

D'autres informations et renseignements



Bureau Suisse de Conseil pour la Pêche (FIBER)
Seestrasse 79
6047 Kastanienbaum
Téléphone +41 41 349 21 71
Fax +41 41 349 21 62
fiber@eawag.ch
www.conseil-suisse-peche.ch

Les liens internet suivants

www.rivermanagement.ch

Impressum

- › Auteur & Commande:
Bureau Suisse de Conseil pour la Pêche (FIBER)
- › Dr. S. Haertel-Borer
Seestrasse 79
6047 Kastanienbaum
Téléphone +41 41 349 21 71
fiber@eawag.ch
www.conseil-suisse-peche.ch
- › Traduction:
Dr. L. Frauenlob, Waldkirch (D)
G. Périat, FIBER
- › Conseils pratiques:
P. Baumann, Linnex AG, Zurich
T. Meile, EPF, Lausanne
Dr. M. Fette, EAWAG, Kastanienbaum



Schweizerische Fischereiberatungsstelle
Bureau suisse de conseil pour la pêche
Ufficio svizzero di consiglio per la pesca
Biro svizzer da cussegliaziun per la pestga

«L'effet d'éclusées»

L'impact du fonctionnement par
éclusées des centrales hydroélectriques
sur la faune et la flore aquatiques



«L'effet d'éclusées»

Qu'entend-on par fonctionnement en éclusées?

On appelle fonctionnement en éclusées le mode de production hydroélectrique qui prévoit une interruption temporaire du turbinage des centrales. Cette pratique provoque une alternance de phases à fort et à faible débit dans les tronçons de cours d'eau en aval de la restitution des usines de production électrique avec retenue. Ces fluctuations artificielles de débit et de niveau d'eau se produisent généralement selon un rythme journalier ou hebdomadaire (le plus souvent pendant les jours ouvrables, Fig. 1) et sont directement liées à la demande d'électricité. En période de forte consommation d'électricité (en journée) de grandes quantités d'eau sont turbinées, ce qui entraîne une brusque montée des eaux dans le cours d'eau en aval de la centrale. Le débit atteint lors de ces crues artificielles est souvent maintes fois supérieur au débit naturel. En période de faible demande d'électricité (la nuit et le week-end), la centrale cesse de turbiner et l'eau est stockée dans la retenue. Les faibles débits qui s'écoulent alors à l'aval de la centrale sont fortement inférieurs au débit naturel d'étiage du cours d'eau.

En quelques mots: «L'effet d'éclusées»:

- › désigne les fluctuations artificielles, souvent quotidiennes, du débit des cours d'eau occasionnées par le fonctionnement des centrales hydroélectriques;
- › résulte généralement de la production d'énergie électrique de pointe;
- › est provoqué par près de 25% des grandes centrales hydroélectriques suisses;
- › perturbe les tronçons concernés plus ou moins gravement selon son amplitude et a généralement une influence négative sur la faune et la flore;
- › peut être atténué par des actions appropriées. Des expériences pratiques et un contrôle d'efficacité restent cependant nécessaires à la validation de ces mesures.

Abflussmenge (m³/s)

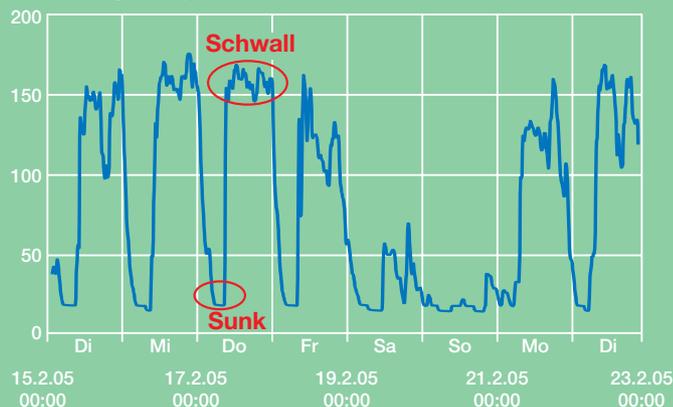


Fig. 1: Débit du Rhin alpin à Domat/Ems au cours d'une semaine de février 2005 (du mardi 15.2. au mardi 22.2.2005). Source: OFEG

Toutes les centrales hydroélectriques provoquent-elles des effets d'éclusées?

