

Restauration de la migration des poissons

Guide du contrôle d'efficacité des mesures d'assainissement



Impressum

Commanditaire

Office fédéral de l'environnement (OFEV)

Division Eaux, 3003 Berne

L'OFEV est un office du Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication (DETEC).

Mandataires

Aquarius GmbH, Föhrenweg 1, 4552 Derendingen, www.netaquarius.ch

AquaPlus AG, Gotthardstrasse 30, 6300 Zug, www.aquaplus.ch

Fischwerk, Neustadtstrasse 7, 6003 Luzern, www.fischwerk.ch

Aquatica GmbH, Hängertstrasse 13g, 3114 Wichtrach

Auteurs

Claudia Zaugg, Aquarius GmbH, Tel. +41 32 351 36 46, info@netaquarius.ch

Lukas Boller, AquaPlus AG, Tel. +41 41 729 30 00, lukas.boller@aquaplus.ch

Dr. Werner Dönni, Fischwerk, Tel. +41 41 210 20 15, werner.doenni@fischwerk.ch

Dr. Joachim Guthruf, Aquatica GmbH, Tel. +41 31 781 49 40, info@aquatica-gmbh.ch

Direction du projet

Martin Huber Gysi, OFEV

Claudia Zaugg, Aquarius

Groupe d'accompagnement

Thomas Ammann, WWF Suisse

Lukas Bammatter, OFEV, division Espèces, écosystèmes, paysages, Berne

David Bittner, section Chasse & Pêche, canton d'Argovie

Carl Robert Kriewitz, BKW Energie AG, Berne

Lucie Lundsgaard-Hansen, OFEV, Division Eaux, Berne

Ricardo Mendez, Axpo Power AG, Baden

Marcel Michel, service Pêche & Chasse, canton des Grisons

Armin Peter, FishConsulting, Olten

Ueli Rippmann, Aqua Viva, Schaffhausen

Jean-Daniel Wicky, section pêche, canton de Fribourg

Traduction

Dr. Laurence Frauenlob, Waldkirch (D)

Note importante

Ce guide a été élaboré sur mandat de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV). Son contenu n'engage que la responsabilité de ses auteurs. Par ailleurs, le document présent est une traduction. La version originale en allemand fait foi.

Photo de couverture

Photos d'Aquarius

Table des matières

RESUME	1
AVANT-PROPOS / REMERCIEMENTS	2
1 INTRODUCTION	3
2 CADRE LÉGAL	4
3 INTEGRATION DANS UN SUIVI PLUS GENERAL	5
4 ETAT ACTUEL DE LA RESTAURATION DE LA MIGRATION PISCICOLE EN SUISSE	5
5 BASES DE PLANIFICATION	7
5.1 Déroulement général du suivi	7
5.2 Maintenance	7
5.2.1 <i>Instructions pour la conception des ouvrages</i>	7
5.2.2 <i>Plan de maintenance</i>	8
5.3 Plan de contrôle de fonctionnalité technique	12
5.4 Plan de contrôle de fonctionnalité biologique	15
6 NECESSITE DU CONTRÔLE DE FONCTIONNALITÉ BIOLOGIQUE	15
7 OBJECTIFS DE L'ASSAINISSEMENT	16
7.1 Fonctionnalité biologique	16
7.2 Triage des objectifs partiels d'assainissement et choix de la méthode d'étude	18
8 CONTRÔLE DE FONCTIONNALITÉ BIOLOGIQUE POUR LA MONTAISON	21
8.1 Période d'étude	21
8.2 Durée de l'étude	21
8.2.1 <i>Suivi à l'aide de bassins de comptage ou de nasses</i>	21
8.2.2 <i>Suivi avec d'autres méthodes</i>	21
9 CONTRÔLE DE FONCTIONNALITÉ BIOLOGIQUE POUR LA DEVALAISON	24
9.1 Période d'étude	24
9.1.1 <i>Bases de décision d'ordre biologique</i>	24
9.1.2 <i>Recommandations</i>	24
9.2 Durée d'étude	26
9.2.1 <i>Contrôle manuel</i>	26
9.2.2 <i>Autres méthodes de contrôle</i>	26
10 EVALUATION	27
10.1 Principes de base	27
10.2 Méthodes d'évaluation	28

10.2.1	Montaison	28
10.2.2	Dévalaison	29
10.3	Relevés	30
11	RAPPORT	30
12	AMELIORATIONS A APPORTER	31
12.1	Montaison	31
12.2	Dévalaison	31
13	QUESTIONS EN SUSPENS – PERSPECTIVES	32
14	REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	33
ANNEXE 1:	Description des méthodes de suivi de la migration au niveau des ouvrages	35
*	Bassins de comptage	36
*	Nasses	41
*	Filets	46
*	PIT-Tagging	54
*	Comptage aux infrarouges (VAKI-Riverwatcher)	60
*	Suivi vidéo et photographique	64
*	Capture – marquage – recapture	69
*	Étude des éléments retenus par les grilles	71
*	Téléométrie	73
*	Sonars (DIDSON, ARIS)	77
ANNEXE 2:	Glossaire	81

RESUMÉ

Suite à une modification de la législation fédérale sur la protection des eaux, plusieurs centaines de dispositifs de franchissement du poisson (montaison, dévalaison) devront être construits ou assainis dans les années qui viennent au niveau des ouvrages hydroélectriques. L'entretien et le contrôle d'efficacité de ces dispositifs doivent être prévus dès la phase de conception et de planification. Des plans correspondants doivent alors être élaborés et soumis avec le dossier de demande d'autorisation dont ils font partie intégrante.

Un contrôle d'efficacité doit être mené afin de vérifier que les ouvrages assainis remplissent bien leurs fonctions et, donc, qu'il ne subsiste plus d'entrave importante de la migration des poissons au niveau des installations. Le présent guide émet des recommandations pour un entretien et un suivi qui soient à la fois efficaces et conformes à la loi. Elles permettent d'autre part de mieux comparer les suivis effectués au niveau de différents ouvrages de franchissement.

Chaque dispositif de franchissement construit ou assaini doit en premier lieu faire l'objet d'un contrôle de fonctionnalité technique. Un contrôle de fonctionnalité biologique ne peut être lancé qu'une fois que ce contrôle certifie que l'installation est conforme aux critères retenus lors de sa conception ou que les dysfonctionnements constatés ont été corrigés.

Il ne peut être fait abstraction d'un contrôle de fonctionnalité biologique qu'à titre exceptionnel: les raisons d'une telle décision doivent alors être clairement exposées dans un document devant être remis avec la demande de financement. L'autorité responsable peut toutefois exiger un contrôle de fonctionnalité biologique pour tout ouvrage de franchissement assaini si elle l'estime nécessaire.

Pour pouvoir planifier le contrôle de fonctionnalité biologique, il convient tout d'abord de définir les objectifs de l'assainissement sur la base de critères biologiques. Étant donné qu'il est en général impossible d'étudier tous les critères envisageables, un choix doit être effectué afin de définir les objectifs prioritaires lors du suivi. Lors de cette opération, les paramètres à mesurer sont précisés ainsi que les méthodes à utiliser.

La période et la durée des études sont ensuite déterminés. En effet, ces dernières doivent couvrir la principale période de migration des poissons à suivre. Le guide propose plusieurs éléments permettant de définir ces deux paramètres.

Le guide énonce ensuite les principes à suivre pour l'évaluation des résultats obtenus et précise les aspects devant figurer dans le rapport à fournir à la suite du suivi.

Si le contrôle de fonctionnalité biologique révèle des dysfonctionnements, des améliorations doivent être apportées au système. Le guide décrit la marche à suivre dans ce cas. Un ouvrage n'est considéré comme assaini qu'une fois qu'il a été démontré que les objectifs d'assainissement ont été atteints.

En annexe, le guide propose un tour d'horizon des méthodes d'étude biologique de la franchissabilité piscicole illustré par des exemples concrets.

AVANT-PROPOS / REMERCIEMENTS

Les nouvelles dispositions légales relatives à l'assainissement de la force hydraulique sont une réelle chance pour nos cours d'eau et nos poissons mais elles posent également un défi considérable pour toutes les personnes impliquées: d'ici à 2030, 700 dispositifs de franchissement vers l'amont et autant vers l'aval devront être conçus, construits ou modifiés, et leur efficacité démontrée par un contrôle d'efficacité sur le plan technique et piscicole – un projet de société difficile et complexe mais aussi extrêmement intéressant. En effet, la Suisse présente une immense diversité de cours d'eau et les dispositifs doivent être construits ou améliorés sur des ouvrages hydroélectriques existants, ce qui exclut presque tout recours à des solutions standardisées.

Dans ce guide, nous faisons un état des lieux des connaissances et du savoir-faire relatifs au contrôle d'efficacité des assainissements tout en mettant en évidence les difficultés ou lacunes encore existantes – notamment en ce qui concerne la protection physique des poissons lors de la dévalaison. Les lacunes éventuelles n'empêchent cependant pas de poursuivre sur la voie engagée, de tirer les enseignements des premiers projets réalisés et d'en faire profiter les assainissements futurs.

Le mandat a été achevée par les auteurs avec la remise du rapport final en 2017. Entre temps, de nouvelles bases théoriques ont été publiées à l'étranger, qui peuvent également être utilisées pour la planification du contrôle d'efficacité en Suisse :

- « Mindestanforderungen bei der Überprüfung von Fischaufstiegshilfen und Bewertung der Funktionsfähigkeit » (Richtlinien des österreichischen Fischereiverbands, 2020)¹,
- « Guidance for assessing the efficiency and related metrics of fish passage solutions using telemetry » (CEN Standard, 2021)², et
- «Methodische Grundlagen zur standörtlichen Evaluierung des Fischschutzes und Fischabstiegs» (DWA Themenband, 2021)³

Le groupe national d'experts sur le suivi de la migration piscicole a également publié des modèles du concept et du rapport final pour la restauration de la migration des poissons ⁴. En outre, les premiers rapports sur le contrôle d'efficacité ont déjà été publiés⁵. Les modifications importantes apportées aux ordonnances, règlements, etc. ont été mises à jour dans le présent manuel.

Une courte synthèse du présent rapport⁶ a été publiée en décembre 2016 en allemand : "Umfang und Methodenwahl Wirkungskontrollen Fischgängigkeit".

L'élaboration de ce guide a été accompagnée par un groupe interdisciplinaire d'experts (voir liste dans les mentions légales). Bien évidemment, ces experts n'étaient pas nécessairement du même avis sur tous les sujets. La présente version du guide reflète ainsi la façon dont les auteurs interprètent les prescriptions légales.

Merci à tous les participants pour les discussions ouvertes et constructives ainsi que pour les nombreuses informations précieuses qui nous ont été fournies.

Claudia Zaugg, Aquarius & Werner Dönni, Fischwerk

¹ [Fischerei-Verband: ÖFV Broschüren](#)

² [Guidance for assessing the efficiency and related metrics of fish passage solutions using telemetry](#)

³ [DWA - Methodische Grundlagen zur standörtlichen Evaluierung des Fischschutzes und Fischabstiegs](#)

⁴ [Contenus modèle du concept et du rapport final pour la restauration de la migration des poissons | Plateforme Renaturation](#)

⁵ [Massnahmen Renaturierung | Plattform Renaturierung](#)

⁶ [Umfang und Methodenwahl Wirkungskontrollen Fischgängigkeit](#)

1 INTRODUCTION

Suite à la révision de la législation fédérale sur la protection des eaux et sur la pêche en 2011, plusieurs centaines d'obstacles à la migration des poissons vers l'amont et/ou vers l'aval devront être assainis dans les années à venir (Chap. 4). À l'heure actuelle, la Suisse ne dispose pas encore de méthodes standardisées pour le contrôle d'efficacité des dispositifs de franchissement et précisant donc la durée nécessaire, les modalités d'évaluation, etc.

Le présent guide a été élaboré à partir du rapport « Umfang und Methodenwahl Wirkungskontrollen » (Zaugg *et al.* 2016) en le complétant d'aspects spécifiques et en approfondissant certaines problématiques. Il ne s'agit cependant pas d'un outil strict et contraignant qui imposerait une marche à suivre bien précise. Il émet plutôt des recommandations qui peuvent servir d'orientation pour réaliser un suivi efficace et conforme à la loi. En même temps, la méthodologie proposée doit faciliter la comparaison des données obtenues sur les différents projets. Enfin, le guide attire l'attention des utilisateurs sur les problèmes qu'ils sont susceptibles de rencontrer, sur les limites des études envisagées et sur les questions auxquelles la science n'a pas encore de réponse à ce jour.

Le contrôle d'efficacité a pour but d'évaluer si les dispositifs mis en place remplissent bien leur fonction et si, en conséquence, les ouvrages assainis ne constituent plus d'obstacle notable à la migration des poissons (Chap. 2, Chap. 7). Tout questionnement plus vaste relève de la recherche fondamentale et dépasse, sauf exception, le cadre du suivi abordé ici (où il peut éventuellement être intégré sous la forme d'installations pilotes ou d'études coordonnées par exemple). Le suivi de l'évolution des populations ne figure pas non plus parmi les objectifs propres aux suivis des effets des dispositifs de franchissement.

Les questions relatives à la planification des aides à la migration ne sont pas traitées dans le présent document. La check-list Best Practice (Hefti 2012) sera remaniée à cette fin. Certaines parties de ce guide seront intégrées dans ce travail et seront actualisées plus tard de façon périodique, en même temps que la check-list, afin de tenir compte des avancées de la recherche.

Définitions utilisées dans le cadre du monitoring global:

Le **suivi des résultats** comprend le suivi de la mise en œuvre et le contrôle d'efficacité.

Le **suivi de la mise en œuvre** évalue l'état d'avancement de la réalisation des actions prévues lors de la planification des mesures.

Le **contrôle d'efficacité** estime si les mesures réalisées ont bien les effets prévus et si les améliorations visées ont pu être produites.

Dans le cas des dispositifs de franchissement pour les poissons migrateurs, le contrôle d'efficacité comporte un volet technique (contrôle de fonctionnalité technique) et un volet piscicole (contrôle de fonctionnalité biologique).

2 CADRE LÉGAL

La **loi fédérale du 21 juin 1991 sur la pêche** (LFSP) exige que toutes les mesures soient prises pour assurer la libre migration du poisson (nouvelles installations, art. 9, al. 1, let. b LFSP; installations existantes, art. 10 LFSP). La loi ne prévoit aucune exception particulière à cette exigence. Le terme de « libre migration » concerne:

- aussi bien la montaison que la dévalaison (y-compris la protection physique des poissons)
- et les possibilités de franchissement pour toutes les espèces et classes d'âge présentes.

Dans le cadre de la planification stratégique des cantons pour la restauration de la migration des poissons, les besoins d'assainissement ont été déterminés pour la totalité des ouvrages hydroélectriques existants du pays. Un tel besoin a été identifié dans le cas où la migration des poissons est *gravement* entravée vers l'amont ou vers l'aval (annexe 4, art. 1, let. b de l'ordonnance fédérale du 24 novembre 1993 relative à la loi sur la pêche; OLFP). L'objectif d'une « libre migration » est ainsi précisé, au sens où une certaine perturbation est tolérable si elle n'atteint pas une gravité notable.

Selon l'art. 9c, alinéa 3 OLFP, les détenteurs de centrales hydroélectriques sont tenus, sur ordre des autorités, de vérifier l'efficacité des mesures. Ce suivi fait partie intégrante de la planification des mesures et il doit être pris en compte dans la conception des projets et l'évaluation des coûts. Selon l'annexe 3, ch. 3.1d de l'ordonnance du 1^{er} novembre 2017 sur l'énergie (OEne), les coûts de la planification et de l'exécution du contrôle de l'efficacité des mesures sont indemnisés.

Tout comme le choix et la mise en œuvre des mesures d'assainissement, l'évaluation de leurs effets obéit à des impératifs économiques et son ampleur doit donc être définie de manière à ce que les coûts demeurent raisonnables en regard du but recherché (OFEV 2016). Les aspects de rentabilité et de proportionnalité des coûts doivent être pris en compte au même titre que le principe de précaution (art. 1 al. 2 de la loi fédérale du 7 octobre 1983 sur la protection de l'environnement, LPE et art. 3 LEaux).

Si le contrôle d'efficacité révèle qu'un dispositif de franchissement ne permet pas d'atteindre les objectifs fixés (Chap. 7), les autorités cantonales peuvent ordonner des mesures supplémentaires. Dans ce cas, le détenteur de la centrale concernée peut à nouveau déposer un dossier de demande d'indemnisation conformément à l'OEne.

En ce qui concerne le contrôle d'efficacité des mesures de rétablissement de la migration des poissons et des écrevisses (mise en œuvre des mesures imposées par la loi), aucun permis d'expérimentation animale n'est requis pour les méthodes standard suivantes⁷ : capture par pêche électrique, anesthésie, marquage au moyen de PIT-tags, remise à l'eau et contrôle ultérieur de réception du signal du PIT-tag. Si une autre méthode doit être utilisée, nous recommandons de contacter le service cantonal de la pêche pour clarifier les exigences actuelles.

Les cantons sont tenus de remettre un compte-rendu des mesures réalisées à la Confédération tous les 4 ans (première fois en 2018 ; publication de l'OFEV (2020) « État de l'assainissement écologique de la force hydraulique 2018 »)⁸.

⁷ [Information technique: Autorisation de pratiquer des expériences sur animaux pour procéder à des examens, des recensements et des projets de recherche concernant les animaux vivant à l'état sauvage 4.03](#)

⁸ [État de l'assainissement écologique de la force hydraulique 2018 - OFEV](#)

3 INTEGRATION DANS UN SUIVI PLUS GENERAL

Étant donné que l'efficacité des mesures d'assainissement doit être vérifiée dans tous les domaines de la renaturation des eaux, les cantons doivent coordonner les différentes actions en ce sens afin de profiter des synergies éventuelles.

Une réflexion est actuellement menée pour tenter de savoir si, grâce à des instructions méthodologiques adaptées et standardisées, il serait possible de rassembler les données de tous les suivis dans un monitoring global. Dans ce but, il convient de définir des normes pour un set minimal de données. Étant donné que ce travail de coordination n'est pas encore achevé, aucune instruction précise ne peut être donnée dans ce sens dans le présent guide.

4 ETAT ACTUEL DE LA RESTAURATION DE LA MIGRATION PISCICOLE EN SUISSE

Les planifications stratégiques cantonales montrent que de nombreuses centrales hydroélectriques ne sont pas équipées de dispositifs de franchissement du poisson, ou alors de dispositifs non fonctionnels. Certaines n'offrent aucune protection aux poissons en cas de migration vers l'aval. Sur les quelque 2000 obstacles liés à la force hydraulique qui ont été recensés en Suisse, 35 % doivent être aménagés pour les rendre franchissables vers l'amont et/ou vers l'aval (Fig. 1).

Dans le cadre des planifications, la composition de la faune piscicole des cours d'eau concernés n'a pas été indiquée. En revanche, la présence de certaines espèces a été mentionnée (anguille, ombre commun, truite de rivière ou de lac, barbeau, saumon, nase). Sur la base de ces informations, les obstacles ont été répartis en trois catégories, selon qu'ils se trouvent dans une rivière à truites, à truites et chabots ou à peuplement varié (Tab. 1). Il apparaît que plus de la moitié des ouvrages à assainir se situent dans un cours d'eau à peuplement piscicole varié. Les autres sont probablement surtout localisés dans des rivières à truites, où il n'est cependant pas exclu de rencontrer d'autres espèces non recensées (chevaine, par exemple).

