratiquement s'adapter aux dériva-tions d'une certaine importance ; de plus, ils ne s'opposent qu'au déva-lage ; or, il y a aussi grand intérêt à ce que les Migrateurs potamotoques en montée nuptiale n'aillent pas s'engager dans les canaux de fuite des usines hydrauliques.

Pour suppléer à ces insuffisances des *mechanical screens*, on eut l'idée, voici quelques années, d'électrifier des sections mouillées pour les rendre infranchissables aux Poissons, quel que fût le sens de leurs déplacements.

Les premiers essais eurent lieu dans les Etats de Californie, Oregon et Washington ; mais les résultats ne répondirent pas à l'attente et furent vivement discutés. Ici, la circulation n'était pas entravée, là, les dispositifs se montraient efficaces au point d'être dangereux. On ne tarda pas à se rendre compte que les installations péchaient pour avoir été faites de façon empirique, sans connaissances techniques ni biologiques ; on igno-rait, en particulier, comment le courant agissait sur le Poisson et à quel voltage il le paralysait sans le tuer ni léser.

C'est seulement durant l'été de 1926 que des recherches à ce sujet furent entreprises par le Professeur F. O. MAC MILLAN, du Collège d'Agriculture de l'Orégon, et par M. J. E. YATES, Ingénieur de la *Pacific Power and Light Company*, de Portland, qui finança les opérations. Elles eurent lieu à l'établissement de pisciculture de Bonneville, qui dépend de l'*Oregon Fish Commission*.

(1) Voir *Bulletin*. Septembre 1931, p. 73.

Etudes préliminaires. — D'après le compte rendu publié en 1928 (1) on se proposa, d'abord, d'étudier le comportement des Poissons dans la zone électrisée et de déterminer la tension nécessaire pour les faire pâmer, sans plus.

On se servit d'un aquarium vitré sur deux faces, celles des extrémités étant garnies de panneaux en bois, de même que le fond. Deux plaques métalliques, ayant à peu près les dimensions de la section transversale, y étaient plongées, auxquelles un transformateur fournissait un courant alternatif à 60 périodes dont l'intensité était réglable à partir de zéro.

Quatorze épreuves furent pratiquées, portant chacune sur un lot de Poissons de même taille qui varia de 4 1/2 à 80 1/2 centimètres.

Le courant était lancé, très faible d'abord, puis renforcé progressivement, de minute en minute, jusqu'à ce que les patients tombassent inertes ; à ce moment la tension était notée comme *paralysis voltage*.

Les Poissons se révélèrent sensibles à l'influence électrique ; ils réagissent par des mouvements courts et saccadés de la caudale et de légers déplacements ascensionnels. A mesure qu'on augmente la tension, l'agitation devient plus vive ; les animaux nagent en tous sens et cherchent visiblement à sortir du champ. Leur nervosité arrive au paroxysme quand va être atteint le voltage critique ; ils s'élancent ça et là, anxieux, puis affolés, pour tomber, finalement, en état de catalepsie. Les pectorales s'immobilisent perpendiculairement au corps ; celui-ci chavire et coule à fond ; tantôt les branchies paraissent complètement arrêtées, tantôt elles continuent à s'agiter faiblement. La livrée s'éclaircit sensiblement, à raison de modifications dans la répartition du pigment cutané ; celle-ci étant vraisemblablement sous la dépendance directe du système sympathique, on conçoit qu'elle soit affectée par une forte décharge électrique.

Le premier symptôme du retour à la vie est la reprise du battement des ouïes ou son accélération. Quand la fonction respiratoire est rétablie à peu près normalement, le corps, gisant sur le flanc, commence à onduler et revient, peu après, à sa position d'équilibre. Les mouvements sont d'abord lents et paresseux, mais, en général, les allures redeviennent normales au bout d'un temps qui varie de quelques secondes à 45 minutes.