On distingue deux types de centrales hydroélectriques: les centrales dites à accumulation et les centrales dites au fil de l'eau. **Les centrales à accumulation** stockent l'eau dans leurs retenues pendant les périodes de faible demande d'énergie pour la turbiner et produire de l'électricité en période de forte consommation. En plus des variations journalières, elles peuvent générer un décalage saisonnier du régime hydrologique naturel en stockant les forts débits estivaux pour couvrir les besoins énergétiques en hiver. Cette pratique est courante dans les Alpes (8, 9*). **Les centrales au fil de l'eau** produisent de l'électricité en continu selon le régime hydrologique naturel. Certains aménagements au fil de l'eau sont toutefois capables d'effectuer un stockage journalier susceptible de provoquer des crues artificielles.

Le fonctionnement par éclusées est-il répandu en Suisse?

Environ 56% de la production nationale d'électricité est assurée par des centrales hydroélectriques (5). Pour cela, près de 95% des hydrosystèmes utilisables de manière rationnelle sont effectivement exploités (4). On estime que 25% des centrales hydroélectriques de moyenne à grande capacité (> 300 kW de puissance installée; pour comparaison: Verbois

* Les numéros entre crochets correspondent aux références bibliographiques (page 8).

= 98'000 kW, Reichenau = 18'000 kW) génèrent des fluctuations artificielles de débit (3). La plupart des tronçons soumis aux éclusées sont des cours d'eau de fond de vallée de moyenne à grande taille situés dans la zone alpine et pré-alpine (Fig. 2). Ces cours d'eau appartiennent principalement à la zone inférieure à truites ou à la zone à ombres (1).

Comment caractériser les éclusées?

Les principales caractéristiques des éclusées sont les suivantes (Fig. 3):

- **Rapport d'amplitude de débits** = Rapport entre le débit maximal au moment de l'éclusee et le débit minimal au moment du stockage dans la retenue (x:1).
- **Amplitude des cotes limnimétriques** = Différence entre le niveau maximal et le niveau minimal atteint par l'eau lors, respectivement, de la phase de turbinage et de stockage.
- **Taux de variation du débit** entre la phase de turbinage et la phase de stockage.
- **Durée, fréquence et prévisibilité** des débits écoulés.

Des rapports d'amplitude de débits allant de 1,3:1 à 30:1 ont été mesurés en hiver dans les cours d'eau suisses soumis à un régime d'éclusées; cela signifie que le débit maximal, en phase de turbinage, était de 1,3 à 30 fois supérieur au débit minimal en phase de stockage (1), communément appelé débit plancher. Un rapport extrême de 150:1 a même été observé. Par ailleurs, l'amplitude des cotes limnimétriques correspondantes était comprise entre 0,1 et 2,1 m (1).

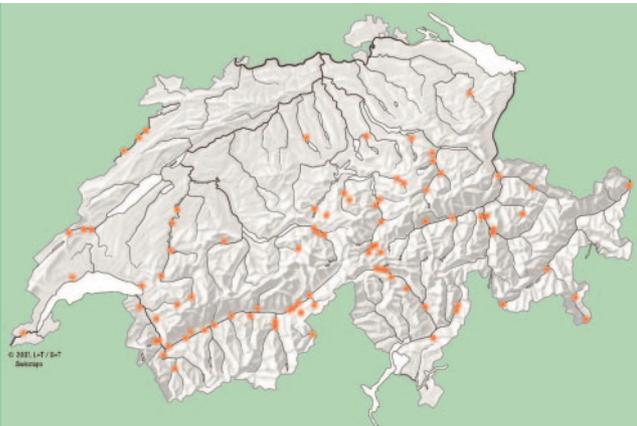
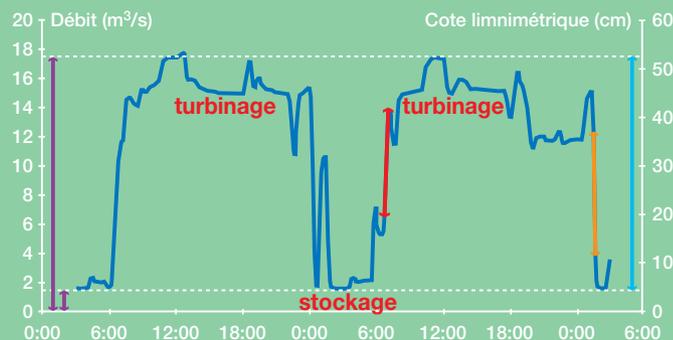


