

III. — Il n'a jamais été dit que la Carpe de qualité dût être vendue morte. Bien au contraire, s'il advient que la Carpe populaire soit mise à l'étal, comme la marée, sur lit de glace, celle des gourmets devra continuer à être livrée vivante aux amateurs.

R. B.

---

---

## L'ACTION DE L'ÉLECTRICITÉ SUR LE POISSON ET LA TECHNIQUE DES GRILLES ÉLECTRIQUES D'APRÈS LES TRAVAUX DU DOCTEUR HOLZER

Par M. GALLOIS

Conservateur des Eaux et Forêts en retraite

et M. DE DROUIN DE BOUVILLE

Inspecteur principal des Eaux et Forêts en retraite.

---

Nous avons déjà exposé ici, à deux reprises (1), les tentatives, couronnées de succès, qui ont été faites aux Etats-Unis en vue d'interdire au poisson le franchissement de certaines sections de cours d'eau ou dérivations, au moyen de barrages électriques. Leur supériorité fondamentale sur les obstacles mécaniques est l'insignifiance du remous.

Les Américains ont surtout cherché à dégager rapidement des solutions pratiques du problème à résoudre. Il était réservé aux Allemands de l'étudier de façon scientifique, de le mettre en équation.

Les recherches électrotechniques et ichthyobiologiques requises ont été entreprises par l'Institut hydraulique de l'Ecole Supérieure Technique de Berlin, aux frais du *Deutscher Wasserrwirtschaft-und Wasserkraftverband* (Société allemande d'exploitation des eaux et de captation de leur énergie). Elles ont été dirigées par M. l'Ingénieur-Docteur Wolfgang Holzer, qui ne s'est pas borné à élargir, en ce qui concerne les grilles électriques, les voies frayées par les Américains, mais a mis aussi au point la question de la pêche électrique, dont le promoteur fut un Suédois, M. l'Ingénieur Egron MÖLLER (2). Les comptes rendus des travaux du savant

---

(1) *Bulletin français de Pisciculture* : — Septembre 1931, p. 18 ; — Novembre 1931, p. 133 ; — Décembre 1931, p. 169 ; — Juin 1932, p. 364

(2) *La Pêche maritime, la Pêche fluviale et la Pisciculture*, Paris : — n° 699, 18 Octobre 1931, p. 1.030.

*Bulletin français de Pisciculture* : — n° 46, Avril 1932, p. 313.

allemand, publiés par divers périodiques (1), montrent les importants progrès qui lui sont dus, dans le domaine de la science pure comme dans celui de la science appliquée.

Un exposé sommaire de la question des grilles électriques d'après ces articles paraît devoir intéresser pêcheurs et industriels, électriciens et hydrauliciens.

En premier lieu, seront signalés les faits expérimentaux, sinon découverts, du moins méthodiquement analysés par le Docteur HOLZER en vue d'en déterminer les lois.

Viendront ensuite les énoncés des règles et formules grâce auxquelles peuvent être maintenant rationnellement établis les dispositifs électriques constituant pour le poisson des zones d'interdiction.

\* \* \*

Le principe de ces appareils est que le champ électrique engendré, entre deux rangées d'électrodes plongées dans l'eau, par le courant résultant de l'application d'une différence de potentiel à leurs bornes, constitue, pour le poisson, un milieu où il éprouve des stimulations pouvant aller de la simple agitation à la catalepsie ou narcose. La réaction est celle de fuite tant que l'action ne dépasse pas un certain degré d'intensité en rapport avec la puissance utilisée.

Or, la tension exercée entre deux électrodes ou deux rangées d'électrodes immergées se répartit presque uniformément dans l'espace intermédiaire. Si, par exemple, l'écartement est de 1 mètre, et qu'y soit appliquée une force électromotrice de 10 volts, sur un décimètre d'intervalle, la tension sera du dixième, soit de 1 volt.

Considérons un poisson s'interposant entre deux électrodes perpendiculairement aux surfaces d'émission. Il est soumis à un choc électrique proportionnel à la différence de tension existant entre la pointe du museau et l'extrémité de la caudale. Pour un sujet de 10 centimètres, dans le champ défini plus haut, la tension éprouvée sera donc de 1 volt.

Supposons, maintenant, que ce poisson soit une Truite de 20 centimètres ; elle supportera une tension de 2 volts. On constate que, sous son influence, l'animal entre en sommeil. Opérant sur d'autres spécimens de longueur variable, il est observé que la catalepsie survient quand ils sont soumis, entre tête et queue, à cette même tension de 2 volts dont les effets physiologiques se révèlent ainsi constants pour une espèce donnée.