Tab. 1: Obstacles dus à des centrales hydroélectriques devant être assainis, classés selon les espèces piscicoles recensées dans le cours d'eau concerné lors de la planification des assainissements (données OFEV, état de juin 2016, sans les données du canton de Genève)

Espèces piscicoles présentes	Obstacles à assainir [%]	
	Montaison (N=665)	Dévalaison (N=697)
Truite seule (rivière/lac)	16	18
Truite + chabot	31	26
Anguille, ombre, barbeau ou nase	53	56

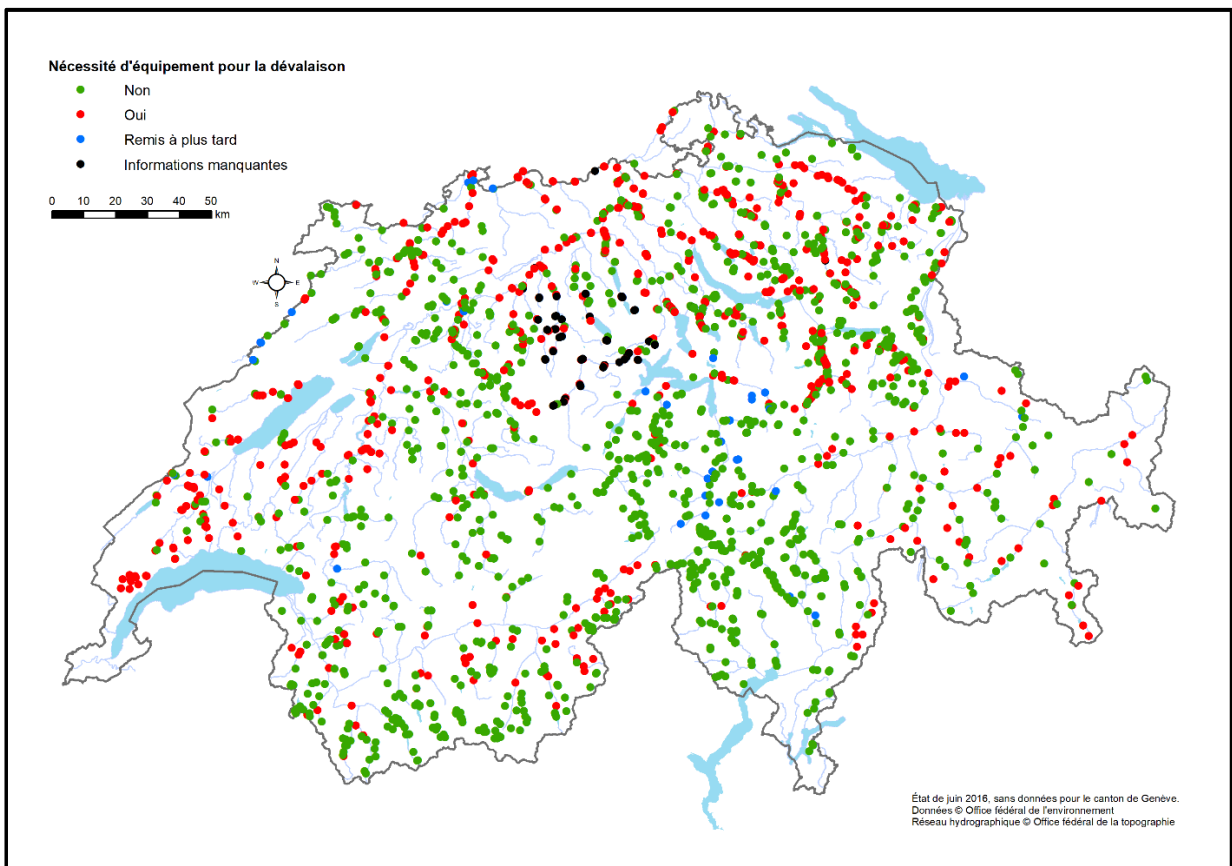
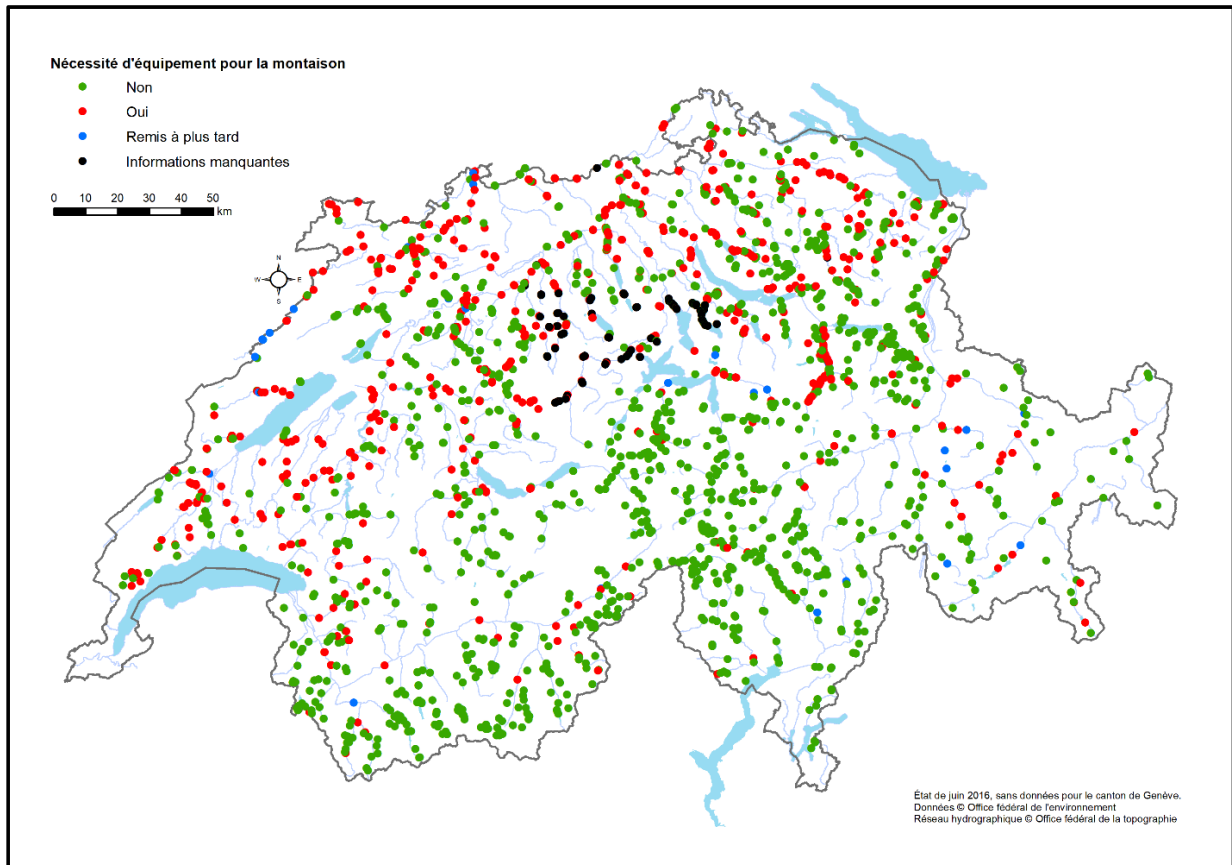


Fig. 1: Nécessité d'équipement des obstacles liés aux centrales hydroélectriques pour la montaison (en haut) ou la dévalaison (en bas). Les ouvrages indiqués en rouge doivent être assainis. (Données OFEV, état de juin 2016).

5 BASES DE PLANIFICATION

5.1 Déroulement général du suivi

Le contrôle d'efficacité d'un dispositif de franchissement se déroule en plusieurs étapes (Fig. 2). Les premières consistent à élaborer, dans le cadre de la planification des mesures, un plan de maintenance du système (Chap. 5.2) et deux plans de contrôle d'efficacité, l'un pour les aspects techniques¹ (Chap. 5.3), l'autre pour les aspects piscicoles (Chap. 5.4). Cette manière de procéder garantit la prise en compte, dès le début du projet, de toutes les interventions qui seront éventuellement nécessaires, au niveau des constructions ou du fonctionnement des ouvrages, pour permettre l'entretien du dispositif et le suivi de ses effets. Les plans correspondants doivent être soumis en même temps que la demande de financement.

Le contrôle de fonctionnalité biologique ne peut démarrer qu'une fois que le contrôle de fonctionnalité technique a montré que les modifications souhaitées au niveau géométrique, morphologique et hydraulique ont été atteintes. Les dysfonctionnements éventuels doivent être corrigés à ce niveau. Le dispositif doit ensuite être entretenu pendant toute sa durée de fonctionnement conformément au plan établi.

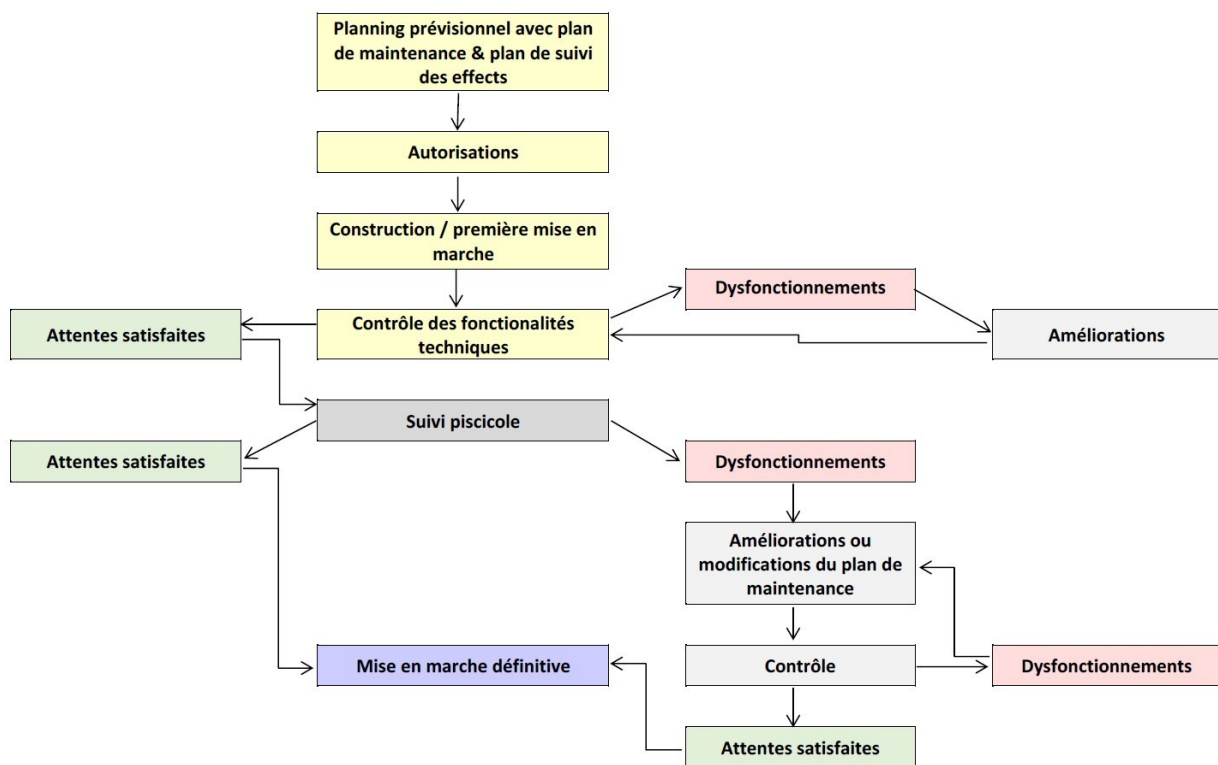


Fig. 2: Déroulement du contrôle d'efficacité d'un dispositif de franchissement de la première mise en marche jusqu'à la mise en route définitive

5.2 Maintenance

Selon l'ordonnance sur l'énergie, les coûts liés à l'entretien et à la réparation des dispositifs de franchissement des ouvrages hydroélectriques ne sont pas indemnisés et sont à la charge des détenteurs des centrales.

5.2.1 Instructions pour la conception des ouvrages

À la lecture des rapports de planification stratégique établis par les cantons, il apparaît que, parmi les dispositifs de franchissement bien conçus et bien contruits², beaucoup fonctionnent mal en raison d'un entretien insuffisant ou inapproprié.

¹ Ou contrôle de fonctionnalité technique

² Ce problème n'est pas le privilège de la Suisse: une étude systématique menée dans le bassin de la Loire, par exemple, a montré que sur 10 passes à poissons recensées, 4 seulement fonctionnaient correctement tandis que 5 présentaient des dysfonctionnements en raison d'un manque d'entretien ou d'une mauvaise exploitation et qu'une avait été mal conçue (Hilaire & al. 2014).

La question de l'entretien doit donc être systématiquement prise en compte dans la planification et, au mieux, ses modalités précisées dans l'autorisation accordée en vertu de la législation sur la pêche. De manière générale, toutes les installations doivent être conçues de façon à nécessiter le moins d'entretien possible et à être faciles à contrôler :

- Les ouvrages doivent être conçus de façon à demander un minimum d'entretien.
- Le risque d'obturation doit être minimisé au niveau des passages étroits.
- Tous les éléments de l'ouvrage doivent être accessibles et faciles à entretenir (manuellement ou mécaniquement: prévoir au besoin des pontons, des escaliers, des rambardes, etc.).
- Le dispositif de franchissement doit être conçu de façon à ce que les corps flottants et les matériaux charriés ne s'y accumulent pas ou très peu (pas de liaison directe avec le bief amont dans le cas des ascenseurs par exemple).
- Le dispositif doit pouvoir être mis à sec (à part les ruisseaux de contournement).
- La dotation de l'ouvrage doit être facile à maintenir et à contrôler (mesure automatique de débit, toises, etc., Fig. 5).



Fig. 3: Le contrôle de passes à poissons longées par des murs verticaux élevés demande un travail important et présente certains risques (Aquarius)

5.2.2 Plan de maintenance

Le plan de maintenance ou d'entretien ne peut être défini de façon standardisée ; il doit être élaboré au cas par cas en fonction du type de dispositif, du risque de colmatage par les flottants, etc.

Fréquence des contrôles

Il est recommandé de réaliser les contrôles suivants sur tous les dispositifs de franchissement :

- Contrôles de routine** (1 x par semaine par ex.): effectuer régulièrement un contrôle visuel de l'état général de l'installation ; prendre des mesures en cas de besoin. Plus les inspections sont régulières et la détection de problèmes ou dégradations est précoce, plus la réparation est aisée et plus il est probable d'éviter un endommagement durable.
- Contrôles supplémentaires dans les situations particulières:** dans certaines situations (après une crue, lors de la chute massive des feuilles, etc.), il est important de contrôler l'ensemble du dispositif et de veiller à son bon état de fonctionnement.
- Contrôles détaillés** (1 x par an, par exemple): les contrôles de détail peuvent nécessiter une mise à sec du dispositif de franchissement ou de réduire le débit jusqu'à ce que les éléments à inspecter soient bien visibles. Il est alors possible de vérifier le bon état de toutes les parties du dispositif et, notamment, de détecter d'éventuels signes d'usure.

Nature des contrôles à effectuer – ouvrages de montaison

Toutes les parties du dispositif de franchissement doivent être contrôlées (Tab. 2):

- État général** de l'ouvrage et des **débites** dans les différents **bassins**
- Prise d'eau**: absence de colmatage, débit conforme, absence d'engravement
- Ouvrage de montaison**: niveaux d'eau (évalués à l'aide de repères et toises, Fig. 5), dépôts de graviers ou de sables, colmatage des points de passage, fonctionnalité du substrat de fond
- Raccordement au bief aval**: courant d'attrait, accessibilité de l'entrée (absence d'engravement)
- Débit complémentaire éventuel**: protections, réglage des pompes etc., absence d'embâcles

Les résultats de l'inspection doivent être notés dans un protocole. Dans le cas où un problème constaté ne pourrait être résolu lors de l'inspection (enlèvement d'un embâcle au râteau par exemple), des interventions supplémentaires doivent être prévues et menées.

Tab. 2: *Protocole d'inspection d'une passe à bassins successifs à échancrures latérales ou à fentes verticales. Les paramètres à contrôler doivent être modifiés pour d'autres types d'ouvrages³*

Informations générales				
Date:				
Nom de l'agent:				
Débit passe à poissons:				
Débit cours d'eau:				
	Méthode	Résultat	Problème résolu	Autres interventions nécessaires (entretien, réparations) - Lesquelles?
État général de l'installation				
Dommages	Constat visuel	Oui/Non	Oui / Non	
Fuites	Constat visuel	Oui/Non	Oui / Non	
Végétaux indésirables	Constat visuel	Oui/Non	Oui / Non	
Prise d'eau				
Embâcles	Constat visuel/râteau	Oui/Non	Oui/Non	
Engravement	Constat visuel/toise	Oui/Non	Oui/Non	
Dotation	Constat visuel/mesurage	Oui/Non	Oui/Non	
Passe à bassins successifs / à fentes verticales				
Différence de niveau trop importante entre les bassins	Constat visuel/mesurage	Oui/Non	Oui/Non	
Engravement	Constat visuel/toise	Oui/Non	Oui/Non	
Fonctionnalité du substrat fond	Constat visuel	Oui/Non	Oui/Non	
Comatage des fentes, des échancrures ou des orifices	Constat visuel/râteau	Oui/Non	Oui/Non	
Raccordement au bief aval				
Courant d'attrait correct	Constat visuel	Oui/Non	Oui/Non	
Accessibilité de l'entrée de la passe	Constat visuel/toise	Oui/Non	Oui/Non	
Supplémentaire				
Bon réglage de la vanne	Constat visuel	Oui/Non	Oui/Non	
Fonctionnement de la pompe	Constat visuel	Oui/Non	Oui/Non	
Obturation de la prise d'eau	Constat visuel/râteau	Oui/Non	Oui/Non	
Obturation de la grille de la restitution	Constat visuel	Oui/Non	Oui/Non	

³ Selon KWO, les ascenseurs à poissons non raccordés au bief amont demandent peu d'entretien. Si, en revanche, une telle connexion existe, le risque de colmatage par apport de matériaux est plus élevé et demande une plus grande vigilance. D'après IUB, les écluses à poissons doivent être régulièrement vidangées afin de vérifier l'absence de d'embâcles et de dépôts et d'effectuer les interventions de maintenance nécessaires. Des orifices à hauteur d'homme doivent être prévus afin de permettre aux agents d'entretien de pénétrer dans l'ouvrage à sec. L'état des ouvertures d'entrée et de sortie doit être régulièrement contrôlé ; leur nettoyage n'exige cependant pas de vidange de l'écluse. Le bon fonctionnement de l'éclairage doit être vérifié dans les parties enterrées.



Fig. 4: L'obturation, même partielle, des passes à poissons par des corps flottants modifie leurs caractéristiques hydrauliques. Si ces flottants ne sont pas retirés régulièrement, ils peuvent entraver le passage des poissons vers l'amont et endommager certains éléments sensibles du dispositif (brosses de fond, éléments en bois, etc.) voire même blesser les poissons (Aquarius)

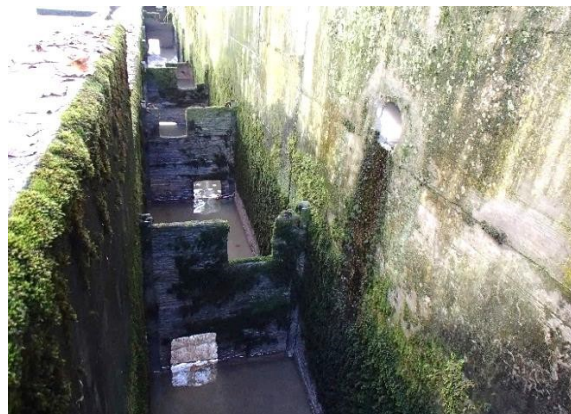


Fig. 5: Les repères ou toises installés sur les parois facilitent le contrôle de certains paramètres. À l'occasion de vidanges périodiques, l'état de l'ouvrage peut être contrôlé dans sa totalité. (Aquarius)



Fig. 6: L'accumulation de graviers à l'entrée du dispositif de franchissement peut empêcher ou limiter son accessibilité. Des sédiments fins peuvent se déposer dans les passes naturelles et les bassins de repos ; il est nécessaire de les retirer s'ils gênent le passage des poissons (Fischwerk/Aquarius)

Nature des contrôles – ouvrages de dévalaison

Les ouvrages de dévalaison doivent, eux aussi, être régulièrement inspectés afin de vérifier leur bon fonctionnement et de détecter toute dégradation et tout colmatage par des flottants ou encombrement par des sables et graviers. Une attention particulière doit être accordée au risque de blessures pour les poissons (Tab. 3):

- Les zones traversées à grande vitesse par les poissons ne doivent pas présenter d'éléments saillants ou susceptibles d'occasionner des blessures (embâcles, vis ou éléments métalliques dépassant des parois, etc.).
- L'exutoire doit déboucher sur une zone libre de corps flottants et suffisamment profonde (pas d'engravement) afin que les poissons ne se blessent pas en entrant dans le bief aval.

Les exutoires peuvent éventuellement être munis de couvertures amovibles (caillebotis) permettant un meilleur contrôle visuel et un meilleur accès aux embâcles éventuels à enlever.



Fig. 7: Les éléments métalliques saillants peuvent blesser les poissons dans les passages rapides vers l'aval. Le même danger peut émaner de flottants accumulés dans l'exutoire ou à sa sortie (Aquarius/Økland et al. 2016)



Fig. 8: L'accumulation de corps flottants au niveau de la grille ou de l'entrée dans l'exutoire peut entraver voire empêcher la dévalaison (Hilaire et al. 2014)

Le contrôle de fonctionnalité technique est donc réalisé après l'achèvement des travaux et avant le contrôle de fonctionnalité biologique. Ce dernier ne peut être lancé qu'une fois que le contrôle de fonctionnalité technique a prouvé que tous les paramètres techniques et hydrauliques étaient conformes aux critères retenus lors de la conception de l'ouvrage.