Fig. 2: Situation géographique des centrales hydroélectriques (> 300 kW) fonctionnant par éclusées en Suisse (extrait de 3).



- Verhältnis Maximalschwall : Minimalsunk = 11.7 : 1
- Taux de variation du débit entre la phase de turbinage = +0,3 m³/s
- Taux de variation du débit entre la phase de stockage = 0,84 m³/s
- Amplitude maximale de débit mesurée = 16 m³/s (48 cm)

Fig. 3: Caractéristiques des éclusées représentées à partir du débit ou des cotes limnimétriques (modifié de 1)

Comment distinguer une crue artificielle due à une éclusée d'une crue naturelle?

Contrairement aux crues naturelles, les éclusées se produisent de façon régulière et beaucoup plus fréquente. La chute des débits est beaucoup plus rapide que celle observable lors d'une décrue naturelle. Dans les cours d'eau alpins, les effets d'éclusées se font le plus ressentir pendant la période de gel hivernale, à l'origine des étiages naturels, en raison des turbinages devant répondre à la forte demande en électricité (2, 9).

Les éclusées perturbent-elles la faune et la flore des cours d'eau?

Le débit d'un cours d'eau et ses variations dans le temps ont une influence décisive sur ses conditions d'habitat. En situation naturelle, un cours d'eau ne présente pas de variations journalières de débit telles que celles causées par une exploitation en éclusées. En conséquence et à l'inverse du milieu marin, dont la zone littorale est colonisée d'espèces parfaitement adaptées aux fluctuations des marées, l'évolution n'a pas favorisé l'émergence d'organismes spécifiquement acclimatés au phénomène d'éclusées. Néanmoins, certaines espèces supportent mieux que d'autres ce genre de perturbations quotidiennes. Ainsi, le trichoptère *Allogamus auricolis* ne semble pas être trop affecté dans son développement par des assècs périodiques (6) et par des fluctuations thermiques dues au fonctionnement des centrales (10); cela lui permet de

se maintenir le long des rives des tronçons à éclusées. Les perturbations les plus fréquemment observées ayant une influence délétère sur la faune et la flore sont les suivantes:

- Brusques variations de débit, de la température de l'eau, de la largeur du lit mouillé, de la hauteur d'eau et de la vitesse d'écoulement; ces perturbations entraînent des variations soudaines de l'offre habitationnelle, notamment pour les poissons et les invertébrés benthiques (Fig. 4).
- Dérive de la faune et de la flore lors de la montée des eaux puis échouage des organismes aquatiques piégés lors de la baisse subite des débits. Chez le poisson, ce sont surtout les stades juvéniles (alevins et estivaux) qui sont les plus vulnérables puisqu'ils affectionnent les zones de refuge le long des rives.
- Baisse de la densité en individus et en biomasse ainsi que modification de la composition en espèces; souvent perte de diversité en espèces. Dans quatre hydrosystèmes autrichiens, les biomasses en macroinvertébrés benthiques ont ainsi été réduites de 75 à 95% dans les premiers kilomètres des tronçons influencés par des éclusées hydroélectriques (12). L'abondance de nourriture pour les poissons s'en trouve ainsi fortement réduite.
- De chaque côté du chenal, formation d'une zone totalement désertée puisque immergée pendant les éclusées et asséchée en phase de stockage et dont les caractéristiques habitationnelles ne sont propices ni aux organismes terrestres ni aux organismes aquatiques.



