

L'ÉLECTRICITÉ PROTÈGE LES POISSONS DES TURBINES

Depuis quelques années, les exploitants de centrales hydroélectriques au fil de l'eau adoptent des mesures particulières pour que les poissons puissent passer sans dommage par les installations de production d'électricité. À cette fin, une équipe de recherche du Laboratoire de Construction Hydraulique, Hydrologie et Glaciologie (VAW) de l'ETH Zurich développe et teste des grilles de guidage électrifiées. L'approche semble très prometteuse pour continuer de protéger au mieux les habitants des rivières.

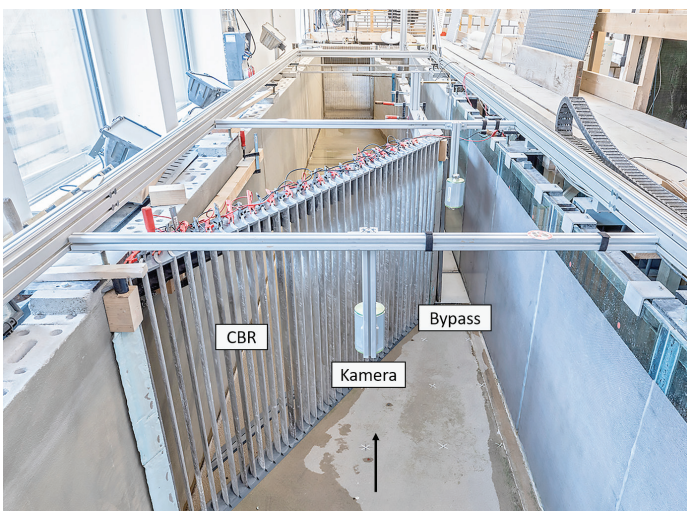


La doctorante Claudia Beck (à droite) et le doctorant Julian Meister avec la stagiaire Serafin Kattus dans le laboratoire VAW: chaque anguille a été photographiée avant et après les expériences afin de documenter d'éventuelles blessures. Photo: VAW



La centrale hydroélectrique au fil de l'eau de Stoppel dans la municipalité d'Untersiggenthal (AG), est équipée d'une grille de guidage horizontale (HBR) laquelle guide les poissons de la Limmat (spirilins, barbeaux et gardons, entre autres) dans un exutoire afin qu'ils puissent migrer en aval en contournant la centrale. Photo: Ismail Albayrak (VAW)

Les centrales hydroélectriques au fil de l'eau représentent un obstacle difficilement surmontable pour les poissons. Depuis 2011, la législation suisse impose une revitalisation des eaux et cela signifie, entre autres, une circulation sans obstacles pour les poissons. Par exemple, pratiquement toutes les centrales hydroélectriques au fil de l'eau disposent aujourd'hui de passes à poissons techniques ou d'exutoires visant à aider les truites, barbeaux et autres espèces de poissons indigènes



Le canal d'une longueur totale de 30 mètres et d'une profondeur de 1,2 mètre du Laboratoire de Construction Hydraulique, Hydrologie et Glaciologie est équipé sur l'image d'une grille verticale à barres courbées (CBR). La flèche indique le sens du courant lorsque le canal d'essai est rempli d'eau. Photo: VAW



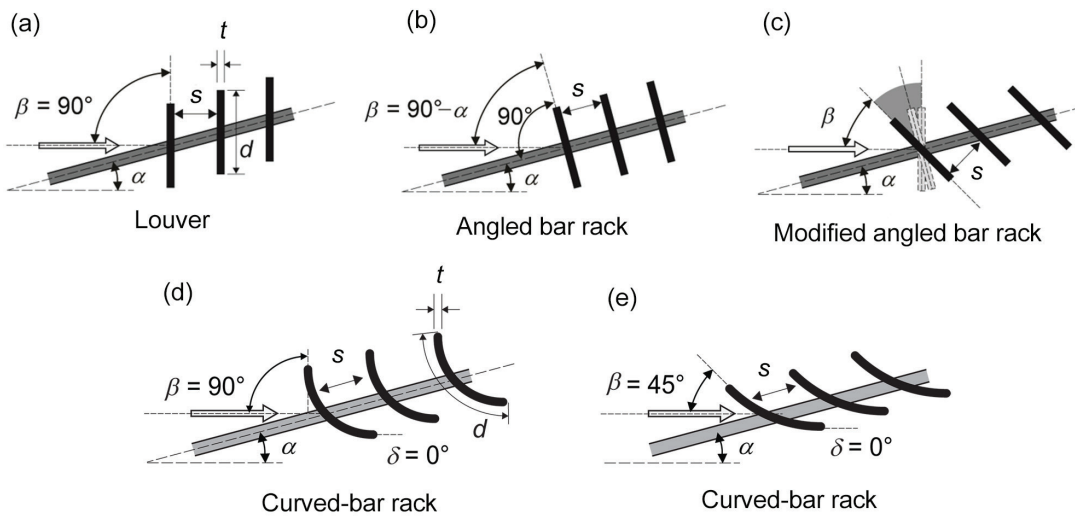
La centrale de la Limmat à Dietikon (ZH) dispose depuis l'année dernière de la plus grande grille horizontale de Suisse avec une surface de plus de 200 m² et un espacement des barres de 20 mm. La photo a été prise au mois d'août 2019, peu avant la mise en service de la centrale hydroélectrique. L'entrée de l'exutoire se situe à droite de l'échafaudage. Photo: Julian Meister/VAW