Pour les ouvrages de nature à se modifier au cours de leur utilisation (passes « naturelles » à bassins successifs et à substrat rugueux ou rampes en enrochement, par exemple) ou après une modification des aménagements ou de leur mode de fonctionnement, l'exploitant est tenu de s'assurer du bon fonctionnement des dispositifs de franchissement piscicole. Le canton a alors un devoir de surveillance.



Fig. 9: Les crues peuvent déplacer les blocs d'une rampe en enrochement, ce qui peut modifier sa franchissabilité. Les blocs rocheux des passes « naturelles » peuvent, eux aussi, bouger avec le temps. (Aquarius)

- ⇒ Un plan de maintenance, un plan de contrôle de fonctionnalité technique et un plan de contrôle de fonctionnalité biologique doivent être élaborés dès la phase de conception du dispositif. Ce travail de planification est financé par le fond d'indemnisation.
- ⇒ Le suivi d'ordre technique doit impérativement avoir lieu.
- ⇒ Les défauts techniques éventuels doivent être corrigés avant le début du contrôle de fonctionnalité biologique. Le plan de maintenance doit éventuellement être modifié en fonction des résultats du contrôle de fonctionnalité technique.
- ⇒ Si des modifications surviennent lors de l'exploitation d'une centrale ou d'un ouvrage, l'exploitant est tenu de s'assurer du bon fonctionnement des dispositifs de franchissement piscicole. Le canton a alors un devoir de surveillance.

Tab. 4: Paramètres à considérer pour le contrôle de fonctionnalité technique des passes à fentes verticales (les paramètres à contrôler doivent être modifiés en fonction du type d'ouvrage).

Aspects géométriques/morphologiques	Aspects hydrauliques
Prise d'eau dans le bief amont	Prise d'eau dans le bief amont
Nature du raccordement avec le fond du lit	Vitesse d'écoulement en sortie de la passe
	Conditions d'entrée du flux
Passé à poissons (par bassin/par fente)	Passé à poissons (par bassin/par fente)
Longueur du bassin	Profondeur d'eau en dessous de la cloison
Largeur du bassin	Profondeur moyenne du bassin
Largeur de la fente	Différence de niveau entre bassins
Rugosité continue du substrat	Vitesse maximale du courant près du fond
Épaisseur du substrat	Distribution des vitesses en fonction de la hauteur au niveau et en dessous de la fente
Configuration des éléments insérés (cloison, mur de guidage, déflecteur central)	Puissance volumique dissipée maximale
Pente	
Entrée dans la passe à partir du bief aval	Entrée dans la passe à partir du bief aval
Nature du raccordement avec le fond du lit	Vitesse du débit d'attrait (entre Q30 et Q330)
Angle du courant d'appel par rapport à l'écoulement principal (angle d'embouchure)	Vitesse du débit d'attrait à différentes cotes du bief aval
	Dotation (avec débit complémentaire éventuel)
	Dotation entre le Q30 et le Q330
	Dotation à différentes cotes du bief amont
	Hydraulique au niveau de la restitution du débit complémentaire d'attrait

Tab. 5: Paramètres à considérer pour le contrôle de fonctionnalité technique d'un dispositif de dévalaison (système « grille de guidage – by-pass »). Les paramètres à contrôler doivent être modifiés en fonction du type d'ouvrage.

Aspects géométriques/morphologiques	Aspects hydrauliques
Grilles de protection et de guidage/gouttière	Grilles de protection et de guidage/gouttière
Écartement des barreaux	Vitesse minimale, maximale et moyenne du courant arrivant à la grille
Inclinaison de la grille	
Largeur/hauteur de la gouttière	
Entrée dans l'exutoire	Entrée dans l'exutoire
Position et dimensions des ouvertures	Vitesses du courant/accélération
Nature du raccordement avec le fond du lit	Dotation minimale et maximale
Exutoire	Exutoire
Dimensions	Vitesse maximale dans l'exutoire
Rayons des courbures éventuelles	Profondeur maximale dans l'exutoire
Configuration des ouvrages de contrôle éventuels	Vitesses d'écoulement et profondeurs au niveau des ouvrages de contrôle éventuels
Contrôle de l'absence de risques de blessures (surfaces lisses, arrondissement des angles adapté au courant)	
Sortie dans le bief aval	Sortie dans le bief aval
Hauteur de chute pour différents niveaux d'aval	Perturbation éventuelle du courant d'attrait du dispositif de franchissement vers l'amont
Profondeur minimale en sortie	

5.4 Plan de contrôle de fonctionnalité biologique

Le plan de contrôle de fonctionnalité biologique doit fournir toutes les informations permettant aux autorités de comprendre la nature, l'ampleur et la nécessité des études prévues. Les aspects suivants doivent être abordés:

- Situation du site à étudier vis-à-vis de la migration piscicole
- Espèces actuellement et potentiellement présentes
- Brève description du ou des dispositifs de franchissement envisagés
- Définition des objectifs de l'assainissement (Chap. 7)
- Choix des méthodes d'étude (Chap. 7.2)
- Brève description des méthodes choisies (Annexe, éventuellement analyse de variantes)
- Équipements techniques nécessaires
- Période et durée des observations (Chap. 8 et 9)
- Estimation détaillée des coûts

6 NECESSITE DU CONTRÔLE DE FONCTIONNALITÉ BIOLOGIQUE

De façon générale, chaque assainissement doit s'accompagner de contrôles de fonctionnalité techniques et biologiques. Le contrôle de fonctionnalité techniques est **absolument impératif**. Dans certains cas dûment justifiés, il peut être fait abstraction du contrôle de fonctionnalité biologique. Les raisons d'un tel renoncement doivent être exposées clairement dans un document à fournir avec la demande de financement. Les autorités se réservent cependant le droit d'exiger un contrôle de fonctionnalité biologique si elles l'estiment nécessaire.

Dans les cas suivants, il peut éventuellement être fait abstraction d'un contrôle de fonctionnalité biologique :

- Dans le cas d'une passe à fentes verticales aménagée dans un cours d'eau peuplé uniquement de truites ou d'un nombre limité d'espèces, construite selon les techniques les plus modernes (Hefti 2012, DWA 2014), respectant tous les paramètres imposés et alimentée par la totalité de la dotation réglementaire ou dont les caractéristiques hydrauliques garantissent un bon attrait pour les poissons.
- Dans le cas de petits cours d'eau d'altitude peuplés uniquement de truites de rivière et dont le potentiel écologique est faible (peuplement piscicole uniquement dû au rempoissonnement, petites populations, etc.), si tant est qu'un assainissement ait été jugé proportionné d'un point de vue du rapport coût/bénéfices⁴.
- Dans le cas des rampes en enrochement, aucun contrôle de fonctionnalité biologique n'est nécessaire en ce qui concerne la migration vers l'aval.
- Dans les cas où l'obstacle a été entièrement dérasé et que l'état naturel du cours d'eau a été rétabli.
- Dans le cas de mesures mécaniques visant uniquement la protection physique des poissons (remplacement d'une grille par une grille aux barreaux moins espacés conformément aux prescriptions de l'OFEV⁵, optimisation des conditions de dévalaison par le barrage, etc.).
- En cas de construction ou de d'amélioration de bassins de dissipation.

Dans le cadre du monitoring global prévu par la Confédération (« Monitorings Big Picture »), les résultats des différents suivis doivent être centralisés et analysés par un service unique (Chap. 3). Ce travail livrera des informations précieuses pour la construction des dispositifs de montaison et de dévalaison de même que pour les suivis à venir.

Les installations pilotes et les assainissements particuliers doivent en tous les cas faire l'objet d'un contrôle de fonctionnalité biologique. Ces situations sont définies comme suit:

⁴ Un assainissement est jugé proportionné si les mesures présentent un rapport coût-bénéfice équilibré. En principe, cet aspect a déjà été évalué dans la planification stratégique (les obstacles dont le coût de l'assainissement est jugé excessif ne doivent pas bénéficier d'autorisation en ce sens). Toutefois, si la centrale considérée constitue un obstacle majeur à la migration du poisson, il est obligatoire de l'assainir et la question se pose uniquement de savoir de quelle ampleur les mesures doivent être pour qu'il reste proportionné. Il ne peut alors être fait abstraction de l'assainissement que si aucune mesure proportionnée ne peut être trouvée.

⁵ Check list Best Practice actualisée (en préparation, Chap. 1)

- **Installation pilote:** un dispositif de montaison ou de dévalaison est considéré comme pilote si les résultats obtenus à son niveau revêtent une grande importance pour d'autres dispositifs (nouveaux systèmes encore peu expérimentés par ex.). Le canton et l'OFEV décident du statut d'installation pilote.
- **Assainissement particulier:** il peut arriver qu'en raison du contexte local, toutes les caractéristiques du dispositif de franchissement ne puissent pas être conformes aux développements techniques les plus récents. Si un doute existe quant à la fonctionnalité d'un tel ouvrage, l'assainissement doit être considéré comme un cas particulier.

- ⇒ De façon générale, chaque assainissement doit s'accompagner d'un suivi d'ordre technique et d'un suivi d'ordre biologique. Des plans de suivi correspondants doivent être déposés auprès du canton avec la demande de financement.
- ⇒ Dans certains cas devant être justifiés, il peut être fait abstraction d'un contrôle de fonctionnalité biologique. Les raisons d'un tel renoncement doivent être exposées clairement dans la demande de financement.
- ⇒ Les autorités se réservent le droit d'exiger un contrôle de fonctionnalité biologique pour tout assainissement.

7 OBJECTIFS DE L'ASSAINISSEMENT

Pour planifier le contrôle d'efficacité au niveau piscicole, il est tout d'abord nécessaire de définir les objectifs de l'assainissement⁶. Il ne s'agit pas des objectifs stratégiques (p. ex. mise en œuvre des mesures d'ici à 2030 selon l'art. 9 OLFP) ni des objectifs d'assainissement déterminés dans le cadre des plans stratégiques cantonaux sur la base de critères techniques. Il s'agit ici d'objectifs fonctionnels définis sur des critères biologiques. C'est en fonction de ces objectifs que seront déterminées les études à effectuer.

7.1 Fonctionnalité biologique

Une aide technique à la migration doit permettre un passage efficace des poissons au niveau de l'obstacle (objectif à l'échelle de l'ouvrage) et assurer une protection durable de la population piscicole (objectif à l'échelle de l'hydrosystème). Pour être pérennes, les populations de poissons sont tributaires d'une bonne accessibilité des habitats occupés aux différents stades de développement. L'approche à l'échelle du système exige donc de définir les taux d'accessibilité et de survie pour chaque espèce dans tout le cours d'eau, ce qui n'est pas encore possible actuellement⁷. Les considérations suivantes se limitent donc à la fonctionnalité **au niveau de l'ouvrage**. Les aspects relevant de la totalité du cours d'eau doivent cependant être pris en compte de manière qualitative dans l'évaluation des effets (Chap. 10).

La fonctionnalité du dispositif de franchissement dépend d'une conjugaison de facteurs. Les scientifiques distinguent trois paramètres globaux qui se divisent eux-mêmes en plusieurs paramètres individuels: l'efficacité, l'efficience et la sélectivité (Bunt *et al.* 2012, Gough *et al.* 2012). **L'efficacité** est évaluée à partir de la fréquence des poissons transitant par les différents couloirs migratoires (nombre de remontants et de dévalants conforme au site) et de la fonctionnalité du dispositif pour un large éventail d'espèces. **L'efficience** est évaluée en considérant les différentes phases du franchissement: la détection du passage par les poissons (efficience d'attrait), l'entrée dans le passage (efficience d'entrée) et la traversée du dispositif (efficience de passage). Par ailleurs, le temps nécessaire au franchissement total et le taux de blessures et de mortalité à la dévalaison sont également considérés. **La sélectivité** est appréciée à partir des espèces, des guildes écologiques et des classes de taille qui traversent le dispositif.

⁷ La quantification de tels objectifs d'assainissement, portant sur la préservation de la population, n'est pas possible pour le moment et ne le sera pas dans un avenir proche. Les connaissances actuelles sur l'évolution quantitative des populations de poissons sont encore très insuffisantes et les lacunes difficiles à combler dans la mesure où ces populations fluctuent énormément suite aux interactions dynamiques avec l'environnement (Forum « Fischschutz und Fischabstieg » 2014).

Les paramètres individuels évoqués représentent différents aspects de la fonctionnalité. Dans ce qui suit, ils sont qualifiés d'objectifs partiels d'assainissement (effets à atteindre) (Tab. 6 et 7)⁸. On considère qu'un dispositif de franchissement « fonctionne » si tous les objectifs d'assainissement pertinents sont atteints⁹.

Tab. 6: Montaison. Objectifs partiels d'assainissement et méthodes actuellement disponibles pour évaluer leur degré d'atteinte (avantages et inconvénients des méthodes, voir annexe 1)

N°	Objectif d'assainissement	Paramètre d'étude	Description / explication									
				Bassins de comptage	Nasses	Vidéo	Infrarouges	Sonars	PIT- Tagging	Télémetrie	Marquage-recapture	
MON1	Nombre de remontants conforme au site	Fréquence de poissons remontants	Nombre absolu de remontants	●	●	●	●					
MON2	Fonctionnalité du dispositif de franchissement vers l'amont entre Q_{30} et Q_{330} ¹⁰	Débit dans le bief aval les jours de migration des poissons	La fonctionnalité ne doit pas être impérativement assurée en conditions de débit très faible ou très fort.	●	●	●	●		●			
MON3	Bonne facilité de localisation du dispositif par les poissons	Efficiencé d'attrait	Nombre relatif de remontants (part des poissons trouvant le dispositif, y entrant et le traversant)					●	●	●	●	
MON4	Entrée fréquente des poissons dans le dispositif	Efficiencé d'entrée						●	●	●	●	
MON5	Bonne facilité de passage	Efficiencé de passage							●	●	●	
MON6	Faible durée de séjour	Temps nécessaire au franchissement	Pour le franchissement total de l'obstacle						●	●	●	
MON7	Pas de sélectivité par rapport aux espèces	Espèces présentes	Franchissabilité pour toutes les espèces présentes	●	●	●			●		●	
MON8	Pas de sélectivité par rapport aux guildes écologiques		Franchissabilité pour les poissons de fond et les mauvais nageurs	●	●	●			●		●	
MON9	Pas de sélectivité pénalisant les grands poissons	Distribution des longueurs	Franchissabilité pour les grands poissons	●	●	●	●		●		●	
MON10	Pas de sélectivité pénalisant les petits poissons		Franchissabilité pour les petits poissons	●	● ¹	●						

¹ Si des nasses à mailles suffisamment étroites peuvent être utilisées.

⁸ La définition des objectifs d'assainissement peut se modifier au vu de l'expérience et des résultats acquis.

⁹ Pour évaluer la fonctionnalité, les critères d'atteinte des objectifs d'assainissement au niveau de l'ouvrage peuvent être complétés de facteurs spécifiques à la station (présence de populations sources importantes, par exemple). Ces facteurs sont alors pris en compte dans l'évaluation (Chap. 10).

¹⁰ Il n'est possible de déroger à cette règle (Schwevers *et al.* 2005) que dans certains cas justifiés (Seifert 2016):

- Période plus courte (entre Q_{50} et Q_{300} , par exemple) dans les cours d'eau présentant de fortes fluctuations naturelles de débit (cas de nombreux cours d'eau alpins)
- Période plus longue (entre Q_{20} et Q_{340} , par exemple) dans les cours d'eau présentant naturellement des débits très réguliers (exutoires de lacs, ruisseaux alimentés par la nappe phréatique, etc.)

Tab. 7: Dévalaison : objectifs d'assainissement et méthodes actuellement disponibles pour évaluer leur degré d'atteinte (avantages et inconvénients des méthodes, voir annexe 1)

N°	Objectif d'assainissement	Paramètre d'étude	Description / explication	Basins de comptage	Nasses	Filets	Éléments retenus par les grilles		Infrarouges	Sonars	PIT-Tagging	Télémétrie	Marquage-recapture	
							Vidéo							
DEV1	Dévalaison par les grilles / les turbines	Fréquence de poissons migrant vers l'aval	Nombre absolu de dévalants			●		●		●				
DEV2	Dévalaison par le dispositif de franchissement			●	●	●		●	●					
DEV3	Dévalaison par le barrage			Étude très rarement possible										
DEV4	Bonne facilité de localisation du dispositif par les poissons	Efficiéce d'attrait	Nombre relatif de dévalants (part des poissons trouvant le dispositif, y entrant et le traversant)							●	●	●	●	
DEV5	Entrée fréquente des poissons dans le dispositif	Efficiéce d'entrée								●	●	●	●	
DEV6	Bonne facilité de passage	Efficiéce de passage								●	●	●	●	
DEV7	Faible durée de séjour	Temps nécessaire au franchissement	Pour le franchissement total de l'obstacle								●	●	●	
DEV8	Traversée sans danger des couloirs de migration vers l'aval	Pour tous les couloirs migratoires: • Taux de blessure • Mortalité (différée)	Couloirs migratoires: turbines, dispositif, barrage	●		●	●							
DEV9	Pas de sélectivité par rapport aux espèces	Espèces présentes	Franchissabilité pour toutes les espèces présentes	●		●		●			●		●	
DEV10	Pas de sélectivité par rapport aux guildes écologiques		Franchissabilité pour les poissons de fond	●		●		●			●		●	
DEV11	Pas de sélectivité pénalisant les grands poissons	Distribution des longueurs	Franchissabilité pour les grands poissons	●		●		●	●		●	●	●	
DEV12	Pas de sélectivité pénalisant les petits poissons		Franchissabilité pour les petits poissons	●		●		●						

7.2 Triage des objectifs partiels d'assainissement et choix de la méthode d'étude

En principe, tous les objectifs partiels d'assainissement doivent être considérés comme devant être atteints. Dans la pratique, l'étude de tous les paramètres leur correspondant demanderait cependant une somme de travail disproportionnée. Selon les sites, certains objectifs partiels peuvent s'avérer être plus importants que d'autres. Dans le cadre de l'élaboration du plan de contrôle d'efficacité, une sélection est donc opérée parmi les objectifs partiels d'assainissement en fonction de leur importance, de la disponibilité d'une méthode adéquate et de la quantité de travail ou des moyens nécessaires (Fig. 10).

Pour cette sélection, chaque objectif partiel est tout d'abord considéré et les raisons de son importance ou de son insignifiance pour la fonctionnalité sont clairement exposées. Dans une deuxième étape, on détermine, pour chaque objectif partiel jugé important, la ou les méthodes avec lesquelles il peut être étudié (Tab. 6 et 7). Dans l'idéal, la méthode est imposée par la nature de l'objectif¹¹. Dans la pratique, la disponibilité de la méthode adéquate joue également un rôle dans la décision. Autrement dit, la méthode sera également choisie en fonction des facilités techniques présentes sur place. En regard de ces impératifs méthodologiques, le nombre d'objectifs partiels à considérer peut éventuellement être réduit à un nombre plus restreint. Dans un dernier temps, le rapport coût-bénéfice doit être pris en compte afin de déterminer, au cas par cas, les méthodes qui apparaissent raisonnables. Au terme de ce processus, une liste d'objectifs à étudier est obtenue.

Ce triage est un processus complexe qui demande souvent plusieurs cycles avant d'aboutir à une sélection satisfaisante des objectifs partiels d'assainissement à étudier. Le questionnaire proposé dans le Tab. 8 peut faciliter ce travail. Dans certains cas particuliers, aucun objectif partiel d'assainissement n'est évalué et le contrôle d'efficacité au niveau piscicole n'a pas lieu (Chap. 6).

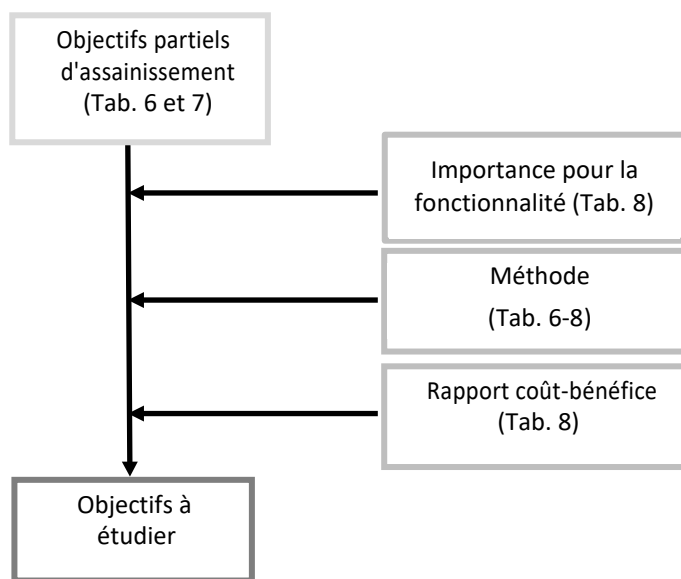


Fig. 10: Triage des objectifs partiels d'assainissement

¹¹L'existence de dispositifs de comptage sur place ne doit intervenir dans le choix des méthodes à employer qu'au niveau de l'analyse de proportionnalité.