Fig. 4: L'écoulement du Doubs aux Planchettes (NE) en phase de turbinage (à gauche) et en phase de stockage (en bas)

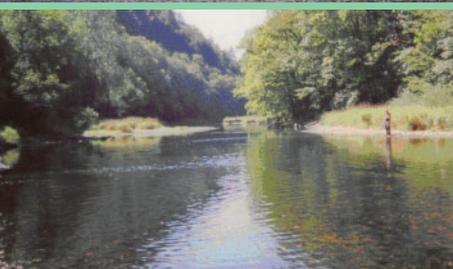


Photo: Jean Koegler

- Mise en suspension des sédiments fins lors des turbinages suivie d'une redéposition en phase de stockage. Dans le Rhin alpin et le Rhône, l'exploitation hivernale par éclusées a induit un colmatage et compactage du lit (obstruction du milieu interstitiel par des sédiments fins) (2).
- Perturbation de la reproduction chez les poissons. Le frai déposé en phase d'éclusée peut être mis à sec par la descente des eaux. Dans le Rhin alpin, le développement des œufs de truites est entravé par le colmatage du lit (voir cidessus) (2).

Quelle est la portée de l'effet d'éclusées sur le linéaire des cours d'eau?

L'effet d'une éclusée peut encore être sensible à plusieurs kilomètres en aval du lieu de turbinage. Dans près de la moitié des 144 tronçons soumis à un régime d'éclusées étudiés en France (1) et dans plusieurs rivières d'Autriche (12), un impact était encore visible à plus de 20 km à l'aval des centrales. En Suisse, les lacs en marge des Alpes et du Jura égalisent en principe les effets des éclusées; c'est pourquoi les cours d'eau situés en aval d'un lac ne présentent généralement plus de fluctuations artificielles (3).

L'effet d'éclusées s'est-il amplifié ces dernières années?

Dans le cas du Rhin alpin, une augmentation des pics d'éclusées est documentée depuis les années 1970 (2, 7). Une augmentation des effets d'éclusées est, en revanche, plus difficile à mettre en évidence sur le Rhône (2). Il convient ainsi d'adopter une évaluation au cas par cas (2). En général, l'élévation des débits turbinés suppose une augmentation de la capacité d'équipement de l'installation. Toutefois, au vu de la libéralisation du marché de l'énergie, on peut s'attendre à des éclusées plus fréquentes sans augmentation des débits de pointe.

La qualité morphologique des rivières influence-t-elle l'impact des éclusées?

Qu'il soit sous l'influence d'éclusées ou non, la qualité écologique d'un cours d'eau sera généralement supérieure sur

les tronçons référentiels, à habitats hétérogènes, qu'aux endroits morphologiquement altérés (2). Néanmoins, l'exploitation hydroélectrique a également un impact sur les hydro-systèmes naturels ou quasi naturels. A titre d'exemple, si les densités d'ombret d'un tronçon de la Drave (Autriche) soumis à éclusées étaient supérieures sur les secteurs morphologiquement restaurés, elles restaient nettement inférieures à celles de secteurs comparables, situés sur un tronçon à régime hydrologique non artificialisé (3). En outre, il est également important de signaler qu'en cas de fortes décrues, de vastes zones exondées et inhospitalières peuvent se former au sein des zones alluviales associées aux cours d'eau en-core en bon état.

L'effet d'éclusées peut-il être atténué?

- Interventions au niveau du plan de turbinage:
 - prolongation de la durée de transition entre la phase de turbinage et la phase de stockage (dans l'idéal, la vitesse de descente des eaux ne devrait pas dépasser 10 cm par heure) (4).
 - Réduction de l'amplitude des cotes limnimétriques par augmentation du débit plancher (débit résiduel) et/ou diminution du débit de pointe turbiné
 - Espacement des éclusées.
- Construction de bassins de rétention destinés à atténuer l'effet de chasse des turbinages.
- «Dérivation» des crues artificielles vers un lac ou un cours d'eau plus important par le biais d'un canal ou d'une conduite spécialement prévus à cet effet.