à remonter le cours de la rivière. Depuis plusieurs années, des grilles de guidage des poissons sont utilisées pour la descente des poissons dans les petites et moyennes centrales hydroélectriques. Elles empêchent les poissons de nager à proximité des turbines en les guidant vers un exutoire, lequel leur permet de contourner la centrale en toute sécurité.

Jusqu'à présent, les grilles se composaient essentiellement de barres métalliques horizontales espacées de 10 à 20 cm (les dites grilles horizontales). Les grilles constituent une barrière pour la plupart des poissons, mais elles ne protègent pas suffisamment d'autres poissons, notamment les plus petits. Les grilles de guidage des poissons présentent parfois aussi des inconvénients opérationnels: les feuilles et les algues bouchent les grilles à mailles serrées plus rapidement que les grilles d'entrée classiques des turbines. Par conséquent, une maintenance plus régulière doit être réalisée pour ne pas réduire le débit ni la production d'électricité. Notamment dans les grandes centrales hydroélectriques, où les débits sont élevés, des grilles encombrées de débris entraîneraient d'importantes pertes de production. Pour éviter cela, l'application des grilles horizontales aujourd'hui courantes entraînerait des coûts d'exploitation élevés.

L'électricité dissuade

Une équipe de chercheurs du Laboratoire de Construction Hydraulique, Hydrologie et Glaciologie (VAW) de l'ETH Zurich



Le graphique représente (vue aérienne) cinq formes de grilles de guidage à barres verticales. Les barres sont positionnées à différents angles par rapport au courant de l'eau (de gauche à droite). Les illustrations (d) et (e) montrent une grille verticale à barres courbées (Curved-bar rack/CBR) comme celle conçue par Claudia Beck dans le cadre de sa thèse de doctorat. Les grilles (c) et (e) se sont avérées efficaces pour la protection des poissons, la grille (e) ayant l'avantage de minimiser les effets négatifs sur la production d'électricité. Graphique: Rapport final EthoMoSt

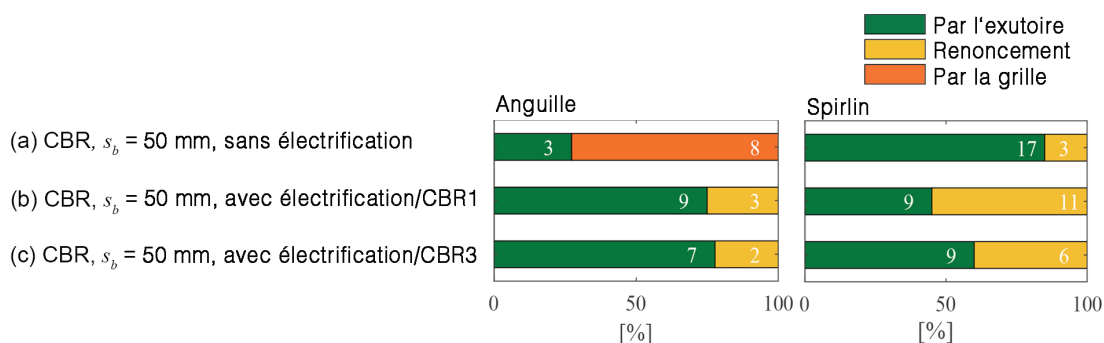
voudrait développer des grilles de guidage pour poissons ne présentant pas ces inconvénients. À cette fin, les scientifiques étudient différentes grilles horizontales, telles qu'elles sont généralement utilisés aujourd'hui, mais également différents types de grilles à barres verticales. Une idée encore récente consiste à l'électrification des grilles de guidage des poissons: « Tout comme l'électricité dans les clôtures dissuade les vaches, elle pourrait également tenir les poissons à distance de la passe », déclare la chercheuse du VAW Claudia Beck. « Ainsi, nous voulons d'une part protéger encore plus efficacement les poissons de la turbine et, d'autre part, créer les conditions permettant d'augmenter l'espacement des barres. Cela présenterait de grands avantages en termes d'exploitation et pourrait permettre à l'avenir d'utiliser de telles grilles dans les plus grandes centrales hydroélectriques ».