Tab. 8: Aide au triage des objectifs partiels d'assainissement

Aspect	Questionnement	Exemples
Importance pour la fonctionnalité	Quels sont les objectifs importants pour tel ou tel type de cours d'eau ?	Dans un cours d'eau à truites, la sélectivité vis-à-vis de guildes particulières ne joue pas de rôle notable.
	Quels sont les objectifs importants dans le cas d'une installation optimale d'un point de vue technique ?	Si les poissons dévalants sont dirigés par une grille suffisamment fine vers un barrage doté d'un bassin de dissipation suffisamment profond, un objectif de franchissabilité élevé n'a pas de raison d'être.
	Le couloir migratoire est-il plus limité qu'il ne serait s'il correspondait à l'état actuel des connaissances techniques ?	<input type="checkbox"/> L'entrée du dispositif peut être difficile à repérer en raison de son emplacement. <input type="checkbox"/> La traversée du dispositif de dévalaison peut comporter des risques de blessure suite à la courbure de l'exutoire.
	Des études coordonnées sur plusieurs dispositifs sont-elles envisagées ?	Le recours à un marquage des poissons (marquage PIT, en particulier) peut être envisagé.
Disponibilité de la méthode	Les méthodes qui seraient adéquates pour l'étude de l'objectif sont-elles utilisables ?	<input type="checkbox"/> L'utilisation d'une nasse de type cage n'est pas indiquée dans le cas d'une forte abondance de feuilles en automne, d'une difficulté à capturer les petites espèces et d'un risque élevé de blessures. <input type="checkbox"/> La construction d'une chambre de comptage n'est pas envisageable en cas d'espace insuffisant. <input type="checkbox"/> L'utilisation d'une nasse ou d'une chambre de comptage n'est pas possible si le personnel sur place manque de connaissances sur les espèces. <input type="checkbox"/> Problème si les poissons peuvent facilement s'échapper de la chambre de comptage. <input type="checkbox"/> L'installation d'une nasse ou d'un canal de vidéosurveillance n'est pas possible dans une passe à poissons complexe d'un point de vue hydraulique. <input type="checkbox"/> Les systèmes de vidéosurveillance ne sont pas indiqués dans les cours d'eau à forte turbidité. <input type="checkbox"/> Les possibilités d'utilisation des infrarouges sont limitées en cas de grande abondance de juvéniles et de petits poissons. <input type="checkbox"/> Les méthodes de marquage ne sont pas indiquées s'il n'est pas possible, avec un effort raisonnable, de capturer suffisamment de poissons, d'espèces et de tailles différentes. <input type="checkbox"/> Les appareils nécessitant une alimentation électrique ne peuvent pas être utilisés sur les sites isolés non électrifiés. <input type="checkbox"/> Il peut être techniquement impossible d'installer un filet (haveneau) ou un piège à l'extrémité du couloir de dévalaison.
Proportionnalité des efforts nécessaires	Les efforts demandés par les études relatives à l'objectif d'assainissement sont-ils en relation avec les résultats escomptés ?	<input type="checkbox"/> Si le débit de dotation du cours d'eau transite entièrement par le dispositif de montaison, les efforts nécessaires à l'étude de la facilité de localisation de l'entrée par les poissons ne se justifient pas si le barrage ne déborde que rarement. <input type="checkbox"/> Dans les cours d'eau à truites, les études de franchissabilité des dispositifs techniques ne se justifient pas dans la mesure où d'autres études attestent d'un nombre suffisant de remontants et d'une absence de sélectivité. <input type="checkbox"/> Dans les cours d'eau à truites, l'étude du nombre de remontants ne se justifie pas si d'autres études attestent d'une bonne facilité de localisation et d'une bonne franchissabilité du dispositif.

8 CONTRÔLE DE FONCTIONNALITÉ BIOLOGIQUE POUR LA MONTAISON

8.1 Période d'étude

Si un contrôle de fonctionnalité biologique est également réalisé au niveau de centrales voisines, il est pertinent de coordonner les actions et d'employer des méthodes analogues (pour faciliter l'interprétation et la comparaison des résultats). Le travail de coordination est du ressort des autorités cantonales.

Le suivi de la montaison doit s'étendre sur une période comprenant la période d'activité migratoire maximale. Cette dernière dépend d'une part de l'éventail d'espèces présentes et d'autre part de toute une série de paramètres tels que le débit, la température, l'altitude, les caractéristiques de la station, etc. La période d'activité varie également d'une année à l'autre. Elle est liée à la migration de reproduction, mais pas uniquement. Des montaisons ont également été observées en relation avec la saison, indépendamment de l'activité nuptiale. Il n'est donc pas possible de définir de règle générale. Le début des études doit être déterminé avec l'aide de personnes connaissant bien le cours d'eau (gardes-pêche, par exemple) ; la Fig. 11 et le Tab. 9 fournissent quelques éléments utiles.

8.2 Durée de l'étude

Pour pouvoir juger de la fonctionnalité d'un dispositif de montaison, il faut disposer de suffisamment de données. Les études de longue durée sont plus robustes face aux événements (crues, canicules) et aux fluctuations interannuelles des périodes de migration que les études courtes et livrent donc un diagnostic plus solide. Les études menées jusqu'à présent montrent que les mouvements migratoires peuvent varier très fortement en très peu de temps, parfois d'un jour à l'autre, en réponse à des facteurs extérieurs.

8.2.1 Suivi à l'aide de bassins de comptage ou de nasses

Les comptages dans les bassins ou les nasses demandent en général beaucoup de temps et de personnel. Il est donc important d'optimiser le rapport coût/bénéfice. Le contrôle de fonctionnalité biologique est démarré avant la période escomptée de montaison maximale et se poursuit sur une durée au moins égale à celle déterminée à partir de la Fig. 11. Dans le système de bassin ou de nasse, les comptages doivent être, si possible, effectués quotidiennement sur toute la durée du suivi.

8.2.2 Suivi avec d'autres méthodes

Si le suivi est effectué avec d'autres méthodes, la durée de l'étude peut être nettement plus longue étant donné qu'une prolongation n'entraîne pas de coûts supplémentaires notables. La durée du suivi dépend de la nature des informations attendues. Les essais de capture/recapture sont menés à des moments précis prédéfinis (en deux ou trois campagnes en général).

Dans le cas d'installations pilotes, des études plus poussées peuvent être menées en concertation avec les autorités si elles permettent un gain d'information utile à d'autres dispositifs.

Contrôle de fonctionnalité biologique relatif à la montaison:

- ⇒ Il convient, dans un premier temps, de définir les réponses à apporter par le contrôle de fonctionnalité biologique en fonction des objectifs partiels de l'assainissement de l'ouvrage
- ⇒ Les méthodes les plus adéquates sont ensuite déterminées à l'aide des Tab. 6 et 7
- ⇒ La période d'étude dépend des aspects à examiner et, surtout, de l'éventail d'espèces concernées ; elle doit impérativement couvrir la période de montaison maximale.

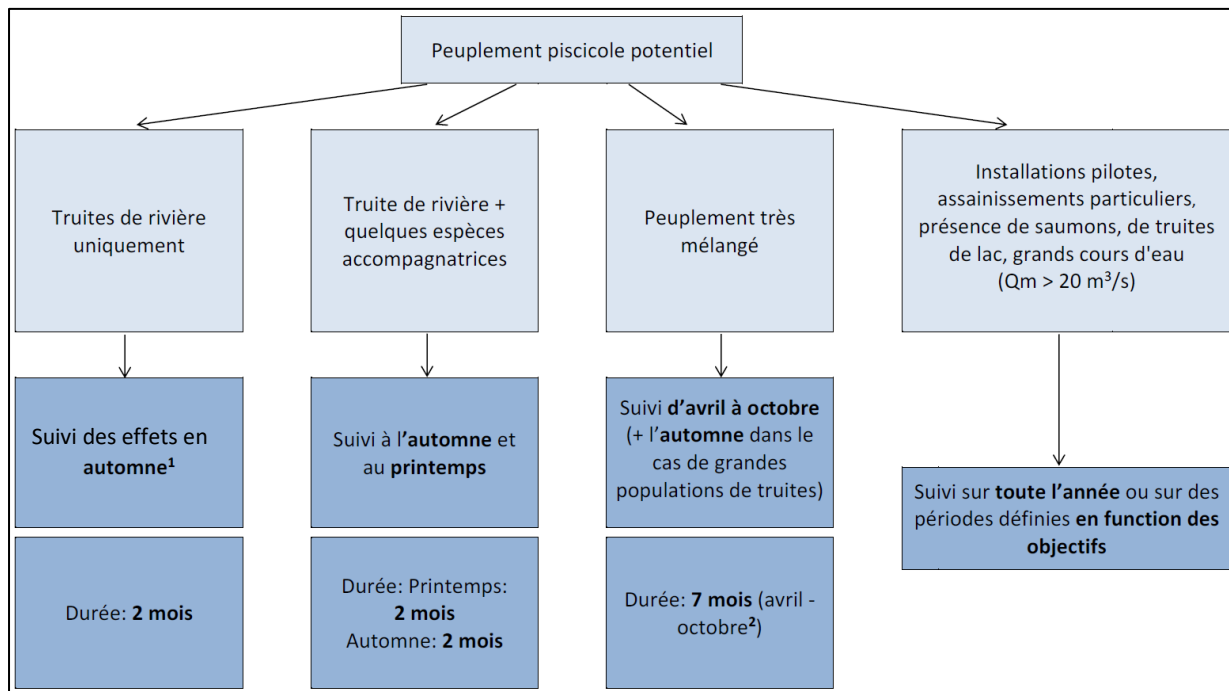


Fig. 11: Arbre d'aide à la décision pour la détermination de la période et de la durée du contrôle de fonctionnalité biologique sur la montaison (études minimum)

¹ Dans les cours d'eau à truites de rivière, il peut être pertinent de compléter le suivi automnal de la montaison par des suivis plus ponctuels après les crues (migration de compensation) et d'ordonner une interruption des activités de pêche et de repeuplement pendant le contrôle d'efficacité.

² Dans le cas de grandes populations de truites, les études doivent être poursuivies jusqu'à fin janvier.

9 CONTRÔLE DE FONCTIONNALITÉ BIOLOGIQUE POUR LA DEVALAISON

Contrairement à la montaison, la problématique de la dévalaison et celle des mesures de protection du poisson pendant la dévalaison ont été assez peu étudiées ; les lacunes sont donc importantes dans ce domaine. Les recommandations qui suivent correspondent à l'état actuel de nos connaissances. Elles seront affinées et actualisées dans de futures publications (éditions actualisées de la Check List Best Practice, notamment) à mesure que le savoir avancera.

9.1 Période d'étude

9.1.1 Bases de décision d'ordre biologique

De manière générale, le contrôle de fonctionnalité biologique relatif à la dévalaison doit lui aussi être effectué à la période d'activité migratoire maximale. Cette dernière est liée à la migration de reproduction, mais plusieurs études attestent également de différences saisonnières indépendantes de la phase nuptiale ; une dévalaison peut ainsi également se produire en hiver. Toutefois, alors que l'on dispose d'une certaine quantité d'informations sur la dévalaison des espèces catadromes et anadromes, le comportement migratoire des espèces potamodromes indigènes est mal connu.

En plus des comportements directement liés au cycle de vie, la dévalaison dépend d'un certain nombre de facteurs (Ebel, 2016):

- Rythme des saisons:** indépendamment de la phase de reproduction, les variations saisonnières de la durée du jour et de la température de l'eau sont des facteurs temporels importants de régulation de l'activité des poissons.
- Heures de la journée:** dans la plupart des études sur la dévalaison, un pic de migration nocturne ou au crépuscule est constaté.
- Phases de la lune:** la dévalaison de certaines espèces (comme l'anguille) est corrélée avec les phases de la lune. De manière générale, l'activité de dévalaison est plus intense à la nouvelle lune suite, sans doute, à un risque de prédation plus faible.
- Débit:** la dévalaison peut être plus importante lorsque le débit augmente.
- Température de l'eau:** il s'agit d'un facteur important pour la synchronisation de la dévalaison.
- Turbidité:** une augmentation de turbidité s'accompagne souvent d'une intensification de la dévalaison en journée (risque de prédation plus faible).

D'après Ebel (2016), les espèces potamodromes qui fraient au printemps et en été ont tendance à dévaler de mars à décembre tandis que la dévalaison des salmonidés s'effectue également en hiver (Tab. 10).

9.1.2 Recommandations

La Fig. 12 livre des éléments de décision quant à la période la mieux adaptée pour un contrôle de fonctionnalité biologique portant sur la dévalaison. Les dates exactes doivent cependant être déterminées avec les services locaux compétents (différences locales au niveau de la période de reproduction, tendances migratoires observées, etc.). La période adéquate peut également être déterminée à l'aide de relevés ponctuels (prélèvements au filet (haveneau) pendant 2 à 3 heures, à interrompre si le nombre de dévalants est très faible ou à poursuivre si une forte activité de dévalaison est constatée, par exemple). Étant donné que la dévalaison est particulièrement importante au crépuscule et dans les premières heures de la nuit, il peut être pertinent de limiter les essais d'évaluation à ces heures-là (Schmalz 2002 ; Zaugg & Mendez en prép.).

9.2 Durée d'étude

9.2.1 Contrôle manuel

Contrairement au contrôle des poissons en montaison qui peut s'effectuer sur plusieurs mois, le contrôle manuel des dévalaisons ne peut généralement pas être réalisé sur une longue durée (à l'usine de Stoppel de la société Axpo Kleinwasserkarft AG, par exemple, le filet de piégeage (haveneau) doit être vidé toutes les 30 minutes pour éviter que les poissons ne soient blessés).

Aucune aide à la décision ne peut donc être fournie ici en ce qui concerne la durée de l'étude, étant donné qu'elle dépend de la méthode choisie et des conditions sur le site.

De manière générale, on peut considérer que plusieurs contrôles doivent être effectués dans la fourchette de temps indiquée à la Fig. 12. Ces contrôles peuvent être réalisés pendant plusieurs jours d'affilée ou à des dates plus espacées, réparties sur la durée d'étude. Il peut également être judicieux de compléter ces contrôles préprogrammés de piégeages ponctuels en présence de conditions particulières sur le site. Étant donné que le contrôle de la dévalaison peut demander un effort considérable, il est important de veiller à la proportionnalité des moyens mis en œuvre.

Pour le moment, il n'existe pas encore d'outil d'exploitation des données de suivi de la dévalaison ; leur interprétation est difficile et dépend fortement de l'avis des experts. Il est donc impossible de préciser la quantité de données nécessaires à un diagnostic fiable de l'efficacité des dispositifs. Il est conseillé d'agir comme suit dans les différents cas de figure :

- Poissons morts ou blessés:** les études doivent être stoppées par le responsable du projet si des quantités importantes de poissons morts ou blessés sont observées. Il convient alors de déterminer si ces dommages sont dus au système de contrôle ou de piégeage ou au dispositif de dévalaison lui-même (compression sur les grilles, blessures lors du passage dans l'exutoire, etc.). Les essais d'évaluation de la dévalaison ne doivent être poursuivis qu'une fois le problème résolu (modification du protocole expérimental, amélioration de la grille ou de l'exutoire, etc.).
- Fonctionnalité démontrée dans l'état actuel des connaissances:** il est inutile de procéder à des contrôles supplémentaires si la fonctionnalité de l'ouvrage a été démontrée à l'aide des critères suivants:
 - Dévalaison attestée sans qu'un rassemblement de poissons ne soit observable dans le bief amont (poissons cherchant l'entrée de l'exutoire)
 - Peu ou pas de poissons blessés
 - Dévalaison observée pour une grande partie des espèces présentes dans le cours d'eau
 - Dévalaison observée pour toutes les guildes écologiques régulièrement présentes dans le cours d'eau
 - Dévalaison observée pour toutes les classes de taille régulièrement présentes dans le cours d'eau
 - Protection satisfaisante des poissons ou probabilité de mortalité réduite au passage des turbines (une preuve indirecte de dévalaison sans blessure convient également) si les mesures réalisées prévoyaient une modification des turbines.
- Non-fonctionnalité du dispositif:** les études sont stoppées dès qu'il apparaît que l'installation ou certaines parties du dispositif ne fonctionnent pas (très peu de poissons dévalants comptabilisés alors qu'ils se rassemblent régulièrement en amont devant les grilles, par exemple).
- Installation pilote:** dans le cas d'installations pilotes, des études plus poussées peuvent être menées en concertation avec les autorités si elles permettent un gain d'information utile à d'autres dispositifs.

9.2.2 Autres méthodes de contrôle

Les suivis à l'aide d'observations vidéo, de marquage PIT, de DIDSON, etc., sont effectués jusqu'à ce que les preuves souhaitées aient été obtenues. La durée d'étude dépend alors des réponses recherchées.

Contrôle de fonctionnalité biologique relatif à la dévalaison / protection des poissons:

- ⇒ Il convient, dans un premier temps, de définir les réponses à apporter par le contrôle de fonctionnalité biologique en fonction des objectifs de l'assainissement de l'ouvrage. Les méthodes les plus adéquates sont ensuite déterminées à l'aide des Tab. 6 et 7.
- ⇒ La période d'étude dépend des aspects à examiner et, surtout, de l'éventail potentiel d'espèces concernées ; elle doit impérativement couvrir la période de dévalaison maximale.
- ⇒ La durée exacte de l'étude dépend des méthodes choisies et des réponses recherchées ; quelques conseils sont fournis au Chap. 9.2.

10 EVALUATION**10.1 Principes de base**

Chaque contrôle de fonctionnalité biologique débouche sur une évaluation des résultats qui s'effectue sur un certain nombre de critères définis en fonction des objectifs (partiels) de l'assainissement (Chap. 7). Cette évaluation est laissée aux soins des spécialistes en charge du dossier dans la mesure où le système de notation n'a pas encore été établi. Un système de notation sera proposé plus tard sur la base de suivis standardisés. Les principes suivants sont considérés:

- Les objectifs (partiels) d'assainissement doivent être atteints sur l'ensemble du site et pas uniquement au niveau de certains couloirs migratoires.
- Il est en général impossible d'atteindre tous les objectifs à 100 %. Le degré d'atteinte ne doit cependant pas en être *significativement* éloigné (Chap. 2).
- Si des défaillances du système sont constatées mais ne sont pas jugées d'une importance « significative », il convient de justifier ce jugement.
- Dans le cadre d'un même objectif d'assainissement, divers degrés de satisfaction peuvent être exigés pour différents aspects. Exemple: efficacité de passage pour 90 % des espèces présentes, mais pour 100 % des espèces fréquentes.
- L'OFEV a défini un certain nombre de critères biologiques, caractéristiques du milieu et de son écologie, à prendre en compte pour prioriser les sites hydroélectriques à assainir:
 - o Potentiel écologique important du cours d'eau (art. 33a OEaux)
 - o Accessibilité des habitats importants (zones de reproduction, embouchures)
 - o Grande diversité d'espèces piscicoles présentes
 - o Présence d'espèces menacées
 - o Présence de grands migrateurs et de migrateurs sur moyenne distance
 - o Présence de populations sources importantes
 Pour ces sites prioritaires, le degré d'atteinte des objectifs doit être plus élevé que pour les autres.
- Les résultats du contrôle de fonctionnalité biologique doivent être interprétés au moyen d'une approche multifactorielle. Autrement dit, il convient de toujours garder à l'esprit que la fonctionnalité du dispositif de montaison ou de dévalaison n'est pas le seul facteur à considérer mais que d'autres facteurs doivent également être pris en compte (hydrologie, exploitation du barrage, variations saisonnières et journalières de la température, repeuplements, etc.).

Le contrôle de fonctionnalité biologique et l'évaluation des résultats s'inscrivent dans le cadre d'objectifs d'assainissement spécifiques à chaque site (Chap. 7). Les aspects relevant de l'ensemble du cours d'eau ou de l'hydrosystème ne sont pas directement mesurés mais ils doivent intervenir de manière qualitative dans l'évaluation et être pris en compte conformément au principe de précaution. Les considérations suivantes peuvent alors être utiles:

- Taille de la population: si l'effectif de la population résiduelle est faible, les connexions entre habitats peuvent jouer un rôle très important. La population à considérer est celle présente dans le bief aval pour la montaison et dans le bief amont pour la dévalaison.