Comme il s'agit, ici, de phénomènes dépendant moins de la structure intime de l'animal que de sa configuration extérieure, HOLZER a dénommé

---

(1) HOLZER : — *Der Elektrische Fischrechen* ; — *Wasserkraft und Wasserwirtschaft*, 17<sup>e</sup> cahier, 1<sup>er</sup> Septembre 1931 ; — Oldenbourg, Munich.

HOLZER : — *Allgemeine Fischerei Zeitung*, Augbourg ; — n<sup>o</sup> 14, 15 Juillet 1932, p. 218.

SCHIEFENZ : — *Fischlri Zeitung*, 35<sup>e</sup> année, n<sup>o</sup> 24, 12 Juin 1952, p. 284. — Neumann, Neudamm.

« tension de conformation » celle qui provoque la narcose de tous les poissons, grands ou petits, appartenant au même groupe spécifique ou, mieux, morphologique.

Ce principe fondamental établi que la tension déterminant un état physiologique donné est constante pour chaque type de poisson, on observe que le représentant d'un type, placé dans un champ électrique, est soumis à une différence de potentiel d'autant plus grande qu'il est plus long ; ceci à raison de la répartition uniforme de la tension entre les électrodes. Par suite, contrairement à ce que l'on serait tenté de croire, le fretin supporte aisément des tensions qui foudroient les gros sujets. Le fait avait déjà été établi, notamment par MÜLLER ; le voici scientifiquement expliqué.

On voit immédiatement les conséquences, au point de vue des applications pratiques (pêche électrique, grilles électriques), d'une connaissance mieux approfondie de l'action du courant sur le poisson.

HOLZER a établi, comme suit, pour quatre espèces, le tableau des tensions de conformation correspondant aux principales réactions :

RÉACTION	ABLETTE, CARASSIN GARDON	TRUITE
Commencement d'agitation.....	0,14-0,15 volt	0,36 volt
Fort agitation.....	0,58 volt	0,82 —
Tournis et paralysie.....	1,03 —	1,64 —
Catalepsie ou narcose.....	1,41 —	2,90 —

Il semble que, jusqu'à plus ample informé, les indications précédentes soient à tenir comme respectivement applicables aux deux grandes familles des Cyprinides et des Salmonides.

On peut donc maintenant, connaissant les caractéristiques d'un champ électrique dans l'eau, y prévoir le comportement d'un poisson de spécification et longueur connues. Réciproquement, on est à même d'obtenir d'un tel poisson la réaction souhaitée en créant un champ électrique où il soit soumis à la tension correspondante. Cette dernière s'obtient par application d'une formule. Sans doute, comme le remarque HOLZER, les calculs ne seront pas toujours aisés, mais la notion de tension de conformation permet d'établir une relation numérique entre la quantité d'électricité utilisée en vue d'une excitation et la réaction provoquée.

Toutefois, il est à noter que le comportement du poisson est influencé par l'état dynamique de l'eau.

D'après les travaux américains, on sait que le migrateur qui descend ou, surtout, remonte un courant d'eau, fait volte-face quand il arrive au voisinage d'un champ électrique lui barrant le chemin. Mais les recherches poursuivies à l'Institut hydraulique de l'École Technique Supérieure de

Berlin ont montré que les réflexes n'étaient pas les mêmes en eau calme.

Là, si l'animal éprouve une sensation désagréable, il ne semble pas en discerner l'origine et n'est plus mis en fuite. Il paraît, au contraire, incité à continuer sa progression jusqu'au moment où il tombe en catalepsie.

En eau courante, l'action du champ électrique s'exerce différemment sur les migrateurs suivant qu'ils remontent ou descendent. Il y aurait grand intérêt à pouvoir retenir les poissons dits d'avalaison, notamment les Saumoneaux et les Anguilles, à l'amont des chambres de turbines où ils risquent d'être tronçonnées. Mais, comme ils se laissent aller au fil de l'eau, on y parvient difficilement. Il est plus facile d'arrêter la remonte.

\* \* \*

Arrivons à la technique des grilles électriques.

Il était déjà connu que leur emplacement doit être judicieusement choisi. Certaines installations ont dû être déplacées pour assurer leur efficacité, par exemple, celle du canal Wapato, aux États-Unis (1).

Il est essentiel qu'au voisinage du dispositif le poisson ne soit pas exposé à être effarouché par l'homme. L'animal apeuré réagit, sous la stimulation électrique, de façon désordonnée, et peut foncer sur les électrodes au lieu de s'en éloigner prudemment ; courir à la mort au lieu d'être détourné du danger.

A proximité de toute grille électrique doit être ménagée une issue (dérivation, passe, échelle, écluse) permettant au poisson de continuer son voyage vers la mer ou les têtes de bassin ; il ne faut pas lui imposer un rebroussement contrariant sa tendance anadrome ou catadrome.