Sauf ceux électrocutés, tous les Poissons soumis aux épreuves furent installés, par lots séparés, dans des auges alimentées d'eau courante ; on procéda de même pour 407 sujets de contrôle n'ayant pas subi l'action du courant. Les deux groupes, mis comparativement en observation, se comportèrent exactement de même. Deux Saumons *Chinook* (*Oncorhynchus tshawytscha* Walbaum) adultes, parmi ceux soumis aux expériences, frayèrent par la suite ; il fut constaté que leurs produits sexuels ne présentaient aucune altération.

(1) MAC MILLAN : — *Electric screens* ; — U. S. Commission of Fisheries ; — Document I 042.

Ces premières recherches du Professeur MAC MILLAN fournirent quelques données fondamentales.

Tout d'abord, la tension nécessaire pour paralyser le Poisson est relativement faible.

Ensuite, elle est inversement proportionnelle à la longueur des animaux. Ceci n'a pas été sans causer une certaine surprise et bouleverser les idées reçues, mais il n'y a pas à douter que les Poissons ne soient d'autant plus sensibles à l'action électrique qu'ils sont plus grands (1).

Enfin, le *paralysis voltage* varie dans la proportion de 1 à 4,55 suivant la résistance de l'eau, qui est minima pour l'eau de mer et maxima pour l'eau distillée. Dans la nature, on observe, en outre, sur un même emplacement, des oscillations saisonnières dont l'amplitude atteint 13 %.

Expériences fondamentales. — Ces résultats préliminaires acquis, il s'agissait de savoir si, il était possible, oui ou non, d'interdire aux Poissons, au moyen d'un champ électrique, le franchissement d'une section de rivière ou d'étang.

Pour être fixé à cet égard, une nouvelle série d'expériences fut entreprise à l'établissement de Bonneville, dans un des bassins extérieurs en ciment ayant 14^m 65 de longueur, 2^m 14 de largeur et 1^m 12 de profondeur. Sur le quart inférieur de l'un d'eux fut établie une cloison en planches jointives séparant deux compartiments identiques ; celui de droite fut intercepté par un barrage électrique constitué par deux rangées parallèles de tuyaux électrodes de 15 millimètres de diamètre, espacés de 45 centimètres, montés en parallèle ; la polarité était différente pour chacune des rangées entre lesquelles la distance était de 61 centimètres.

Relatons les plus concluantes des observations faites.

Quelques Truites ayant déjà servi pour un essai précédent furent placées dans le vivier et, durant 15 h. 1/2, on fit passer le courant sous une tension de 24,5 volts. Aucun Poisson ne franchit le dispositif.

Mais, comme un sujet déjà familiarisé avec lui ne peut plus être que très difficilement contraint à le traverser, on recommença l'essai avec 12 Truites arc-en-ciel qui ne pouvaient avoir conservé la crainte du grillage électrique. Avant la mise en charge, cinq d'entre elles, qu'on effraya, se précipitèrent et le franchirent, mais une fois l'appareil en fonctionnement, il n'en alla plus de même.

Dans un autre essai, la tension étant de 23 volts, environ 2.500 alevins de Saumon *Chinook* furent mis en observation, toute liberté de mouvements leur étant laissée. Souvent la troupe s'avancait en droite ligne vers

(1) Il semble que ce fait ait été constaté pour la première fois en Suède, dès avant la guerre, par un Ingénieur, M. MOLLER, à l'occasion de recherches ayant pour objet l'utilisation, pour la pêche, du courant électrique. Le procédé, qu'on dit maintenant au point, aurait ainsi l'avantage de permettre, par une régulation convenable du voltage, la capture des seuls Poissons qui dépassent une dimension déterminée ; il ne serait donc pas destructeur. — (*Industrias pesqueras*, Vigo ; — n° 107, 15 Septembre 1931 : — *La electricidad aplicada a la pesca de arrastre*).

les électrodes, mais faisait demi-tour lorsqu'elle n'en était plus qu'à 45-60 centimètres. Ce fretin happait continuellement les Insectes tombés des arbres environnant le bassin, mais sans s'aventurer jamais à les aller chercher au delà de la grille. On répandit sans succès de la nourriture entre les deux rangées de tuyaux. Il fallut, pour chasser quelques individus d'un côté à l'autre, jeter le désordre dans la troupe, alors qu'elle se trouvait à proximité immédiate de l'obstacle, au moyen d'un filet ou d'une perche.