- Habitats cibles: l'interruption de la continuité écologique par un obstacle a un impact d'autant plus fort qu'il rend inaccessibles des habitats qui jouent un rôle déterminant pour la population.
- Habitats limitants: les habitats dont la présence est limitée ont une plus grande importance pour la taille de la population. Il est donc particulièrement important qu'ils soient accessibles.
- Additivité: l'effet cumulé d'obstacles survenant successivement le long de la migration a un impact décisif sur le maintien de la population. Le système fluvial à considérer pour cet aspect est plus grand pour les grands migrateurs et les migrateurs de moyenne distance.

10.2 Méthodes d'évaluation

10.2.1 Montaison

Pour faciliter le travail d'évaluation de l'efficacité des dispositifs de montaison à partir d'un contrôle de fonctionnalité biologique, diverses méthodes utilisées dans l'espace germanophone¹² sont présentées ci-après. Les critères sur lesquels elles reposent s'appuient tous sur les fonctionnalités décrites au Tab. 6. Les quatre méthodes évaluent les résultats de comptages à l'aide de nasses ou, éventuellement, de chambres de comptage.

Les méthodes de Woschitz *et al.* (2003)¹³ et d'Ebel *et al.* (2006) exigent une pêche exhaustive ou du moins représentative dans le bief aval et ne sont donc applicables qu'aux cours d'eau pouvant être parcourus à pied. La méthode de Guthruf & Dönni (2014) est basée sur la comparaison de comptages coordonnés effectués dans de grands cours d'eau comptant plusieurs installations hydroélectriques. Schwevers *et al.* (2005) ne proposent pas de démarche méthodologique concrète mais récapitulent les conditions d'évaluation et classes d'évaluation pour une partie des critères.

En ce qui concerne les critères d'évaluation, Woschitz *et al.* (2003) se limitent aux espèces fréquentes tandis qu'Ebel *et al.* (2006) réduisent encore cette sélection aux poissons adultes pendant la période de fraie, estimant que seuls ces derniers peuvent être considérés avec certitude comme étant « motivés pour migrer ». Schwevers *et al.* (2005) et Guthruf & Dönni (2014) prennent en revanche toutes les espèces de poissons en compte dans leur évaluation.

Tous les auteurs jugent le degré d'atteinte des objectifs d'évaluation selon une échelle à cinq classes, conformément aux instructions de la directive cadre sur l'eau européenne. En revanche, différentes approches sont utilisées pour obtenir une évaluation globale à partir des évaluations individuelles par critère. Woschitz *et al.* (2003) et Ebel *et al.* (2006) calculent la moyenne arithmétique, considérant toutefois que la note globale ne doit pas être supérieure de plus d'une classe à la note individuelle la plus faible. Schwevers *et al.* (2005) se réfèrent à la note individuelle la plus faible. Guthruf & Dönni (2014) font la somme des notes individuelles et comparent les valeurs de cette somme obtenue au niveau des différentes installations ou barrages du cours d'eau. Aucune notation globale des installations ou barrages selon le système à cinq classes n'est effectuée. Aucune des méthodes ne prévoit de pondération des critères d'évaluation ; celle-ci est laissée aux soins des spécialistes qui traitent les résultats du suivi.

Nous n'avons pas connaissance de systèmes d'évaluation pour les données obtenues autrement que par piégeage dans des nasses. Les méthodes citées sont cependant adaptables aux chambres de comptage¹⁴. Pour les autres méthodes de contrôle, une comparaison avec les données de la littérature semble être la meilleure solution. Des recommandations pour l'évaluation des résultats ainsi obtenus seront formulées ultérieurement.

¹² Nous n'avons pas connaissance de méthodes correspondantes dans l'espace anglophone ou francophone.

¹³ Une révision de la méthode est actuellement en cours.

¹⁴ Prise en compte de la non-sélectivité des mailles de la nasse par exemple.

Tab. 11: Différentes approches d'évaluation des résultats relatifs à la montaison et critères correspondants. Les critères correspondant aux objectifs d'assainissement du Tab. 6 sont signalés par le code de l'objectif concerné.

Auteur	Critère d'évaluation	Code
Woschitz <i>et al.</i> 2003	Part de remontants d'espèces migratrices de moyenne distance parmi les individus prêts à migrer présents dans le bief aval	
	Part de remontants d'espèces migratrices de courte distance parmi les individus prêts à migrer présents dans le bief aval	
	Sélectivité vis-à-vis de l'espèce	MON7
	Sélectivité vis-à-vis de la taille sur les stades de développement	MON9/10
Schwevers <i>et al.</i> 2005	Nombre de poissons remontants	MON1
	Sélectivité vis-à-vis de l'espèce	MON7
	Sélectivité par la taille pénalisant les grands poissons	MON9
	Sélectivité par la taille pénalisant les petits poissons	MON10
Ebel <i>et al.</i> 2006	Nombre de poissons remontants	MON1
	Part de remontants d'espèces grandes migratrices parmi les individus prêts à migrer présents dans le bief aval	
	Rassemblement de poissons prêts à migrer dans le bief aval	
	Sélectivité vis-à-vis de l'espèce	MON7
	Sélectivité par la taille pénalisant les grands poissons	MON9
	Sélectivité par la taille pénalisant les petits poissons	MON10
Guthruf & Dönni 2014	Nombre de poissons remontants	MON1
	Nombre de jours avec montaison	±MON2
	Sélectivité vis-à-vis de l'espèce	MON7
	Sélectivité par la taille pénalisant les grands poissons	MON9
	Sélectivité par la taille pénalisant les petits poissons	MON10

10.2.2 Dévalaison

Il n'existe pas à l'heure actuelle de méthodes établies pour l'évaluation des résultats relatifs à la dévalaison. Le forum « Fischschutz und Fischabstieg » a cependant proposé 19 critères pour une évaluation des résultats du contrôle de fonctionnalité biologique de la dévalaison sans toutefois définir de classes de niveau¹⁵. Étant donné la complexité de la migration des poissons vers l'aval, qui emprunte plusieurs couloirs migratoires en parallèle, et du manque de données robustes, le plus raisonnable semble être de statuer verbalement et qualitativement sur la fonctionnalité des dispositifs en considérant les différents paramètres d'étude. Au fur et à mesure des retours d'expérience en termes de dévalaison, le diagnostic pourra être complété en procédant par analogie et comparaison avec des études similaires.

¹⁵ Les recommandations du forum sont actuellement en cours de remaniement par la DWA (Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall).

10.3 Relevés

Les relevés nécessaires au contrôle de fonctionnalité biologique doivent, si possible, s'effectuer selon des méthodes standardisées. Étant donné que le système d'évaluation n'a pas encore été défini avec précision, les normes à respecter doivent être assez larges. Au minimum, les paramètres indiqués au Tab. 12 doivent être relevés:

Tab. 12: Information à rassembler dans le cadre d'un contrôle de fonctionnalité biologique

Site	Localité / Canton Nom de la centrale hydroélectrique Nom du cours d'eau
Écologie	Zone piscicole Espèces potentiellement présentes Disposition spatiale des couloirs migratoires (schéma)
Centrale hydraulique	Type d'obstacle (barrage, rampe etc.) Mode d'exploitation du barrage / des turbines Hauteur de chute minimale / maximale Débit d'équipement Débit minimal / maximal turbiné Débit résiduel
Dispositif de franchissement	Type de construction Localisation / tracé Longueur (nombre de bassins) Dimensionnement du système de piégeage (ascenseur, écluse, hélice) Débit de franchissement Dotation complémentaire Durée de fonctionnement (en continu / par intervalles) Maintenance (intensité, points faibles) Données du contrôle de fonctionnalité technique
Relevé	Date Heure Phase de la lune (pour la dévalaison de l'anguille, en particulier) Débit / fluctuations de débit / éclusées éventuelles Niveau d'eau dans le bief amont / aval Température de l'eau Turbidité (évaluation qualitative) Position du barrage Fonctionnement des turbines Présence de corps flottants (dont feuilles mortes)

11 RAPPORT

Chaque contrôle d'efficacité d'un assainissement doit faire l'objet d'un rapport. Il doit contenir au minimum les éléments suivants:

- Brève description de l'installation (obstacle et dispositif de franchissement)
- Travaux d'entretien réalisés
- Protocole détaillé du contrôle de fonctionnalité technique et du contrôle de fonctionnalité biologique
- Présentation claire des résultats
- Influence des facteurs extérieurs (débit, température de l'eau, position du barrage, fonctionnement des turbines, etc.)

- Évaluation des résultats
- Analyse détaillée des points faibles
- Amélioration éventuellement nécessaires
- Conclusions

Les données brutes doivent également être mises à disposition. Il n'est pas encore précisé sous quelle forme.

12 AMELIORATIONS A APPORTER

12.1 Montaison

Concernant la montaison, il est possible d'apporter des améliorations efficaces en cas de dysfonctionnement dans la mesure où nous disposons déjà de bonnes connaissances techniques et scientifiques pour un grand nombre de systèmes. De bonnes méthodes sont déjà disponibles aussi bien pour le contrôle de la fonctionnalité technique des ouvrages de franchissement (Schwevers *et al.* 2005) que pour le suivi de leurs effets sur le plan piscicole (Chap. 10.2.1). Une bonne corrélation a par ailleurs été démontrée entre l'évaluation sur des critères techniques et l'évaluation basée sur le contrôle de fonctionnalité biologique (Guthruf 2008).

Si le contrôle de fonctionnalité biologique met en évidence un problème, il convient d'estimer s'il est dû à une défaillance technique du dispositif de montaison. Étant donné que le dispositif a généralement été assaini conformément aux connaissances techniques et scientifiques du moment, le manque d'efficacité constaté ne peut être qu'exceptionnellement dû à une erreur fondamentale comme un mauvais positionnement de l'entrée, un débit de franchissement insuffisant ou un mauvais dimensionnement des bassins. Les erreurs de construction à l'origine du problème (hauteur de chute trop importante entre deux bassins par exemple) peuvent souvent être corrigées par de légers travaux (modification de la disposition des blocs, resserrement de certaines fentes, etc.).

Il convient en même temps de vérifier si la montaison n'a pas été impactée par des facteurs extérieurs pendant le contrôle de fonctionnalité biologique (mortalité massive, déversement d'eaux usées, extrêmes hydrologiques, etc.)

Si, malgré les problèmes révélés par le contrôle de fonctionnalité biologique, aucune défaillance technique ni cause extérieure n'est mise en évidence, l'installation doit être maintenue dans le plan d'assainissement. Elle devra être à nouveau contrôlée ultérieurement, quand l'avancée des connaissances ou l'expérience des suivis permettront un meilleur diagnostic. La solution devra être recherchée avec tous les acteurs impliqués (Fig. 13).

En cas de déficience du contrôle de fonctionnalité biologique, il peut être décidé de renoncer à un contrôle ultérieur si un monitoring montre que l'état des populations des espèces cibles s'est nettement amélioré depuis le rétablissement de la continuité écologique du cours d'eau.

12.2 Dévalaison

De nombreuses lacunes persistent encore en ce qui concerne la dévalaison. Ainsi, les facteurs qui déclenchent la migration vers l'aval sont encore très mal connus. Par ailleurs, il est quasiment impossible, techniquement, de quantifier la dévalaison qui s'effectue via le couronnement du barrage.

Si des problèmes sont révélés par l'étude de la dévalaison, la démarche à adopter est la suivante:

- En cas de blessures ou de mortalité constatées, les études doivent être interrompues et les causes éliminées au plus vite (accumulation de corps flottants, éléments saillants dans le passage, etc.).
- Si d'autres problèmes sont constatés, il convient de procéder comme pour la montaison et de rechercher les défaillances techniques ou les causes extérieures qui peuvent en être à l'origine.

La suite du processus est décrite dans la Fig. 13.

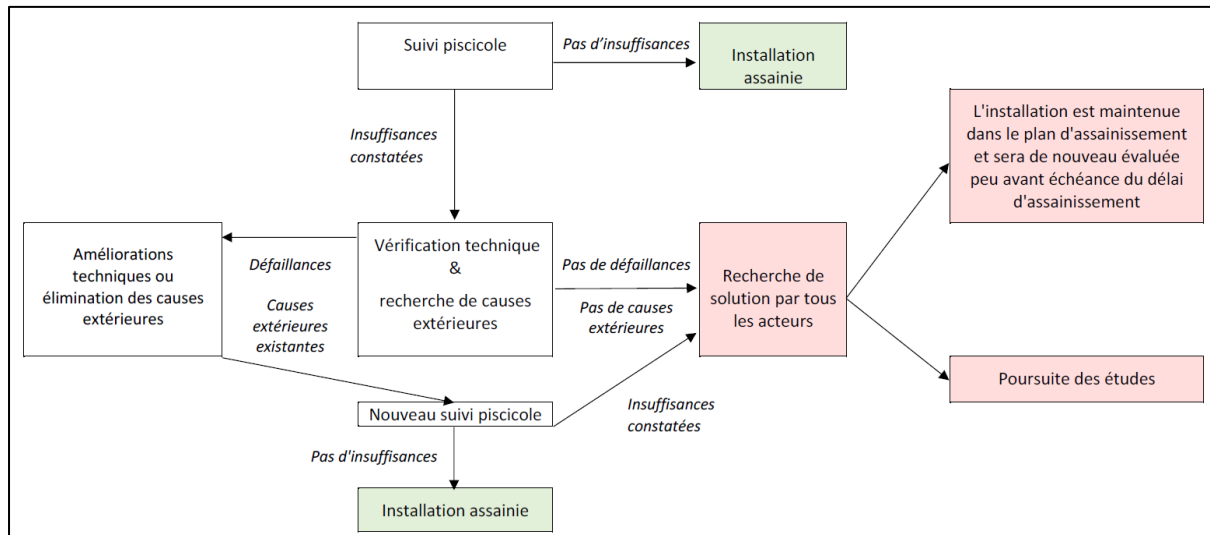


Fig. 13: Démarche à adopter en fonction des résultats du contrôle de fonctionnalité biologique

13 QUESTIONS EN SUSPENS – PERSPECTIVES

Ce guide a été élaboré avec l'assistance d'un groupe d'accompagnement (dont la composition est indiquée dans l'impressum). Les discussions au sein de ce groupe ont fait émerger des difficultés, des questions, des souhaits, etc., qui n'ont pas pu être entièrement traités dans le guide. Les thèmes évoqués étaient notamment:

- Mise à disposition des données relevées et des rapports pour le public
- Base de données de référence centralisant toutes les données collectées de manière unifiée
- Plateforme accessible au public proposant une vue d'ensemble régulièrement actualisée des assainissements réalisés, des suivis effectués et des résultats obtenus.
- Compilation des résultats des recherches menées en Suisse et à l'étranger
- Système d'évaluation harmonisé pour le contrôle d'efficacité des assainissements
- Gestion centralisée du matériel utilisé pour les opérations de suivi (possibilité de réutilisation pour d'autres installations)
- Publication et diffusion des résultats négatifs (très utiles pour ne pas répéter indéfiniment les mêmes erreurs)
- Question de la maintenance/entretien parfois insuffisante des dispositifs de franchissement
- Etc.

Les auteurs du rapport suggèrent de traiter ces aspects dans les futurs travaux et réflexions autour de la question du rétablissement de la libre migration du poisson (discussions dans le cadre des rencontres de partage de savoir et d'expérience organisées par l'OFEV et l'Agenda 21 pour l'eau, prise en compte de ces aspects dans les publications futures et dans les versions actualisées du guide, mise en place d'une plateforme proposant les informations en question, etc.).

14 REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

OFEV 2016: Assainissement écologique des centrales hydrauliques existantes: Financement des mesures requises. Un module de l'aide à l'exécution « Renaturation des eaux ». Office fédéral de l'environnement, Berne, 51 p.

Bunt, C. M., Castro-Santos, T., Haro, A. 2012: Performance of fish passage structures at upstream barriers to migration. *River Research and Applications* 28, 457-478.

DWA 2010: Durchgängigkeit und Habitatmodellierung von Fließgewässern, 274 S.

DWA 2014: Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbare Bauwerke – Gestaltung, Bemessung, Qualitätssicherung.- DWA-Regelwerk, Merkblatt DWA-M 509, 334 S.

Dönni, W., Boller, L., Zaugg, C. 2016: Profondeurs d'eau minimales pour la truite fario et la truite lacustre – Bases biologiques et recommandations. Étude réalisée sur mandat de l'Office fédéral de l'environnement: 42 p.

Ebel, G., Fredrich, F., Gluch, A., Lecour, C., Wagner, F. 2006: Methodenstandard für die Funktionskontrolle von Fischaufstiegsanlagen. Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., 115 S.

Ebel, G. 2016: Fischschutz und Fischabstieg an Wasserkraftanlagen – Handbuch Rechen- und Bypasssysteme. Ingenieurbioologische Grundlagen, Modellierung und Prognose, Bemessung und Gestaltung. Mitteilungen aus dem Büro für Gewässerökologie und Fischereibiologie Dr. Ebel, Bd. 4 (2. Aufl.), 483 S., Halle (Saale).

Forum „Fischschutz und Fischabstieg“ 2014: Synthesepapier. Ergebnisse der Workshops, 42 S.

Forum „Fischschutz und Fischabstieg“ 2015: Arbeitshilfe zur standörtlichen Evaluierung des Fischschutzes und Fischabstieges. Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, 215 S.

Gough, P., Philipsen, P., Schollema, P. P., Wanningen, H. 2012: From sea to source; International guidance for the restoration of fish migration highways. Regional Water Authority Hunze en Aa's. Niederlande, 299 S.

Guthruf, J. 2008: Fischaufstieg am Hochrhein. Koordinierte Zählung 2005/06. Umwelt-Wissen 8010: 161 S.

Guthruf, J., Dönni, W. 2014: Methodik zur Bewertung koordinierter Fischaufstiegszählungen bei Kraftwerksanlagen an grossen Flüssen, insbesondere am Hochrhein. BAFU, 27 S.

Hefti, D. 2012: Migration du poisson vers l'amont et vers l'aval à la hauteur des ouvrages hydroélectriques. Check-list Best Practice. Office fédéral de l'environnement, Berne. Connaissance de l'environnement n° 1210, 79 p.

Hilaire, M., Senecal, A., Besse, T., Baisez, A. 2014: Guide de gestion de d'entretien des dispositifs de franchissement des ouvrages hydrauliques pour les poissons migrateurs. Contribution de LOGRAMI à la restauration de la continuité écologique des cours d'eau. LOGRAMI, 62 S.

Økland, F., Teichert, M.A.K., Thorstad, E.B., Havn, T.B., Heermann, L., Sæther, S.A., Diserud, O.H., Tambets, M., Hedger, R.D., Borcharding, J. 2016: Downstream migration of Atlantic salmon smolt at three German hydropower stations. NINA Report 1203, 47 S.

Schmalz, W. 2002: Untersuchung der Möglichkeiten der Anwendung und Effektivität verschiedener akustischer Scheueinrichtungen zum Schutz der Fischfauna vor Turbinenschäden.- Schleusingen (Labor für hydraulisches Versuchswesen, Gewässerschutz und Ökologie der Bauhaus-Universität Weimar, Institut für Wasserwesen), 77 S.

Schwevers, U., Adam, B., Thumerer, D. 2005: Auswertung durchgeführter Erfolgskontrollen. Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, Referat IV-10 Grundsatzfragen Wasserwirtschaft, Ökologie der Fließgewässer, Hochwasserschutz, 193 S.

Seifert, K. 2016: Fischaufstiegsanlagen in Bayern – Hinweise und Empfehlungen zu Planung, Bau und Betrieb. Bayerisches Landesamt für Umwelt, Landesfischereiverband Bayern e.V., 152 S.

Woschitz, G., Eberstaller, J., Schmutz, S. 2003: Mindestanforderungen bei der Überprüfung von Fischmigrationshilfen (FMH) und Bewertung der Funktionsfähigkeit. Richtlinien der Fachgruppe Fischereisachverständige beim österreichischen Fischereiverband 1/2003, 23 S.

Zaugg, C., Dönni, W., Boller, L., Guthruf, J. 2016: Massnahmenumsetzung Sanierung Fischgängigkeit. Umfang und Methodenwahl Wirkungskontrollen.- im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt, 30 S.

Zaugg, C., Mendez, R. in prep.: Axpo Kleinwasserkraft AG, Kleinwasserkraftwerk Stroppel: Wirkungskontrolle Fischabstieg am Horizontalrechen mit Bypass.- im Auftrag Axpo.