La question d'emplacement réglée, le projet sera établi désormais en se conformant aux directives de HOLZER. Celui-ci, d'accord avec le *Bureau of Fisheries*, préconise d'abord l'adoption exclusive du type de grille à double rangée d'électrodes tubulaires dans les conditions ci-après.

On tend, au-dessus et en travers du chenal à interdire au poisson, à une distance  $a$  l'un de l'autre, deux câbles parallèles auxquels sont suspendus, à un écartement  $b$ , des cylindres métalliques de rayon  $r$ , suffisamment lestés pour ne pas osciller sous l'action du courant d'eau. Reliant l'une et l'autre de ces franges à une source d'énergie électrique, on crée, entre elles, un champ électrique. Pour éviter la déperdition par le sol, les cylindres ne doivent pas arriver au contact du fond. Si on désirait constituer avec eux obstacle mécanique grossier, il serait nécessaire d'y adjoindre un dispositif d'isolement.

Le tableau suivant donne les caractéristiques de divers agencements.

---

(1) *Bulletin français de Pisciculture* : — n° 48, Juin 1932, p. 366.

TYPES	DISTANCE des rangées d'électrodes (a)	ÉCARTEMENT des cylindres électrodes de centre à centre (b)	RAYON des cylindres-électrodes (r)
1	0 M. 91	0 M. 10	0 M. 0126
2	0 — 46	0 — 63	0 — 0126
3	0 — 46	0 — 61	0 — 0314
4	1 — 25	1 — 88	0 — 0760

Suivant les circonstances et les emplacements, on adopte un type ou l'autre, en prenant en considération la nécessité de contrarier le moins possible l'écoulement de l'eau, de réduire au minimum la perte de charge hydraulique.

Entre les deux rangées d'électrodes, le champ parallélipédique par elles délimité est approximativement homogène. En deçà et au-delà, il exerce encore sur le poisson un excellent effet prémonitoire. Il est désirable, au point de vue de l'effet physiologique, que ce champ soit aussi uniforme que possible, ce qui conduit à donner la préférence à des électrodes relativement grosses.

Les relations suivantes sont indiquées comme les mieux satisfaisantes :

$$a/b = 1,4$$

$$r/b = 0,04 - 0,10$$

En Amérique on a souvent pris  $r/b=0,06$ . Pour avoir toute sécurité, mieux vaut prendre des valeurs plus élevées ; le champ devenant plus uniforme, les risques de catalepsie pour le poisson se trouveront fort atténués.

Les dimensions d'une grille une fois déterminées, le constructeur a à calculer la tension et la puissance du courant électrique requis pour son fonctionnement. Ces deux données se déduisent, approximativement, de formules semi-empiriques.

La différence de potentiel à laquelle un poisson doit être soumis, entre tête et queue, pour être contraint à déplacement, est :

$$T = 0,54 (0,415 \rho \cdot 10^4 + 0,585) \text{ volts.} \quad (1)$$

Dans cette formule,  $\rho$  est la résistivité spécifique de l'eau, qui varie de 500 à 60.000 ohms-centimètres. Pour les rivières de l'Allemagne moyenne, sa valeur est à choisir entre 15.000 et 25.000 ohms-cm. On le voit, les fluctuations de cette résistivité sont amples.

La tension requise pour l'objectif envisagé se trouvant déterminée comme il vient d'être dit, on s'assigne la longueur minima des poissons à retenir. Cette limitation ne désavantage nullement la grille électrique par rapport à la grille mécanique ; pour cette dernière aussi, il y a une limite d'efficacité posée par l'écartement des barreaux. Si, par exemple, la taille fixée est de 10 centimètres, la différence de potentiel T tirée de la formule 1 devra exister entre deux points distants de cette longueur dans

la direction du champ. Dans ces conditions, la tension, par centimètre, sera donnée par l'équation :

$$E = \frac{T}{10} = 0,034 (0,415 \rho \cdot 10^{-4} + 0,585) \text{ volts-centimètres.} \quad (2)$$

Cette tension doit être créée par la force électromotrice appliquée à la grille. Or, dans l'espace compris entre les deux rangées d'électrodes, on a sensiblement :

$$E = \frac{T}{a} = 0,8 \text{ volts-centimètres.} \quad (3)$$

T étant la tension à appliquer entre les électrodes.