Dans le cadre de sa thèse de doctorat, Claudia Beck a conçu une grille verticale dont les barres ne sont pas droites comme celles des grilles verticales habituelles, mais courbées (Curved-Bar Rack/CBR en anglais; cf. graphique en haut). Dans le

laboratoire, cette nouvelle grille verticale guide les poissons efficacement vers l'exutoire et provoque nettement moins de pertes de production d'électricité en raison de la forme des barres optimisée par rapport au courant. Dans le cas d'un projet supplémentaire financé par l'OFEN, la chercheuse a étudié à l'automne 2019 si l'électrification permettait d'améliorer cette grille verticale, notamment pour les anguilles que les passes ne protégeaient pas suffisamment jusqu'à présent. A cette fin, le canal d'essai de 30 mètres du VAW a été équipé d'une grille sur laquelle passe une tension pouvant être réglée entre 38 et 80 volts. Le comportement des anguilles et des spirilins s'approchant de la grille a ensuite été analysé.

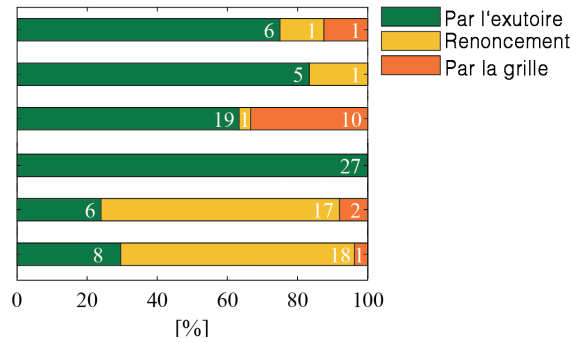
Une protection élevée pour les anguilles

Un résultat majeur de l'étude: l'anguille bénéficie dans une grande mesure de l'électrification de la grille verticale CBR. Tandis que 73% des poissons étudiés se fauillent à travers la grille non électrifiée, aucun animal n'y est parvenu en présence d'électricité (cf. graphique en bas). Au lieu de cela, la plupart des animaux ont nagé jusqu'à l'exutoire. Les animaux



Le graphique montre la réaction des anguilles et des spirilins face à la grille verticale à barres courbées (CBR), a) sans et b) avec électrification (pour deux paramètres d'impulsion différents). Les chiffres indiqués sur le graphique se basent sur la quantité de poissons étudiés. Graphique: Rapport final EthoMoSt

- (a) HBR, anguille, $s_b = 20$ mm, sans électrification
 (b) HBR, anguille, $s_b = 20$ mm, avec électrification
 (c) HBR, anguille, $s_b = 51$ mm, avec électrification
 (d) HBR, spirilin, $s_b = 20$ mm, sans électrification
 (e) HBR, spirilin, $s_b = 20$ mm, avec électrification
 (f) HBR, spirilin, $s_b = 51$ mm, avec électrification



Le graphique montre la réaction des anguilles et de spirilins face à la grille horizontale (HBR) - en fonction de l'électrification et de l'espacement des barres. Les chiffres indiqués sur le graphique se basent sur le nombre de poissons étudiés. Graphique: Rapport final EthoMoSt

restants ont « évité » le passage, c'est-à-dire qu'ils ne sont passé ni par la grille ni par l'exutoire mais ont remonté la rivière. Cet évitement est ambivalent: le danger que la turbine représente pour les animaux a été évité, mais au prix de la non migration vers l'aval, ce qui n'est pas souhaitable d'un point de vue écologique.

L'électrification de la grille verticale s'est avérée plutôt défavorable pour les spirilins: pour eux, l'électrification n'a apporté aucun avantage car les poissons évitaient déjà les grilles non électrifiées et étaient guidés avec succès vers l'exutoire. L'électrification s'est même avérée défavorable dans la mesure où une partie considérable des poissons a « évité » la descente via l'exutoire et préféré remonter. « Dans le cadre d'un projet de suivi, nous souhaitons désormais étudier s'il est possible de protéger efficacement les poissons en réduisant les tensions appliquées et en disposant les électrodes autrement tout en leur permettant de passer plus souvent par l'exutoire », déclare Claudia Beck en considérant l'avenir.