ANNEXE 1

Description des méthodes de suivi de la migration au niveau des ouvrages

- * Bassins de comptage
- * Nasses
- * Filets
- * PIT-Tagging
- * Comptage aux infrarouges (VAKI-Riverwatcher)
- * Suivi vidéo et photographique
- * Capture - marquage - recapture
- * Étude des éléments retenus par les grilles
- * Télémétrie
- * Sonars (DIDSON, ARIS)

Remarques

- Les méthodes d'étude de la migration des poissons au niveau des ouvrages hydroélectriques évoluent constamment et de nouvelles techniques, qui ne peuvent toutes être décrites dans ce rapport, viennent sans cesse compléter les anciennes (ADN environnemental, poissons factices, etc.). Cette annexe décrit plusieurs méthodes en exposant leur principe et en présentant des cas où elles sont utilisées ; chacune d'elle doit évidemment être adaptée à la situation et être utilisée en appliquant les connaissances techniques et scientifiques les plus récentes.
- Certaines autres méthodes, dont les possibilités d'utilisation sont restreintes, ne sont pas non plus décrites ici (compteur à résistivité, par exemple).
- Aucune méthode n'est particulièrement mise en valeur ou, au contraire, déconseillée. Toutes ont leurs avantages et leurs inconvénients et conviennent mieux à l'étude d'un objectif donné qu'à un autre. Il appartient au responsable du projet de déterminer la méthode qui se prête le mieux à la vérification de l'atteinte des objectifs qui le concernent (Chap. 7).
- Les évaluations indiquées dans les rubriques « Qualité pour la montaison » et « Qualité pour la dévalaison » ne se réfèrent qu'aux objectifs d'assainissement définis aux Tab. 6 et 7, et pour lesquels la méthode est conseillée, et non pas au suivi de la montaison ou de la dévalaison en général.
- Si plusieurs installations doivent faire l'objet d'un suivi au sein d'un même bassin versant, il est conseillé de coordonner les opérations, en particulier lorsque des méthodes telles que le marquage PIT sont envisagées (exploitation des synergies, diminution des coûts, gain de connaissances supérieur).
- Les informations relatives aux différentes méthodes proviennent principalement d'études réalisées en Suisse et dans les pays voisins ; elles ont été tirées de la littérature, de réponses à un courrier groupé et de contacts directs avec les spécialistes. Elles ne prétendent pas à l'exhaustivité. Certaines appréciations sont personnelles et ne peuvent être globalement appliquées à d'autres installations ; elles sont citées afin de rendre compte aussi bien des expériences positives que des expériences négatives.
- Les informations relatives aux coûts humains et financiers ne sont que des estimations grossières ; ces coûts peuvent très fortement varier d'une situation à l'autre.
- Des informations complémentaires peuvent être obtenues en consultant les sources citées pour chaque méthode.
- Il est impératif de contacter les autorités compétentes avant d'utiliser telle ou telle méthode afin d'agir en toute légalité (droit en vigueur, autorisations relevant du droit de la pêche, bien-être animal). Toute action de marquage doit être déclarée (OFEV).

BASSINS DE COMPTAGE

Coût (matériaux construction):	moyen	Moyens humains:	élevés
Qualité pour la montaison:	bonne	Qualité pour la dévalaison:	moyenne
		Si conception adaptée et faibles apports de flottants	

Type:

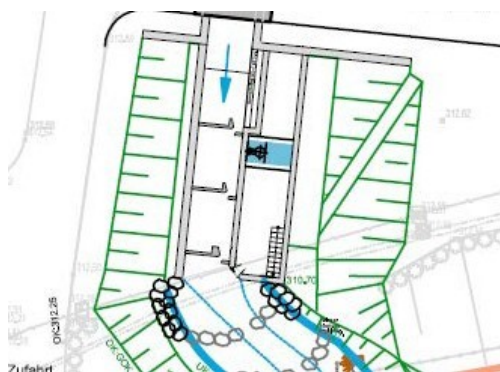
Comptage par piégeage

Principe:

Le bassin de comptage est un ouvrage traversé par le courant, installé soit dans, soit à côté, du dispositif de franchissement. Les poissons qui y pénètrent sont bloqués dans leur progression vers l'amont ou vers l'aval. L'entrée du bassin de comptage est équipée d'un dispositif anti-retour: l'ouverture est ainsi conçue qu'elle permet au poisson de pénétrer dans le bassin mais l'empêche d'en ressortir. Il n'existe pas encore de standard pour ces goulets anti-retour ; une étude a été mandatée par l'Office fédéral de l'environnement en 2018.

Limites d'utilisation: Aucune

Conditions	<ul style="list-style-type: none"> * Suffisamment d'espace pour la construction du bassin * Bonne accessibilité du bassin, à l'extérieur comme à l'intérieur ; espace suffisant pour les comptages * Dispositif de nettoyage (arrivée d'eau et tuyau, par ex.) * Suffisamment de personnel connaissant les espèces pour les comptages * Grille anti-retour (entrée) et obturateur (en bout de bassin) pour limiter la fuite des poissons hors du bassin * L'obturateur au contact du bief amont doit être conçu de façon à limiter la pénétration des (petits et jeunes) poissons par l'amont. * Écoulement réglable hors de la goulotte aménagée au fond du bassin pour le comptage (attention aux petits poissons et prévoir un système de nettoyage adéquat) * Éclairage éventuel pour les vidanges de nuit
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> * Peu de risques de blessure des poissons si vidange prudente * Facilité de collecte et de manipulation des poissons * Quantification possible des poissons remontants et éventuellement dévalants, si leur comportement est peu perturbé et s'ils ne peuvent pas s'échapper (question du goulet anti-retour, voir plus haut). * Possibilité d'attraper les petits poissons * Possibilité d'analyse différenciée selon l'espèce et la taille * Comptage non influencé par la turbidité de l'eau * Possibilité d'études complémentaires (blessures, prélèvements d'écaillés, marquages etc.)
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> * Temps et moyens importants pour les vidanges ; stress pour les poissons * Effet répulsif probable du goulet à l'entrée du bassin * Entrée possible de petits poissons à partir du bief amont * Travail important demandé: vidanges quotidiennes (éventuellement aussi de nuit) (fréquence à augmenter en cas de forte affluence de poissons) * Prédation possible entre poissons si séjour prolongé



Pour le comptage, la passe à poissons est obturée à l'aide d'une vanne et les poissons dirigés vers le bassin de comptage (Gebler)



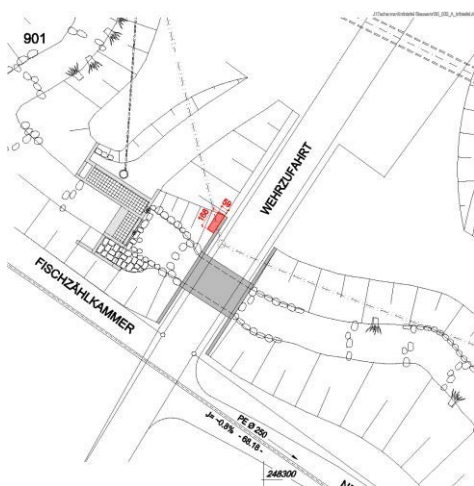
Les poissons remontant le courant pénètrent dans le bassin de comptage aménagé à côté de la passe (Aquarius)



Les grilles anti-retour empêchent (partiellement) les poissons de ressortir. Elles doivent être adaptées à la taille des poissons présents et nettoyés régulièrement (AquaPlus)



Des goulottes spéciales aménagées dans le bassin facilitent la capture des poissons (Aquarius)



Montaison: chambre de comptage du barrage de Schönenwerd (KW IBAarau) (Canton de Soleure)



Dévalaison: exemple de chambre de comptage dans un exutoire (Ebel 2016)

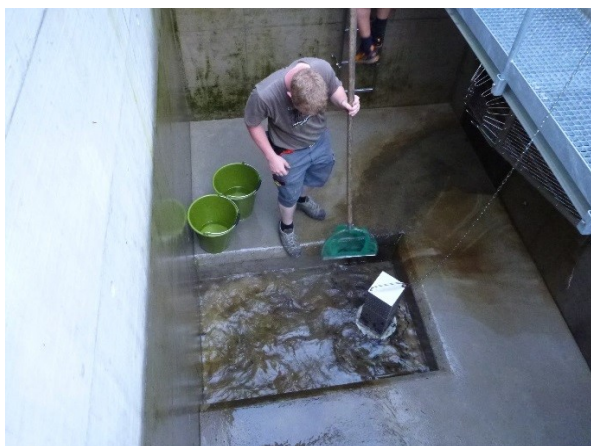
Littérature:

Gebler, R. 2010: Zählbecken - Fisch schonende Methode zur Funktionskontrolle von Fischwegen. WasserWirtschaft Nr. 3.

Ebel, G. 2016: Fischschutz und Fischabstieg an Wasserkraftanlagen – Handbuch Rechen- und Bypass-systeme. Ingenieurbiologische Grundlagen, Modellierung und Prognose, Bemessung und Gestaltung. Mitteilungen aus dem Büro für Gewässerökologie und Fischereibiologie Dr. Ebel, Bd. 4 (2. Aufl.), 483 S., Halle (Saale).

BASSINS DE COMPTAGE: exemple de la centrale de Waldhalde, Sihl

Objectif:	* Suivi de l'efficacité de la passe à poissons à fentes verticales
Situation:	* Dotation: 400 l/s
	* Δh bief amont / bief aval: $\sim 3,5$ m
	* ~ 7 espèces (saumon potentiellement présent)
Système de piégeage:	* Bassin de comptage à goulet anti-retour et alimentation hydraulique séparée en amont (grille treillis)



Bassin de comptage avec grille anti-retour qui empêche le retour des poissons dans la passe. Déplacement possible en cas d'arrivée massive de flottants (AquaPlus)

- * Dimensions du bassin: 5,70 m x 2,45 m x 1,4 m
- * Maillage de la grille amont et du goulet: 23 mm x 23 mm
- * Coût élevé de construction et d'installation
- * Besoin important de personnel pour les vidanges (1 vidange par jour)
- * Période de comptage: avril - novembre
- * Problèmes: mauvaise conception spatiale, obturation récurrente de la grille amont par des corps flottants, pénétration de petits poissons par l'amont, travail de nettoyage important, les petits poissons peuvent revenir dans la passe en ressortant par le goulet.

Commentaires:

- * **Conception spatiale:** Le raccordement au bief amont par un orifice séparé s'est révélé peu judicieux. Il a eu pour effet d'augmenter les apports de flottants dans le bassin qui se sont accumulés sur la grille de protection en amont et sur le goulet en aval (besoin de nettoyage accru, réduction de débit dans la passe). De plus, les petites espèces (non benthiques) et les juvéniles pouvaient s'échapper du bassin de comptage vers l'amont et ne pouvaient donc être comptabilisés avec fiabilité. En même temps, des juvéniles pouvaient pénétrer dans le bassin par l'amont et fausser les résultats.
- * **Nettoyage:** En période de crue, la Sihl transporte beaucoup de corps flottants. La grille amont doit alors être nettoyée quotidiennement sinon plus fréquemment.
- * **Vidanges:** Les vidanges doivent être aussi simples et rapides que possible pour éviter tout stress inutile aux poissons. Il est conseillé de prévoir deux personnes pour les effectuer.
- * **Fermeture de la vanne:** Le bassin de comptage peut être fermé par une vanne à l'aide d'une simple manivelle. Les poissons piégés peuvent alors être comptés.
- * **Possibilité de répétition:** Le bassin étant un ouvrage permanent, le contrôle peut être répété à souhait.



L'arrivée importante de flottants à l'automne exige un nettoyage quotidien de la grille amont (AquaPlus)



La vanne peut être fermée de l'extérieur de manière à la fois simple et rapide (AquaPlus)



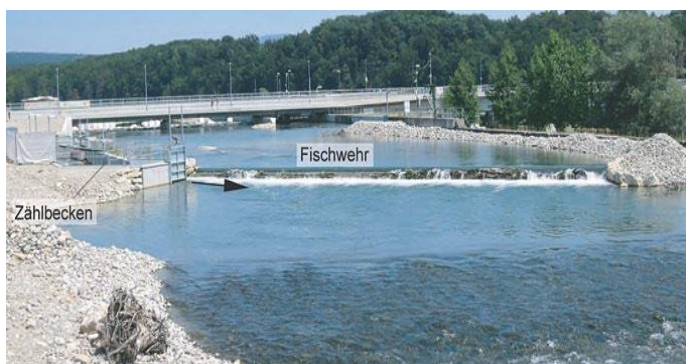
A l'arrière-plan: la grille amont devant la cloison mobile bloquant l'arrivée d'eau. Au premier plan: cuvette avec surverse (fermée sur la photo) aménagée dans le fond du bassin pour faciliter le comptage (AquaPlus)

Source:

AquaPlus 2017: KW Waldhalde. Auf- und Abstiegskontrolle - Funktionsbewertung (non publié).

BASSINS DE COMPTAGE: exemple du barrage de Rheinfelden (côté allemand), Rhin

- Objectif:** Suivi de la montaison par une rivière de contournement
- Situation:**
- * Dotation riv. de contournement: 10-16 m³/s (35 m³/s en purge)
 - * Pente de la rivière de contournement: 0,8 %
 - * Longueur: 1'030 m, largeur: 50 m
 - * Δh bief amont / bief aval: 6,9-9,10 m
 - * > 30 espèces
- Système de piégeage:**
- * Un seuil déversoir empêche la remontée dans la rivière et les poissons sont attirés vers le bassin de comptage par un courant d'attrait
 - * Un goulet anti-retour empêche le retour des poissons dans la rivière
 - * Une paroi plongeante surplombante empêche les poissons de quitter le bassin de comptage en sautant à contre-courant.



Seuil déversoir guidant les poissons vers le bassin de comptage (vue depuis l'aval) (Gebler 2013)

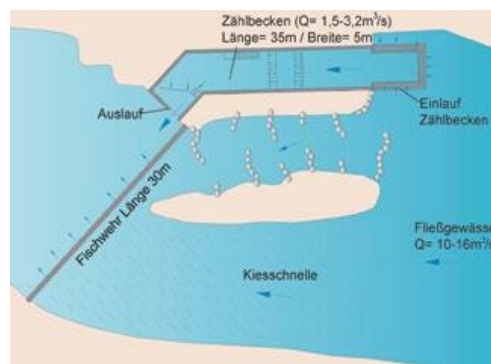


Schéma du système (Gebler 2013)

- * Dimensions du bassin: 35 m x 5 m
- * Dotation: 1,5–3,2 m³/s
- * Coût élevé de construction et d'installation
- * Besoin important de personnel pour les vidanges
- * Période de comptage: avril 2016 – mars 2017
- * Fréquence des vidanges: tous les jours en été et en hiver

Commentaires:

- * Les arrivées parfois massives de corps flottants ont pu être limitées par l'installation d'une poutre flottante en amont.
- * Des essais de marquage PIT ont montré que 85 % des poissons montant dans le bassin de comptage en ressortaient par le goulet anti-retour et redescendaient le courant, échappant ainsi au dénombrement (Peter et al. 2016).

Sources:

Gebler, R. & Lehmann, P. 2013: Naturnahes Fließgewässer am neuen Kraftwerk Rheinfelden. WasserWirtschaft Nr. 6.

Peter, A., Mettler, R. & Schölzel, N. 2016: Vorprojekt „PIT-Tagging Untersuchungen am Hochrhein-Kraftwerk Rheinfelden“. Studie Peter Fishconsulting. Auftrag: Bundesamt für Umwelt BAFU: 43 S.

Ulrich, J. 2013: Zwischenergebnis der Fischzählung am neuen Wasserkraftwerk Rheinfelden. Wasserwirtschaft Nr. 6.

NASSES

Coût (matériaux construction):	faible	Moyens humains:	élevés
Qualité pour la montaison:	moyenne	Qualité pour la dévalaison:	-
		Sauf pour le suivi de la dévalaison dans les tronçons empruntés pour la montaison	

Type:

Comptage par piégeage

Principe:

Les nasses sont des pièges de forme quadrangulaire ou conique présentant une entrée en entonnoir (goulet). Ce goulet doit être conçu de sorte que les poissons puissent entrer dans le piège mais ne puissent en ressortir. Il n'existe pas encore de standard pour ces goulets anti-retour ; une étude a été mandatée par l'Office fédéral de l'environnement en 2018. Les nasses sont disposées à l'intérieur du dispositif de franchissement. Il en existe de différents types (cages, verveux, etc.) et de différents matériaux (grillage métallique, tôle perforée, filet, etc.).

Limites d'utilisation: Utilisation limitée par une forte présence de flottants

Conditions	<ul style="list-style-type: none"> * Cadre et système de levage * Bonne accessibilité, espace suffisant pour les comptages * Possibilités de nettoyage (arrivée d'eau et tuyau, par exemple) * Suffisamment de personnel connaissant les espèces pour les comptages * La nasse doit être conçue de façon à ne pas blesser les poissons (taille suffisante, pas d'éléments saillants ou coupants, fil sans nœuds, courant modéré, etc.) * Pour les passes naturelles, prévoir des barrières et systèmes de guidage en complément * Éclairage éventuel pour les comptages nocturnes
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> * Nasse en filet, verveux: faible poids, grande flexibilité d'utilisation * La même nasse peut être utilisée dans plusieurs dispositifs * Quantification des poissons remontants possible si leur comportement est peu perturbé et s'ils ne peuvent pas s'échapper (question du goulet anti-retour, voir plus haut). * Possibilité d'analyse différenciée selon l'espèce et la taille * Comptage non influencé par la turbidité de l'eau * Possibilité d'études complémentaires (blessures, prélèvements d'écaillés, marquages etc.)
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> * Risques de blessures élevés pour les poissons * Se salit et se déplace facilement, surtout en cas d'abondance de feuilles mortes * Nasse en filet, verveux: faible solidité, se détériore facilement * Temps et moyens importants pour vider le piège ; stress pour les poissons * Mal adapté à l'étude des petits individus (compromis entre capture des petits poissons et risque de déplacement) * Goulet anti-retour: effet répulsif probable à l'entrée * Travail important demandé: relevages quotidiens (éventuellement aussi de nuit) et demande importante de nettoyage (fréquence des relevages et du nettoyage à augmenter en cas de forte affluence de poissons et de

flottants)

* Prédation possible entre poissons si séjour prolongé



Nasse de type cage grillagée (Aquarius)



Nasse avec goulets anti-retour (Aquatica)



*Nasse de type cage en tôle perforée
avec système de levage (potence et palan) (AquaPlus)*



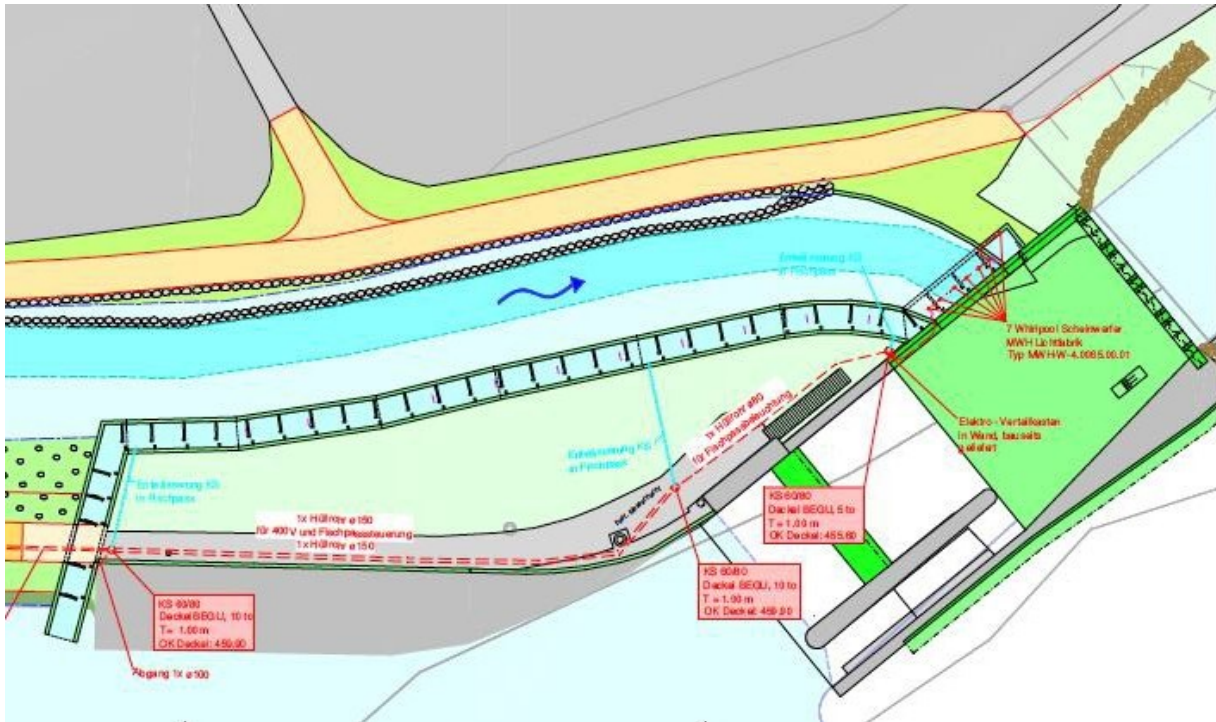
Nasse de type cage grillagée (AquaPlus)

Littérature:

Adam et al. 2014: Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbare Bauwerke – Gestaltung, Bemessung, Qualitätssicherung. Merkblatt DWA-M 509. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.