On pouvait reprocher, aux expériences précédentes, d'être effectuées

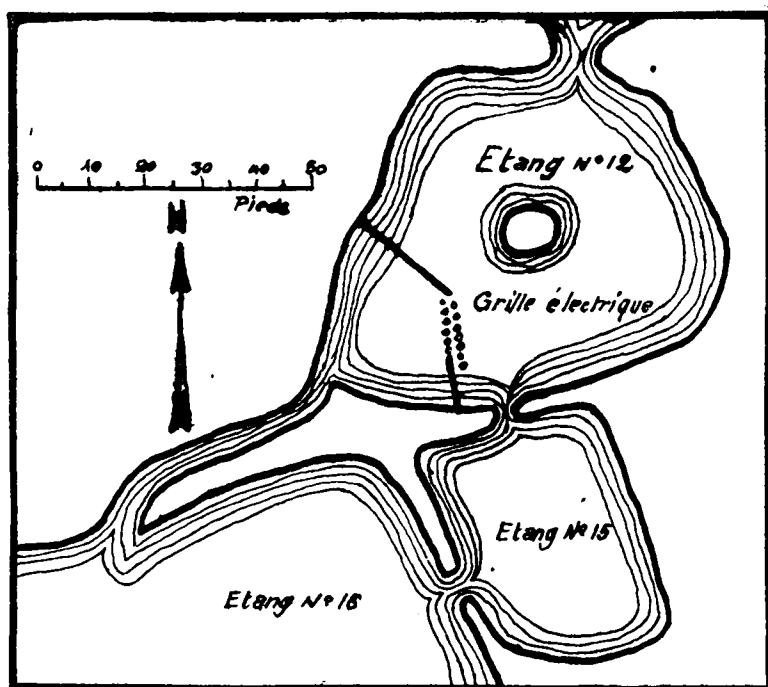


FIG. 23. — Expérience de grille électrique à la pisciculture de Bonneville (Or. gon).

dans des conditions très artificielles. En particulier, le courant d'eau étant très lent, quasi nul, le Poisson n'avait pas à réagir contre lui ; en outre, les allées et venues des visiteurs troublaient les opérations.

Malgré les résultats positifs incontestablement obtenus, on procéda donc à une épreuve nouvelle, portant sur un nombre plus élevé de sujets, en se plaçant dans une situation aussi proche que possible de la réalité naturelle.

L'étang choisi fut celui portant le n° 12. On y installa un barrage plein laissant un passage de 2^m 82 de largeur intercepté par un grillage électrique (Fig. 23). L'appareillage consistait en 14 tuyaux de 6 1/4 millimètres de diamètre intérieur et de 4,7 millimètres d'épaisseur, alignés à 45 centimètres d'écart, de centre à centre, suivant deux rangées distantes de 60 centimètres. Maintenus par des madriers, ils dépassaient de 45 centi-

mètres le niveau de l'eau et descendaient jusqu'à 5 centimètres du fond. Dans chaque ligne les électrodes recevaient un courant de même signe, positif pour l'une de ces lignes, négatif pour l'autre.

Les volumes d'eau s'écoulant vers les bassins n° 15 et n° 16 étaient respectivement de 26 1/2 et 37 litres secondes. Le Poisson était ainsi entraîné vers le second par un courant sensible, puisque majoré de 39 %. Une grille métallique ordinaire, placée à la sortie du bassin n° 12, s'opposait à l'évasion des Poissons venant à pénétrer dans la zone prohibée.

Les sujets d'expérience furent 15.000 alevins de Saumon *Chinook* qui, ayant été élevés dans le vivier même, s'y trouvaient donc à l'état normal.