Des études récentes ont montré que, pour le Rhin alpin, des mesures constructives (bassin de rétention) étaient économiquement plus intéressantes que l'adaptation du régime de turbinage (7).

Existe-t-il une législation régissant l'effet d'éclusées?

L'effet d'éclusées n'est pas encore explicitement considéré comme une source de perturbation par la législation suisse sur la protection des eaux et de la pêche. Toutefois, la commission pour l'environnement, l'aménagement du territoire et l'énergie examine actuellement les possibilités d'y intégrer un réglementation spécifique.

Quels sont les besoins en matière de recherche?

- Influence de la fréquence et de l'intensité des éclusées sur la faune et la flore.
- Détermination de cotes minimales acceptables en phase de stockage et maximales acceptables en phase de turbinage
- Définition d'une vitesse acceptable de décrue des eaux
- Contrôle de l'efficacité des mesures d'atténuation des éclusées.

Littérature citée et conseillée:

- 1 Baumann P. & Klaus I. (2003): Gewässerökologische Auswirkungen des Schwallbetriebs. BUWAL, Mitteilungen zur Fischerei Nr. 75 (www.umweltschweiz.ch/buwal/shop/shop.php?action=show_publ&lang=D&id_thema=10&series=MFI&nr_publ=75).
- 2 Limnex (2004): Auswirkungen des Schwallbetriebes auf das Ökosystem der Fließgewässer: Grundlagen zur Beurteilung. Grundlagenstudie WWF (www.wwf.ch/wwfdataarchive/downloads/513.pdf).
- 3 Limnex (2001): Schwall/Sunk-Betrieb in schweizerischen Fließgewässern. Grundlagenstudie im Auftrag des BUWAL.
- 4 Jungwirth M., Haidvogel G., Moog O., Muhar S. & Schmutz S. (2003): Angewandte Fischökologie an Fließgewässern. UTB Verlag.
- 5 BWG (2005): Wasserkraftnutzung – Zahlen und Fakten (www.bwg.admin.ch).
- 6 Baumann P. (2004): Revitalisierung und Benthos der Rhone. Schlussbericht SP I-6, Rhone-Thur Projekt, EAWAG, WSL, Limnex AG (www.rhone-thur.eawag.ch).
- 7 Wickenhäuser M., Hauenstein W. & Minor H.-E. (2005): Massnahmen zur Schwallsitzenreduktion und deren Auswirkungen. Wasser Energie Luft. 97: 29-38.
- 8 Margot A., Sigg R., Schädler B., Weingartner R. (1992): Beeinflussung der Fließgewässer durch Kraftwerke und Seeregulierungen. Hydrologischer Atlas der Schweiz, Tafel 5.3, Landeshydrologie und -geologie (Hrsg.), Bern.
- 9 Meile T., Schleiss A., Boillat J.-L. (2005): Entwicklung des Abflussregimes der Rhone seit dem Beginn des 20. Jahrhunderts. Conférence sur la recherche appliquée en relation avec la troisième correction du Rhône, 9 juin, Martigny, Communication LCH No 21.
- 10 Frutiger A. (2004): Ecological impacts of hydroelectric power production on the River Ticino. Archiv für Hydrobiologie. 159: 57-75.
- 11 Halleraker J.H., Saltveit S.J., Harby A., Arnekleiv, J.V., Fjeldstad H.-P. & Kohler B. (2003): Factors influencing stranding of juvenile brown trout (*Salmo trutta*) during rapid and frequent flow decreases in an artificial stream. River Research and Applications. 19: 589-603.
- 12 Moog O. (1993): Quantification of daily peak hydropower effects on aquatic fauna and management to minimize environmental impacts. Regulated Rivers: Research & Management. 8: 5-14.
- 13 Unfer G., Schmutz S., Wiesner Ch., Habersack H., Formann E., Komposch Ch. & Paill W. (2004): The effects of hydropeaking on the success of river-restoration measures within the LIFE-Projekt «Auenverbund Obere Drau». In: Proceedings of the Fifth International Conference on Ecohydraulics – Aquatic Habitats: Analysis and Restoration, 1, 741-746; IAHR, Madrid; ISBN 90-805649-7-4.