NASSES: exemple de la centrale de la Sarneraa, Sarneraa

Objectif:	* Suivi de la montaison dans une passe à fentes verticales
Situation:	* Dotation de la passe: ~ 250 l/s
	* Δh bief amont / bief aval: 7 m
Système de piégeage:	* Cage en tôle perforée avec goulet anti-retour



Plan de la centrale de la Sarneraa

- * Dimensions du cadre de la nasse: 213 x 208 x 120 cm
- * Hauteur de la cuve au fond de la nasse: 30 cm
- * Toit de la nasse: couvert d'un tapis de mousse
- * Parois de la nasse: tôle perforée galvanisée
- * Diamètre des perforations: 15 mm
- * Orifice du goulet anti-retour en entrée: 125 cm (hauteur) x 30 cm (largeur)
- * Longueur du goulet anti-retour: 45 cm
- * Système d'obturation supplémentaire dans le goulet: barreaux de 50 cm de long raccordés par des gaines thermorétractables
- * Hauteur du milieu du goulet par rapport au fond de la cage: ouverture sur toute la hauteur de la cage
- * Installation dans le bassin supérieur de la passe à poissons au moyen d'une grue
- * Tests réalisés pour déterminer le taux de blessure inhérent à la méthode et la fréquence à laquelle le piège doit être vidé
- * Rythme de relevage: journalier
- * Période: automne 2010: 57 jours ; printemps 2011: 72 jours ; automne 2011: 60 jours

Commentaires:*** Améliorations techniques:**

- o Un crochet plus grand a été installé pour le levage pour éviter qu'il soit endommagé lors de cette opération et garantir de meilleures conditions de sécurité.
- o Une plaque antidérapante en aluminium a été installée sur le toit de la cage
- o Les barreaux du goulet d'entrée ont été joints deux à deux par des gaines pour réduire le risque de blessure pour les poissons.
- o Des trous ont été aménagés dans le fond de la cuve pour faciliter la descente de la cage
- o Une plaque perforée a été installée en amont du piège pour intercepter les flottants à la manière d'une paroi plongeuse.

*** Équilibre:** La cage a dû être rééquilibrée à l'aide de tares suite à l'installation du lourd volet latéral.*** Problèmes:** Les feuilles mortes colmatent les perforations et réduisent le débit traversant la cage. L'eau s'accumule alors sous la cage et la pousse vers le haut, permettant aux poissons de passer sous le piège. Deux autres rangées de trous ont été ajoutées au fond de la cuve mais cela n'a pas entièrement résolu le problème.*** Études complémentaires:** Pêche électrique dans le bief aval pour comparer la composition de la population à celle des poissons remontants (sélectivité du dispositif).

Levage réussi de la cage (Fischwerk)



Vidange de la cage par basculement de la paroi latérale de la cuve (Fischwerk)

Source:

Fischwerk 2012: Fischpass Kraftwerk Sarneraa. Aufstiegskontrolle 2010/2011 und Funktionsbewertung. Schlussbericht.

NASSES: exemple du seuil de Kollbrunn, Töss

Objectif:	* Suivi de la montaison dans une passe Steffstep (passe temporaire à fentes verticales en acier)
Situation:	* Dotation: 120 – 160 l/s * Δh bief amont / bief aval: 3 m * 4 espèces de poissons
Système de piégeage:	* Nasse grillagée (fabrication maison en deux éléments) à ouverture conique



Mise en place de la grille inférieure dans la passe (Baier)



Grille supérieure couverte d'algues en été (Baier)

- * Dimensions de la cage: nasse à deux éléments, grille supérieure (maille 2 x 2 cm) placée perpendiculairement au courant en haut d'un bassin, grille avec ouverture centrale en entonnoir (goulet de 14 cm de diamètre) placée en bas d'un bassin.
- * Rythme de relevage: été: toutes les 2 h certains jours ; hiver: toutes les 24 h
- * Période: juillet - décembre

Commentaires:

- * **Nettoyage:** La nasse était facilement colmatée par les feuilles mortes, les algues, etc. Elle demandait donc un important travail de nettoyage.
- * **Fonctionnalité:** La nasse n'était pas utilisable en cas de crue parce qu'elle se colmatait rapidement et que les poissons risquaient de s'y blesser. Fort développement algal en été, beaucoup de feuilles mortes à l'automne et débit trop faible en hiver. Résultat: la nasse n'était quasiment pas utilisable sur le site concerné.
- * **Nasse ouverte (sans toit):** Problème de prédation par les oiseaux. Une planche en bois a été installée pour offrir une cache aux poissons.
- * **Maniement:** Simple et bon marché
- * **Effet répulsif pour les poissons:** Certains poissons ont pu renoncer au franchissement ou le retarder par crainte face au goulet d'entrée.
- * **Études complémentaires:** Les comptages à la nasse ont été complétés d'un suivi par marquage PIT et par vidéo-comptage
- * **Améliorations possibles:** Ajout d'une grille intermédiaire amovible permettant de réduire la surface du piège et d'éviter d'effrayer les poissons lors de leur capture (moins de stress)

Sources:

Baier, E. 2016: Fish pass Steffstep – a solution for disconnected rivers? Potential application and efficiency of a new fish pass type. Master thesis in environmental science.

Eva Baier, Fischwanderung GmbH, St. Gallen

FILETS

Coût (matériaux construction):	faible	Moyens humains:	élevés
Qualité pour la montaison:	- Sauf verveux	Qualité pour la dévalaison:	très bonne

Type:

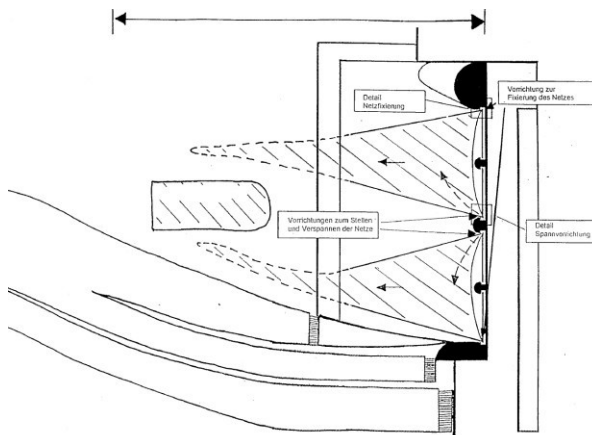
Comptage par piégeage

Principe:

Les filets sont des systèmes de piégeage en matière textile, en forme de sac ou de panier, et pouvant ou non être équipés de goulets anti-retour.

Limites d'utilisation: Utilisation limitée par l'abondance de corps flottants

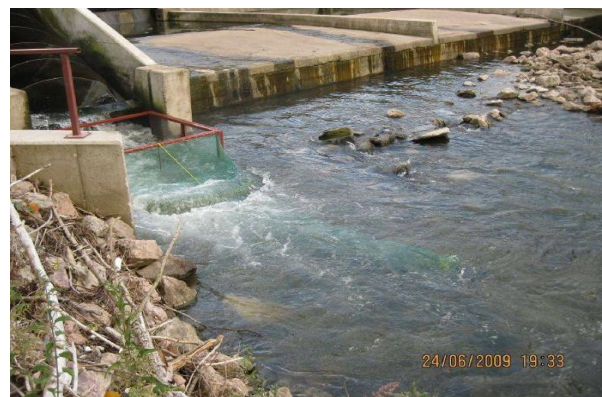
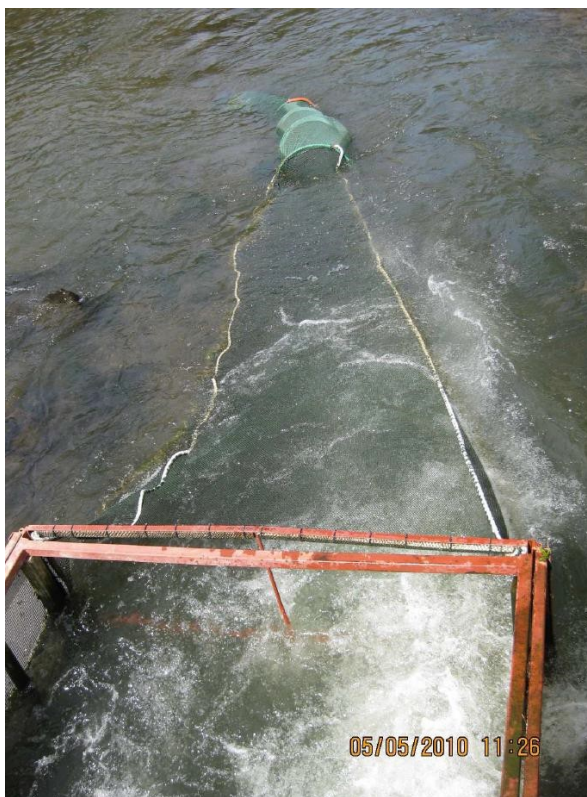
Conditions	<ul style="list-style-type: none"> * Cadre et système de levage et éventuellement piège complémentaire * Bonne accessibilité, espace suffisant pour les comptages (plateforme flottante ou canot) * Possibilités de nettoyage (arrivée d'eau et tuyau, par exemple) * Suffisamment de personnel connaissant les espèces pour les comptages * Bonnes conditions de sécurité pour les personnes (surtout pour les relevages nocturnes) * Système de fermeture par glissière ou par nœud pour permettre le nettoyage et le prélèvement des poissons * Le système de piégeage doit être conçu de façon à ne pas blesser les poissons * Utiliser du fil sans nœuds (moins blessant pour les poissons) * Éclairage éventuel pour les comptages nocturnes
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> * Verveux: faible poids, grande flexibilité d'utilisation * Le même piège peut être utilisé dans plusieurs dispositifs * Comptage non influencé par la turbidité de l'eau * Possibilité d'analyse différenciée selon l'espèce et la taille * Quantification possible * Influence très faible voire nulle sur le comportement migratoire * Possibilité d'études complémentaires (blessures, prélèvements d'écaillés, marquages etc.)
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> * Risques de blessures, en particulier pour les petits individus et les espèces sensibles * Stress pour les poissons au moment du relevage * Systèmes peu résistants, s'encrassant et s'abîmant facilement * Non utilisables en cas d'abondance de flottants * Travail important demandé: relevages réguliers (éventuellement aussi de nuit) et demande importante de nettoyage (fréquence des relevages et du nettoyage à augmenter en cas de forte affluence de poissons et de flottants) * Non utilisables en cas de crues ou dans la zone de remous en amont de l'obstacle * Difficultés d'utilisation par fort courant



Haveneaux au niveau de turbines (Holzner 2000)



Verveux (Schmalz & al. 2015)



Cage avec haveneau, verveux, seau et fermeture éclair pour accéder aux poissons (Schmalz 2010)

Littérature:

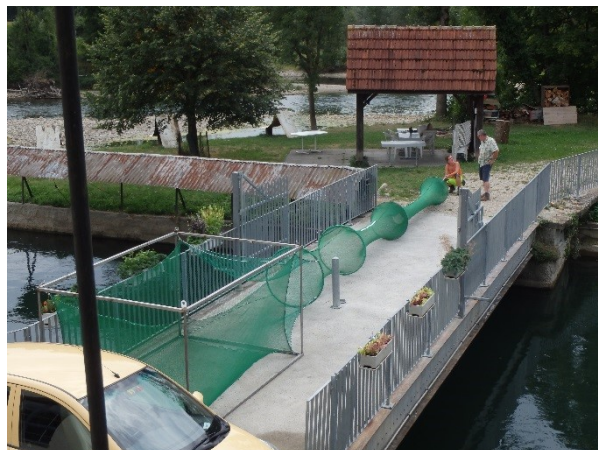
Holzner, M. 2000: Untersuchungen über die Schädigung von Fischen bei der Passage des Mainkraftwerks Dettelbach. Dissertation Technische Universität München, Institut für Tierwissenschaften.

Schmalz, W., Wagner, F. & Sonny, D. 2015: Forum „Fischschutz und Fischabstieg“. Arbeitshilfe zur standörtlichen Evaluierung des Fischschutzes und Fischabstieges. Im Auftrag des Ecologic Institutes gemeinnützige GmbH.

Schmalz, W. 2010: Untersuchungen zum Fischabstieg und Kontrolle möglicher Fischschäden durch die Wasserkraftschnecke Walkmühle an der Werra in Meiningen. Im Auftrag Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie.

FILETS: exemple de la centrale de Stroppel, Limmat

- Objectif: * Suivi de la dévalaison en aval de l'exutoire
- Situation: * Dotation de l'exutoire: ~ 700 l/s
 * Δh sortie exutoire / bief aval: 0-0,8 m (zone d'accumulation en cas de crue [fluctuations de niveau dans le bief aval])
 * Fort courant dans le bief aval (> 0,5 m)
 * > 30 espèces de poissons
- Système de piégeage: * Cage en filet débouchant sur une nasse (type verveux)



Cage en filet et nasse (Aquarius)

- * Dimensions de la cage en filet: 3 m x 3 m
- * Longueur de la nasse: 10 m
- * Mailles: filet: 8 mm, nasse: 20 mm/15 mm/10 mm/8 mm
- * Mise en place à la grue lorsque l'exutoire est déconnecté ou que le débit turbiné est réduit
- * Fixation avec 6 cordes
- * Nasse maintenue en hauteur par des bouées
- * Faible coût en matériaux
- * Forte demande de moyens humains pour récupérer les poissons
- * Tests réalisés pour déterminer le taux de blessure inhérent à la méthode et la fréquence à laquelle le piège devait être vidé
- * Rythme de relevage: toutes les 30 minutes
- * Période: septembre 2015 – octobre 2016

Commentaires:

- * **Fixation de la cage en filet:** Il s'est tout d'abord avéré difficile de fixer la cage en filet ; il a fallu plusieurs essais avant d'y parvenir. Suite aux fluctuations importantes de niveau dans le bief aval, le système de fixation a dû être adapté aux différentes situations. Étant donné que les comptages s'effectuent également de nuit ou par grand froid, le piège doit être facile à manier.
- * **Rythme de relevage du piège:** Les essais ont montré que la nasse devait être vidée toutes les 30 minutes pour que les poissons ne commencent pas à se blesser.
- * **Méthode de relevage du piège:** En général, seule la nasse a été vidée. Les poissons à forte capacité de nage avançaient jusque dans la partie antérieure de la nasse (récupération grâce à des fermetures éclair). Les poissons demeurés dans le filet de collecte ont été récupérés à l'épuisette en relevant le filet de temps en temps.

- * **Nettoyage du piège:** Les corps flottants s'accumulaient dans la nasse avec les poissons et ont été retirés lors de chaque relevage du piège. L'ensemble du dispositif de piégeage a été nettoyé lors du nettoyage des grilles et en cas de forte affluence de flottants.
- * **Déroulement de la collecte:** La récupération des poissons devait s'effectuer rapidement et pouvait également avoir lieu de nuit et par grand froid. Face à ces exigences, la nasse a donc été équipée d'un système de fermeture et d'ouverture simple et rapide. Le contenu de la nasse a été transféré dans des bacs remplis d'eau à partir d'un canot.
- * **Sécurité:** Les vidanges ont été effectuées par une équipe d'au moins 3 personnes.
- * **Dévalaison de masse:** Lors des vagues de dévalaison massive (plusieurs centaines de poissons par heure, accompagnés de quantités importantes de corps flottants), le personnel a été renforcé, l'équipe comptant jusqu'à 8 personnes, afin d'éviter que les poissons ne soient blessés en étant manipulés.
- * **Usure des filets:** Suite à l'impact des flottants et à l'usure naturelle du matériau, les filets ont dû être réparés ou renforcés en de nombreux endroits. Il est conseillé de disposer du matériel nécessaire sur place.



Mise en place du piège à la grue (Aquarius)



Vue d'ensemble du dispositif (Aquarius)



Relevage de la nasse (Aquarius)



Triage des poissons récupérés dans la nasse (Aquarius)



Système de fermeture rapide (Froelich Mechanische Werkstatt AG)



Nettoyage fréquent en cas d'affluence de flottants (Aquarius)



Fermeture éclair pour récupération rapide des poissons et des flottants (Aquarius)



Renforcement d'une grande surface de filet suite à des signes d'usure (Aquarius)

Source:

Claudia Zaugg, Aquarius GmbH, Neuchâtel/Schnottwil
Ricardo Mendez, Axpo Power AG, Hydroenergie, Baden

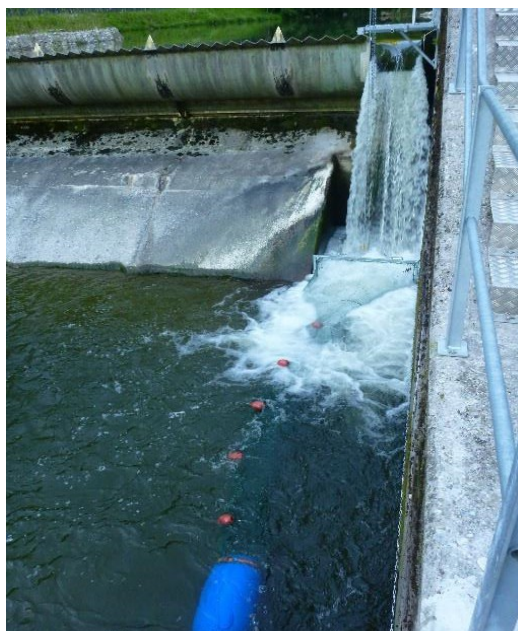
Filets: exemple de la centrale de Waldhalde, Sihl

Objectif:	Suivi de la dévalaison en aval du déversoir du barrage et de la dévalaison à travers les turbines
Situation:	<ul style="list-style-type: none"> * 250 - 600 l/s * Δh déversoir / bief aval: $\sim 3,5$ m * Nasse de même section que le déversoir de crue * Débit maximal turbiné $4,5$ m³/s * Canal couvert d'env. 100 m dans le bief aval * ~ 7 espèces de poissons
Système de piégeage:	<ul style="list-style-type: none"> * Nasse au débouché du bassin de dissipation modifié * Haveneau au débouché de la turbine

Déversoir du barrage: Nasse



Nasse et baril destinés à réduire le courant et piéger les poissons (AquaPlus)



Nasse sous le déversoir (AquaPlus)

- * Dimensions de la nasse (verveux): cadre d'entrée 1,7 m de large, 1,55 m de haut et 1,5 m de long ; 5 cerceaux de 90 cm, 80 cm, 70 cm, 60 cm et 50 cm de diamètre et 2 goulets ; longueur totale: 5,0 – 5,5 m
- * Baril perforé à l'extrémité inférieure de la nasse
- * Mailles: cadre 15 mm – 210/18, nasse 10 mm – 210/15, au bout 8 mm
- * Fil sans nœuds (pour éviter de blesser les poissons)
- * Mise en place à la grue
- * Fixation à l'aide de la grue, de profilés en U et de cordes
- * Nasse maintenue en place à l'aide de bouées
- * Faible coût de matériau
- * Personnel requis pour vider le piège: 2 personnes en moyenne
- * Tests réalisés pour fixer la manière exacte de vider le piège et la fréquence de ces opérations
- * Rythme de relevage: 2 x par jour
- * Période: été / automne

Commentaires:

- * **Fixation du verveux:** Il s'est tout d'abord avéré difficile de fixer la nasse au moyen des profilés ; il a fallu plusieurs essais avant d'y parvenir. Le bassin de dissipation était difficilement accessible et ne pouvait être atteint qu'en canot. Prévoir un verveux suffisamment long pour que la zone de récupération des poissons se situe en dehors du périmètre de grande profondeur quasiment inaccessible. Cette précaution facilite le travail, évite un stress inutile et garantit de meilleures conditions de sécurité pour le personnel. Le cadre n'a pu couvrir totalement la section du bassin de dissipation. Il était possible aux poissons de passer à côté du piège par de petits espaces. De par la position inclinée du barrage, les poissons pouvaient également s'échapper du dispositif de piégeage en sautant latéralement. Cela n'a cependant pas été observé.
- * **Fréquence de relevage du piège:** Des essais ont montré qu'il était suffisant de vider le piège deux fois par jour. Le nombre de poissons capturés était faible et les animaux non blessés.
- * **Technique de relevage:** A partir du canot. La nasse a été relevée progressivement, ce qui a poussé les poissons à se rassembler dans le baril. Celui-ci a ensuite été détaché et les poissons comptés.
- * **Nettoyage du dispositif de piégeage:** Les corps flottants se sont principalement accumulés dans le baril et en ont été retirés avec les poissons à chaque relevage. Grâce aux ouvertures nouables, chaque goulet pouvait par ailleurs être nettoyé individuellement.