Les préparatifs achevés, on fit évacuer par ces élèves la partie à leur interdire en leur distribuant de la nourriture dans l'autre, puis on fit passer un courant alternatif, à 60 périodes, d'une tension de 25 volts.

Peu après la mise en charge, les alevins, en grandes bandes, s'approchèrent de la grille, mais, aussitôt l'avant garde parvenue à la région électri-
fifiée, elle prit la fuite précipitamment et toute la troupe imita le mouvement. Un retour vers les électrodes fut suivi d'un nouveau recul. Parfois, un sujet ayant poussé trop loin, affolé, fonçait et passait. Ce cas fut très rare ; car, le premier jour de l'épreuve, 30 passages seulement furent enregistrés. Il est à noter qu'ils furent toujours le fait d'individus isolés du gros de leurs compagnons.

Vingt-quatre heures environ après leur début, les essais se trouvèrent suspendus par un arrêt fortuit du courant, de 11 h. 1/2 à 18 heures, au cours duquel 3.000 à 4.000 Poissons s'en allèrent au delà de la grille qu'il fallut ensuite ramener en deçà par une distribution de nourriture. Cet accident permit deux observations :

1° L'*electric screen* en charge arrête efficacement le Poisson ;

2° Il est prudent de le relier à deux distributions distinctes d'énergie pour prévenir tout arrêt de fonctionnement.

Après l'interruption, l'appareil fut maintenu en charge 10 jours consécutifs, de façon continue ; durant cette décade le temps fut, tantôt ensoleillé, tantôt nuageux ou pluvieux, sans que ces vicissitudes aient influé sur le comportement du système.

Quand le courant fut arrêté, 500 des 15.000 alevins, soit 3 1/3 %, avaient passé dans la zone interdite ; il avait donc été retenu 96 2/3 % de l'effectif, résultat qui peut être considéré comme excellent.

Pendant la durée des observations qui fut, au total, de 11 jours, 29 Poissons seulement furent électrocutés. Ce déchet, inférieur à 2 pour mille, est insignifiant ; il eût été d'ailleurs réduit, voir à zéro, par emploi d'électrodes de plus fort diamètre, permettant de maintenir dans le champ une tension plus uniforme.

Ces expériences de Bonneville, contrôlées par de hautes autorités techniques et administratives, ont conduit aux conclusions ci-après :

1° Le Poisson est extrêmement sensible à l'influence d'un champ électrique existant dans l'eau ;

2° Il cherche à en sortir en s'éloignant au plus vite de la source du courant ;

3° Il est possible de lui interdire l'accès d'une partie de rivière ou d'étang avec une double rangée d'électrodes convenablement disposées et recevant un courant d'un voltage suffisant, d'ailleurs très modéré ;

4° L'efficacité d'une pareille grille est rigoureusement subordonnée à l'observation, pour son installation, de quelques règles techniques assez simples ;

5° L'appareil bien aménagé et bien situé, du moment où la tension n'est pas excessive, est inoffensif pour le Poisson ;

6° Ce dernier, même quand il a reçu une atteinte paralysante, s'en remet vite et complètement, hormis le cas, exceptionnel, où il succombe instantanément.

Ces principes posés, le Professeur MAC MILLAN les compléta d'une mise en garde contre une grave erreur d'application. C'est celle que l'on commettrait en se proposant simplement d'arrêter le dévalage ; alors, on barrerait un canal par un *electric screen*, à plusieurs milles de son origine sur la rivière qui l'alimente. Mais, dans ces conditions, les Saumoneaux descendant à la mer, entraînés par leur instinct migrateur, interrompent bien leur voyage en amont de l'obstacle, mais y stationnent. A la première panne de courant, ils franchissent le rideau d'électrodes ; tout l'effet d'une interception prolongée parfois durant plusieurs mois se trouve annihilé. Il convient donc d'utiliser le dispositif à l'entrée même de la dérivation, de façon à aiguiller les Poissons catadromes vers le cours d'eau nourricier, pour y poursuivre leur itinéraire. Autrement dit, on doit utiliser la grille, non comme *stop*, mais comme *deflector*.