Finalement, la tension cherchée s'obtient par combinaison des formules 2 et 3.

$$T = a \cdot 0,067 (0,415 \rho \cdot 10^{-4} + 0,585) \text{ volts.} \quad (4)$$

Pour le calcul de la puissance, si la résistivité spécifique de l'eau est prise égale à 1.000 ohms, celle du champ délimité par deux rangées indéfinies de cylindres de rayon  $r$ , à la distance  $a$  et à l'écartement  $b$ , immergés sur une hauteur de 1 centimètre, est donnée par la formule :

$$R = 317 \ln \frac{\sin \pi (a/b - r/b)}{\sin \pi r/b} \quad (5)$$

La puissance, pour chaque couple de cylindres, se tire de la formule :

$$P = \frac{T^2}{R} \quad (6)$$

On substitue à T et à R leurs valeurs tirées des formules 4 et 5.

On a vu qu'il convenait de prendre  $a/b = 1,4$ . Admettant cette proportion, il est loisible de calculer les résistivités pour toutes les valeurs du rapport  $r/b$  et d'en tracer la courbe. Les calculs seront ainsi facilités.

Donnons un exemple de ces calculs.

Supposons :  $\rho = 10.000$  ohms ; —  $b = 1$  M., 25 ; —  $r = 0$  M., 08.

De la relation  $a/b = 1,4$  on tire  $a = 1$  M., 75 et  $r/b = 0,064$ , valeur très acceptable pour l'homogénéité du champ.

Avec ces données, la formule 4 donne :

$$T = 175,0,067 (0,415 \cdot 10^4 \cdot 10^{-4} + 0,585) = 11,72 \text{ volts.}$$

Pour connaître la résistivité R entre deux électrodes opposées, il suffit, sur la courbe dont il a été question plus haut, de prendre l'ordonnée correspondant à l'abaisse 0,064. On trouve :

$$R_{cm} = 1,750 \text{ ohms-centimètres.}$$

Cette résistance correspond à une immersion de 1 centimètre des cylindres électrodes. S'ils plongent à 1 mètre, on a :

$$R_M = 10^2 : R_{cm} = 17,5 \text{ ohms-mètres.}$$

Le champ ayant une largeur de 125 centimètres, la résistivité totale est :

$$R = 17,5 \cdot 125 / 100 \text{ ohms-mètres} = 21,84 \text{ ohms-mètres carrés.}$$

Finalement, de la formule 6, remplaçant T et R par leur valeur, on dégage :

$$P = \frac{(11,72)^2}{21,84} = 6,38 \text{ watts-mètres carrés.}$$

Mais la valeur de  $r/b$  a été déterminée en se reportant à une courbe établie pour  $\rho = 1.000$  ohms. Dans l'hypothèse faite, cette résistivité serait de 10.000 ohms : il y a, dans ces conditions, réduction inversement proportionnelle de la puissance requise pour le fonctionnement de la grille. Autrement dit :

$$P = 0,638 \text{ watt-mètre carré.}$$

Cette méthode, qui donne des résultats suffisamment approchés pour les besoins de la pratique, dispense de calculs fastidieux.

L'exemple donné montre que la différence de potentiel entre les bornes des deux rangées d'électrodes est très faible et que la force électromotrice requise pour la création du champ électrique est également des plus réduites. Pour une grille électrique de 200 mètres carrés la consommation de courant ne dépasse pas celle qu'exige un fer à repasser. De la sorte, les frais de fonctionnement sont insignifiants comparés aux inconvénients du remous générateur de perte de charge qu'occasionnent les grilles fixes. D'après HOLZER, on peut tabler que ces frais ne représentent que le centième ou même le millième de la valeur du préjudice causé par les obstacles mécaniques.

Pour la grille dont les calculs ont été donnés à titre d'exemple, la perte de charge théorique imputable à la frange d'électrodes, pour un courant d'eau d'une vitesse de 50 centimètres-seconde, serait seulement de 20 millimètres. Et il n'y a pas à craindre ici, à raison de l'écartement des cylindres, l'obstruction par les matières charriées.

Le procédé nouveau imaginé en Amérique et mis récemment au point en Allemagne donne donc la faculté de récupérer la force hydraulique aujourd'hui perdue du fait des aménagements qu'impose la police de la Pêche pour interdire au poisson l'accès des usines hydrauliques. Son efficacité, par ailleurs, est établie. Aux Etats-Unis on a admis, à la suite de vérifications prolongées, qu'il arrête 92 à 99 % des poissons. D'après les expériences allemandes, dans des conditions plutôt défavorables, on en retiendrait 92 %.

Comme conclusion de cet exposé sommaire des intéressants travaux de HOLZER, renouvelons le souhait, déjà exprimé, de voir la France faire son profit des travaux allemands, américains et suédois, relatifs aux utilisations aquicoles de l'électricité. Spécialement, à libérer l'industrie de la servitude onéreuse que lui imposent actuellement les grilles mécaniques, on ne risque rien, au contraire : la protection du poisson n'en sera que mieux assurée.

---