Comportement spécifique à l'espèce sur les grilles de guidage horizontales

Dans un second projet partiel, les chercheurs du VAW ont étudié l'électrification d'une grille horizontale (Horizontal Bar Rack/HBR en anglais) dont l'optimisation fait l'objet de la thèse de doctorat de Julian Meister à l'EPF de Zurich. Dans ce cas, l'anguille ne profite de l'électrification que de manière insignifiante dans la mesure où l'effet protecteur est déjà bon sans électrification avec une distance de 20 mm entre les barres. Le deuxième résultat est beaucoup plus important: apparemment, l'effet protecteur de l'électrification dans la configuration testée ne peut pas être utilisé pour augmenter l'espacement des barres, comme les essais l'ont montré. Au contraire, l'augmentation de l'espacement des barres à 51 mm a permis à un tiers des anguilles de passer par la grille. « Il était intéressant d'observer que la direction des anguilles

vers la grille avait une influence décisive sur l'effet protecteur. Cette information est très importante pour poursuivre l'optimisation du champ électrique pour la protection efficace des anguilles, indépendamment de leur direction », souligne Julian Meister.

Le résultat est différent pour les spirilins: dans leur cas, la grille à barres horizontales électrifiée a largement conservé son effet protecteur, également lors de l'agrandissement de l'espacement des barres. Toutefois, l'électrification a eu pour effet (avec un espacement plus ou moins grand) qu'une partie considérable des poissons a remonté la rivière, c'est-à-dire renoncé à la descente. Autrement dit: l'électrification développe un effet protecteur, également lorsque l'espace entre les barres est plus grand, sans pour autant que les poissons se dirigent vers l'exutoire. Encore une fois, les chercheurs voient un potentiel d'optimisation afin de rendre l'exutoire plus attrayant pour les poissons à l'avenir.



Une caméra saisit le comportement des poissons au niveau de la grille de guidage dans le laboratoire VAW de l'ETH de Zurich. En bas à droite de la grille (flèche) se trouve un barbeau qui nage à contre-courant dans l'eau qui arrive de la gauche et qui risque de passer à travers les barres horizontales de la grille. Photo: VAW



Le doctorant Julian Meister contrôle l'électrification de la grille sur son ordinateur portable et consigne le modèle comportemental particulier des anguilles. La stagiaire Serafin Kattus l'assiste dans cette démarche. Photo: VAW

L'électrification est complexe

Les résultats obtenus jusqu'à présent encouragent les chercheurs du VAW à poursuivre leurs recherches sur l'électrification des grilles de guidage des poissons. Une chose est sûre: l'utilisation de l'électricité pour la protection des poissons est extrêmement complexe. La tension appliquée n'est pas le seul élément à prendre en considération. La direction du champ électrique – c'est-à-dire le tracé des lignes de champ – semble également influencer le comportement des poissons. Comme l'indique le rapport final, l'électrification des grilles, laquelle est inoffensive pour l'homme, peut, dans le pire des cas, nuire aux poissons: « Lorsque le développement du champ électrique n'est pas optimal, même de faibles tensions (38 V) peuvent blesser grièvement les poissons ».

D'autres essais en laboratoire et sur le terrain sont nécessaires pour obtenir l'optimum en termes de protection des poissons et de production économique de l'électricité. Tandis que les recherches de l'ETH de Zurich se limitent actuellement encore au laboratoire, l'université d'Innsbruck ose passer à l'étape suivante: cette année, elle a l'intention d'effectuer un essai sur le terrain sur un site pilote sur la rivière Wertach en Bavière. Pour l'électrification, il utilise une grille qui n'est pas constituée de barres, mais de câbles d'acier tendus horizontalement.

Une électrification temporaire?

Il est aujourd'hui clair que toutes les centrales hydroélectriques ne seront pas équipées d'une grille de guidage des poissons. Le choix de la « bonne » grille dépend plutôt de divers fac-

teurs situationnels, dont la construction de la centrale hydroélectrique, la vitesse d'écoulement de la rivière ou des espèces de poissons à protéger dans le plan d'eau concerné. « La grille verticale à barres courbées conçue par nos soins est envisageable en tant que solution potentielle pour les grandes centrales hydroélectriques », affirme la chercheuse de l'ETH Claudia Beck. Avec ses collègues, elle simule actuellement l'application d'une telle grille pour la grande centrale hydroélectrique de l'Aar à Wildegg, dans le district de Brugg. Selon la déclaration de Claudia Beck, l'idée consiste à électrifier la grille de guidage des poissons de manière provisoire uniquement. Cela pourrait être le cas pendant la principale période de migration des anguilles.

- Le **rapport final** du projet « Essais étho-hydrauliques sur des grilles de guidage des poissons électrifiées (Etho-MoSt) » est disponible sur: <https://www.aramis.admin.ch/Texte/?ProjectID=41590>
- L'ingénieur Dr Klaus Jorde ([klaus.jorde\[at\]kjconsult.net](mailto:klaus.jorde[at]kjconsult.net)), responsable du projet de l'OFEN «Energie hydraulique», communique des **informations** sur le projet.
- Vous trouverez d'autres **articles spécialisés** concernant les projets phares et de recherche, les projets pilotes et de démonstration dans le domaine de l'énergie hydraulique sur www.bfe.admin.ch/ec-hydro.