Premières applications pratiques. — Le compte rendu des recherches de Bonneville venait d'être publié quand MM. SHIRLEY BAKER et GILROY, Ingénieurs, furent chargés par le *Bureau of Fisheries* d'une enquête générale sur les moyens d'assurer la circulation des Migrateurs. Comme on l'a vu, ils fournirent deux rapports successifs, l'un préliminaire, à la fin de 1928, l'autre, complémentaire, au début de 1930.

Lorsqu'ils rédigèrent le premier, ils n'avaient pu étudier que deux grilles électriques, l'une tout récemment établie sur le canal de fuite de l'usine de *Gold Ray* (Oregon), l'autre, non encore réalisée, sur une dérivation de la rivière Tieton, du bassin de la Columbia (Washington).

La première, dont le projet avait été établi par MM. MAC MILLAN et YATES, fut essayée avec un courant de 95 volts qui se révéla dangereux pour le Poisson, aussi ne resta-t-elle pas longtemps en service.

Cette déconvenue incita à mettre à l'essai le procédé imaginé par M. H. T. BURKEY, de Pasadena (Californie), titulaire d'un brevet spécial

qui, en Septembre 1928, fit, à la pisciculture de Delph Creek, près d'Estacada (Orégon) une démonstration satisfaisante. Bien que l'expérience ait eu lieu en eau tranquille et porté seulement sur la Truite, le *Bureau of Fisheries* et l'*Oregon Game Commission* résolurent d'appliquer immédiatement le système et, tout d'abord, au canal Tieton.

L'approbation du projet venait d'intervenir quand MM. SHIRLEY BAKER et GILROY rendirent compte de leurs premiers travaux. A ce moment, leur impression était favorable aux conceptions de M. BURKEY.

Mais, en Janvier 1930, il n'en allait plus de même et il ressort des déclarations des deux experts que, si les principes généraux dégagés à Bonneville sont à tenir pour acquis, leur application pratique ne va pas sans certaines difficultés.

La thèse de M. BURKEY était que, pour réaliser un barrage électrique donnant toute satisfaction, il était indispensable de recourir à un courant d'un type spécial, à interruptions et inversions, obtenu en partant d'un courant primaire continu. Mais il fallait produire ce dernier, soit directement, en utilisant l'énergie hydraulique, soit en transformant, par l'intermédiaire d'une motrice génératrice branchée sur un réseau de distribution d'énergie, le courant alternatif, qui est le seul fourni par les entreprises de l'espèce. De là une indésirable complication.

Le pis est qu'à l'usage, le délicat équipement imaginé pour couper, puis changer de sens le courant continu, s'avéra incapable d'assurer pratiquement ce service. Partout où il fut mis à l'épreuve, en 1929, on observa, durant toute la saison d'irrigation, la formation d'arcs électriques de grande amplitude entravant les ruptures de courant et entraînant la détérioration des contacts.

Aussi, après avoir perdu beaucoup de temps à tenter de tirer parti des appareils BURKEY, dans les conditions prévues par l'inventeur, dut-on, finalement, renoncer à les alimenter de courant continu.

Avec le courant alternatif de fréquence 60, on obtint une atténuation de la formation des arcs et, par suite, une interruption plus effective, sous la condition de réglages fréquents et minutieux des contacts pour prévenir leur flambage.

Prévoyant la possibilité d'un fonctionnement insatisfaisant des *electric screens* avec un courant primaire continu, le *Bureau of Fisheries* avait fait procéder, à la pisciculture de Clackamas (Oregon), à des expériences d'utilisation du courant alternatif; elles parurent bien montrer que le fonctionnement du système pouvait être, de la sorte, convenablement assuré. La substitution à laquelle on se résolut, pour les diverses installations aménagées suivant les directives de M. BURKEY, fut ainsi décidée sans grande appréhension. Il fut démontré, par la suite, que cette confiance était justifiée.

(A suivre).