Sortie de la turbine: Haveneau avec cadre d'ouverture

Haveneau et baril de collecte ; système amovible et rabattable sous le filet (AquaPlus)

- * Dimensions du haveneau: 3,4 m x 2,2 m = périmètre 15 m ; 7 m de long, bout ouvert (ouverture et fermeture avec corde à nœud coulissant)
- * Maillage: 10 mm
- * Fil sans nœuds (pour ne pas blesser les poissons)
- * Cadre et fixation avec des barres d'échafaudage
- * Système rabattable
- * Faible coût en matériaux
- * Besoin important de personnel pour poser et vider le filet (4 personnes)
- * Nécessité de vider le canal aval de ses poissons au préalable
- * Tests réalisés pour fixer la manière exacte de vider le piège et la fréquence de ces opérations
- * Fréquence de relevage du filet: 4 x par jour
- * Période: été / automne

Commentaires:

- * **Fixation du haveneau:** Il s'est tout d'abord avéré difficile de fixer le haveneau au moyen de barres d'échafaudage ; il a fallu plusieurs essais avant d'y parvenir. Le courant était tel que des forces considérables s'exerçaient sur le filet.
- * **Fréquence de relevage du filet:** Des essais ont montré que, compte tenu des apports de flottants, il convenait de vider le haveneau quatre fois par jour. Il est impossible aux poissons de ressortir vivants d'un passage par la turbine Francis ; il n'était donc pas nécessaire de se préoccuper de blessures éventuellement occasionnées par le système de piégeage.
- * **Récupération du contenu du piège:** Le dispositif a été vidé en faisant basculer le cadre et en resserrant le filet. Le contenu du filet était ainsi dirigé vers le baril qui pouvait ensuite être vidé dans un bac afin de faire l'inventaire des débris de poissons présents.
- * **Masse de travail nécessaire:** La construction du dispositif et la pêche préalable ont demandé un travail très important ; l'étude du matériel récolté était en revanche plutôt simple et rapide.

Source:

AquaPlus 2017: KW Waldhalde. Auf- und Abstiegskontrolle - Funktionsbewertung (non publié).

PIT-TAGGING

Coût (matériaux construction):	faible-moyen	Moyens humains:	
		Installation:	moyens
		Marquage:	élevés
		Utilisation:	faibles
Qualité pour la montaison:	très bonne	Qualité pour la dévalaison:	bonne

Type:

Contrôle passif / marquage

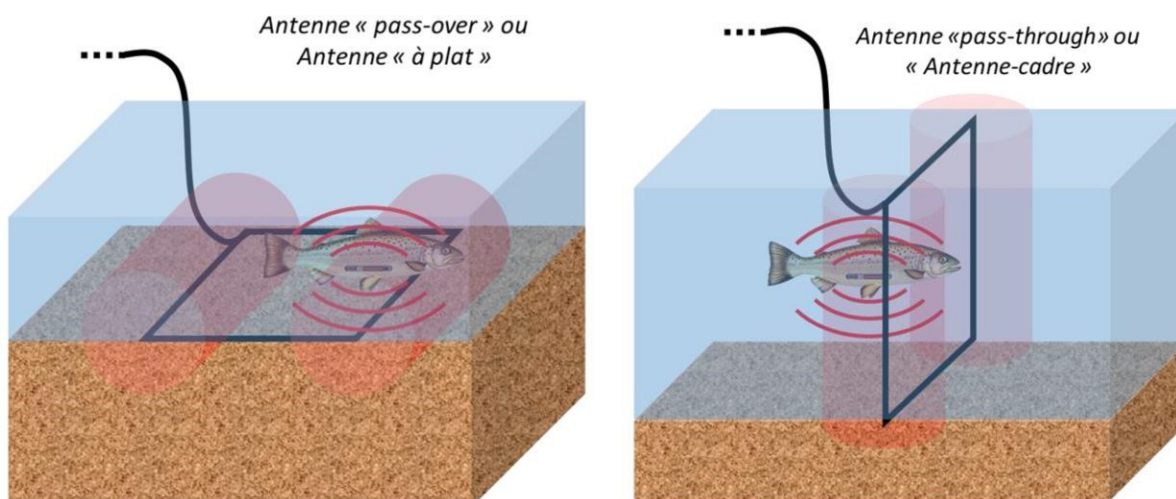
Principe:

Les PIT-tags (Passive Integrated Transponders ou transpondeurs passifs intégrés en français) sont des marqueurs électroniques semi actifs dotés d'un code individuel que l'on implante dans la cavité abdominale des poissons. Dès qu'un transpondeur pénètre dans le périmètre d'une antenne, un champ magnétique se crée et le PIT-Tag est alimenté en électricité. Celui-ci, alors activé, envoie son signal codé qui est détecté et enregistré par le lecteur relié à l'antenne. Grâce à cette technique, il est possible de suivre la migration des poissons de manière individuelle.

Limites d'application: Distance de lecture de 0,15 - 1 m, perturbations environnantes (interférences magnétiques, défaillances des conducteurs, etc.), marquage déconseillé pour les poissons de moins de 80 mm

Conditions	<ul style="list-style-type: none"> * Requier un nombre important de poissons à marquer (capture par pêche électrique idéale ; le piégeage en bassin, à la nasse ou au filet, par exemple, ne convient pas toujours) * La taille du milieu aquatique à contrôler ne doit pas être trop importante ; il doit pouvoir être entièrement couvert par les antennes (portée maximale d'une antenne dans l'eau: 1m). * Le montage des antennes se fait sur mesure pour chaque site ; pas de kit standard * Requier un personnel qualifié et autorisé * Alimentation électrique
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> * Plus aucune manipulation des poissons requise après le marquage * Suivi individuel des poissons * Suivi des poissons remontants et dévalants (si suffisamment d'antennes) * Comptage indépendant de la turbidité de l'eau * Possibilité de suivi détaillé dans le temps (variations au cours de la journée) * Possibilité d'informations sur la facilité qu'ont les poissons à trouver le dispositif de franchissement et à le traverser * Étude combinée d'aspects différents (entrées multiples, obstacles cumulés, etc.) * Aucune influence sur le comportement migratoire (si les poissons marqués ne proviennent pas de bassins de comptage ou pièges similaires) * Flexibilité: les antennes peuvent être déplacées à tout moment
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> * La capture et le marquage des poissons sont source de stress et de légères blessures * Seuls les poissons marqués sont comptés (demande donc un grand nombre d'individus marqués) * Les poissons de petite taille (< 80 mm) ne peuvent pas être marqués * Les marqueurs PIT peuvent être perdus par les femelles lors de la ponte

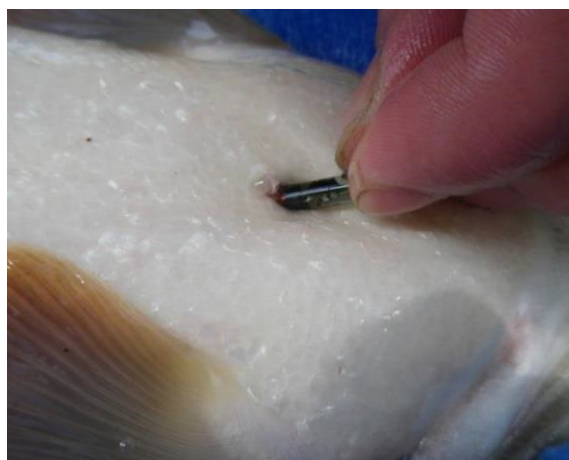
- * Requiert un personnel dûment qualifié
- * Les antennes peuvent être assez facilement perturbées par des bruits parasites électromagnétiques (turbines, générateurs, moteurs électriques, etc.). Difficultés éventuelles de mise en route.
- * Distance de lecture limitée (1 m maxi, variable selon les antennes)
- * Forte demande d'entretien possible (corps flottants, bois morts, plantes aquatiques, algues, etc.)



Types d'antennes (Grimardias & Cattaneo 2016)



Installation d'une antenne dans un ruisseau de contournement (AquaPlus)



Implantation d'un marqueur PIT-tag dans un barbeau (Cattaneo)

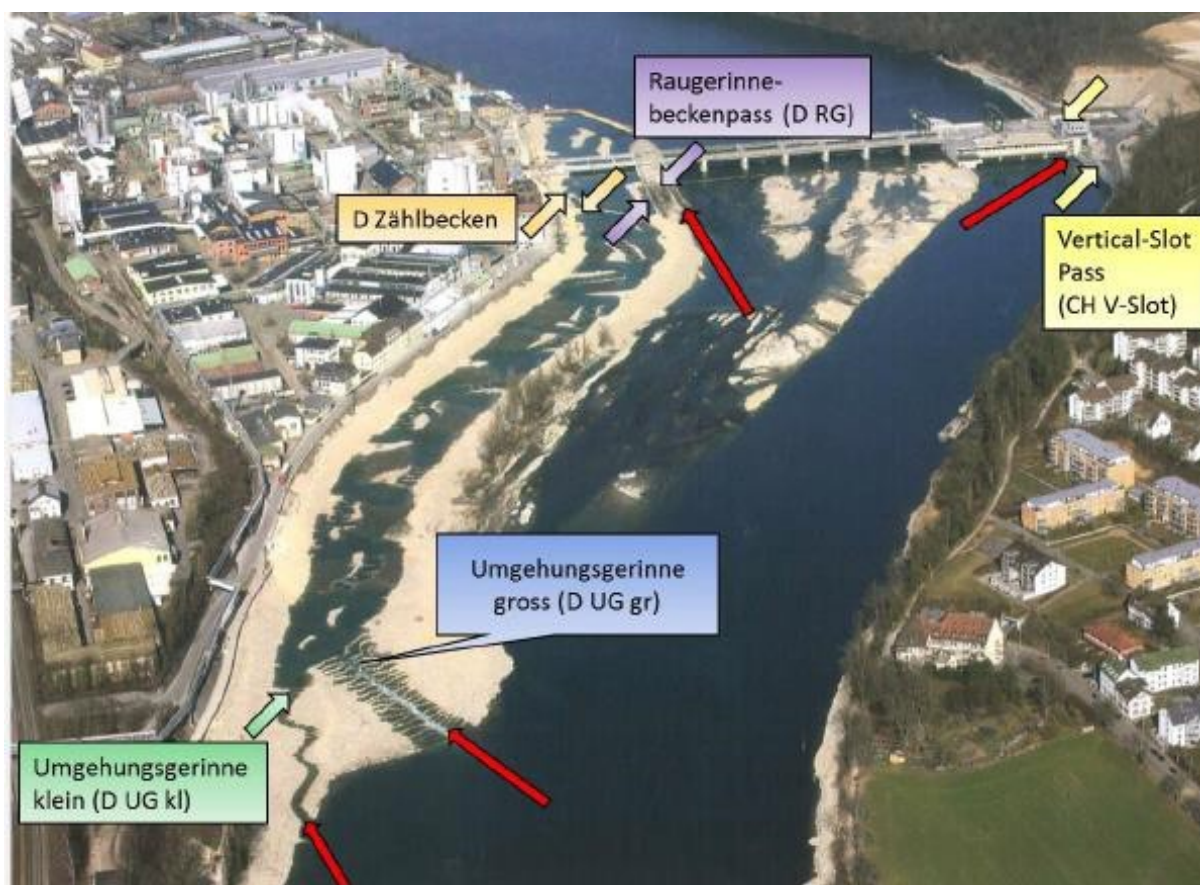
Littérature:

Grimardias, D. & Cattaneo, F. 2016: Assainissement de la libre migration piscicole: Evaluation de l'efficacité de franchissement des ouvrages hydroélectriques sur la Versoix (GE). Hepia.

Schmalz, W., Wagner, F. & Sonny, D. 2015: Forum „Fischschutz und Fischabstieg“. Arbeitshilfe zur standörtlichen Evaluierung des Fischschutzes und Fischabstieges. Im Auftrag des Ecologic Institutes gemeinnützige GmbH.

PIT-TAGGING: exemple de la centrale de Rheinfelden, Rhin

Objectif:	* Détection des poissons remontants aux entrées des trois ouvrages de montaison et évaluation de l'efficacité de franchissement
Situation:	* Rivière de contournement (D): dotation: 10-16 m ³ /s (35 m ³ /s en purge), pente: 0,8 %, longueur: 1'030 m, largeur: 50 m, Δh bief amont / bief aval: max. 9,30 m
	* Passe à bassins successifs à tapis rugueux (D): dotation: 0,61 m ³ /s, nombre de bassins: 47
	* Passe à fentes verticales (CH): dotation: 0,56 m ³ /s, longueur: 310 m, nombre de bassins: 61
	* > 30 espèces de poissons
Méthode de comptage:	* PIT-tags



Localisation des antennes (flèches de couleur) et entrées possibles (flèches rouges) (Peter et al. 2016)

- * Antennes: 2 antennes dans la passe à fentes verticales (V-Slot), 2 dans la passe à bassins successifs à tapis rugueux (RG), 1 dans le bras de contournement (UG), 1 dans le bassin de comptage (Zählbecken)
- * Période: du 01.04.2016 au 31.10.2016

Commentaires:

- * **Temps nécessaire:**
 - o **Antennes:** Montage et réglage: bras de contournement 2–6 jours ; passe à fentes verticales jours à 2–3 personnes
 - o **Lecteur/alimentation:** Env. 100 heures de travail + 1 jour construction abri
 - o **Marquage:** 350 heures-hommes pour 2'000 poissons (efforts important pour collecter suffisamment de poissons pour chaque espèce ciblée)
 - o **Utilisation:** Surveillance constante de l'installation (inspection au moins 1x par semaine)

- * **Perturbations:** Perturbations du lecteur dues à des défaillances des conducteurs, en particulier dans le réseau allemand
- * **Entretien:** Très faibles pour les antennes sauf en cas de forte abondance de flottants
- * **Marquage:** Très peu de défections chez les poissons suite au marquage (< 1 %) ; marquage avec des tags de 12 mm de long à partir d'une longueur du corps de 90 mm et de 23 mm à partir de 160 mm
- * **Recommandations:**
 - o Prévoir suffisamment de temps pour le montage
 - o Prévoir, si possible, 1 antenne par lecteur (les lecteurs multi-antennes offrent une détection moins fiable)
 - o 2 antennes à chaque entrée et à chaque sortie (identification du sens de nage ; évaluation de l'efficacité de franchissement)
 - o Prévoir 3-4 personnes pour marquer les poissons s'ils sont abondants (> 400 individus)
 - o Les grands marqueurs ont une distance de lecture plus grande
 - o L'entrée des nasses et des bassins de comptage doit être conçue de façon à empêcher les poissons de ressortir
 - o Se renseigner sur les anesthésiants autorisés
 - o Adapter le moment du marquage aux périodes de migration maximale des espèces ciblées
 - o Éviter le transport des poissons -> Stress
- * **Coûts:** Matériel assez bon marché mais coût de main d'œuvre élevé pour les marquages



Caisson en aluminium abritant un lecteur et deux cordons d'antenne (Peter & al. 2016)



Installation d'une antenne dans une passe à fentes verticales (Peter & al. 2016)

Source:

Peter, A., Mettler, R. & Schölzel, N. 2016: Kurzbericht zum Vorprojekt „PIT-Tagging Untersuchungen am Hochrhein – Kraftwerk Rheinfelden“. Studie im Auftrag des Bundesamts für Umwelt BAFU: 43 Seiten.

PIT-TAGGING: exemple de Richelien, Versoix**Suivi de la montaison: tous couloirs migratoires****Suivi de la dévalaison: tous couloirs, passage turbine**

Objectif:	<ul style="list-style-type: none"> * Contrôle de l'efficacité des ouvrages de montaison et de dévalaison * Utilisation de différents couloirs migratoires * Évaluation de la part du passage par les turbines
Situation:	<ul style="list-style-type: none"> * Module moyen de la Versoix: 3,2 m³/s * Débit dans la passe à fentes verticales: 0,55 m³/s minimum * Longueur de la passe à fentes verticales: 13.6 m * Nombre de bassins: 5 * Hauteur / largeur des fentes: 1,05 m/0,25 m * Débit de la rampe de contournement: min. ~ 50 l/s * Débit dans l'ouvrage de dévalaison: 50 l/s * Débit d'équipement: 4,05 m³/s * Espèces présentes: truite, ombre, chabot
Méthode de comptage:	<ul style="list-style-type: none"> * PIT-tagging



Antenne dans la prise d'eau de l'exutoire de dévalaison



Antenne «pass-over» à plat

- * Nombre d'antennes: 10 (3 systèmes multiplex à 2-4 antennes pour contrôler toutes les voies migratoires)
- * Types d'antennes: verticales (antennes-cadres ou « pass-through ») et horizontales (à plat ou « pass-over »)
- * Dimensions des antennes-cadres:
 - Hauteur: 0,40 à 1,60 m
 - Largeur: 0,25 à 0,60 m
- * Dimensions des antennes à plat (placées perpendiculairement à l'axe migratoire):
 - Hauteur: 0,45 à 0,60 m
 - Largeur: 0,30 à 3,00 m
- * Vérification de la fonctionnalité du système avec un PIT-tag test qui émet un signal toutes les 30 minutes (1 marque test par système)

- * Temps nécessaire au montage de l'ensemble du système: env. 4 jours avec 2-4 personnes
- * Alimentation électrique par le réseau (certains systèmes alimentés avec des batteries au début)
- * Durée de l'étude: 3 ans
- * Antennes: fil électrique (type 2 (2x2 mm² ou 3x1.5 mm² selon la taille de l'antenne)) protégé par une gaine souple (l'expérience a montré qu'une gaine flexible était plus pratique et plus résistante face aux flottants et aux matériaux transportés sur le fond)
- * Ancrage: fixations métalliques, fixation dans le béton avec des vis et chevilles
- * Temps nécessaire au contrôle et à la maintenance du système (surveillance, vérification de la fonctionnalité, réparations, etc.): ≈ 15 jours par an (conditions de terrain ; le système était exposé aux matériaux transportés sur le fond et à l'usure par les contraintes environnementales)
- * Temps et main d'œuvre nécessaires au marquage: ≈ 8 jours à 5-6 personnes (capture et marquage)
- * Collecte des données: pendant la vérification du système (≈ 5 min par lecteur/enregistreur)
- * Exploitation des données: de 1 à 3 jours par relevé, selon la quantité de données collectées (compilation, tri et interprétation des données)

Commentaires:

Évaluation de la passe à poissons:

- * La passe a été mise à sec pour installer les antennes (aucune pêche de sauvetage n'a cependant été nécessaire)
- * Si impossibilité de mise à sec: possibilité d'utilisation d'antennes immergibles
- * Dans la mesure du possible, les lecteurs/enregistreurs ont été placés près des antennes (< 30 m)
- * Les différents lecteurs/enregistreurs n'étaient pas toujours faciles d'accès
- * Les tuners doivent être installés le plus près possible des antennes. Il leur est arrivé d'être submergés lors de crues (leur bon fonctionnement a dû être vérifié après chaque crue et les tuners submergés ont dû être remplacés en moyenne 0,5 fois par an).
- * Les lecteurs ont été alimentés via des transformateurs linéaires 220V -> 7-20V pour réduire les bruits parasites et éviter d'endommager les appareils
- * Un câble d'alimentation de 240 m a été installé pour le raccordement au réseau ; un électricien professionnel a dû être employé à cet effet
- * Les antennes ont été construites sur place et sur mesure pour chaque couloir migratoire
- * Des antennes à plat ont été utilisées pour les voies de migration peu profondes (< 30 cm). Afin d'éviter les problèmes liés aux matériaux transportés sur le fond et aux corps flottants, des rainures ont été creusées dans les éléments en béton et les antennes y ont été posées

Sources:

Grimardias, D. & Cattaneo, F. 2016: Assainissement de la libre migration piscicole: Evaluation de l'efficacité de franchissement des ouvrages hydroélectriques sur la Versoix (GE). Hepia.

Franck Cattaneo, Dr. Professeur HES, écologie aquatique & ichtyologie, institut Terre - Nature – Environnement, groupe Ecologie et Ingénierie des Systèmes Aquatiques, Hepia, Jussy.

COMPTAGE INFRAROUGE (VAKI-RIVERWATCHER)

Coût (matériaux):	élevé	Moyens humains:	moyen
		Entretien:	faibles
		Dépouillement:	
Qualité pour la montaison:	bonne	Qualité pour la dévalaison:	-
Sauf pour le suivi de la dévalaison dans les cours d'eau privilégiés pour la montaison			

Type:

Contrôle et comptage passifs

Principe:

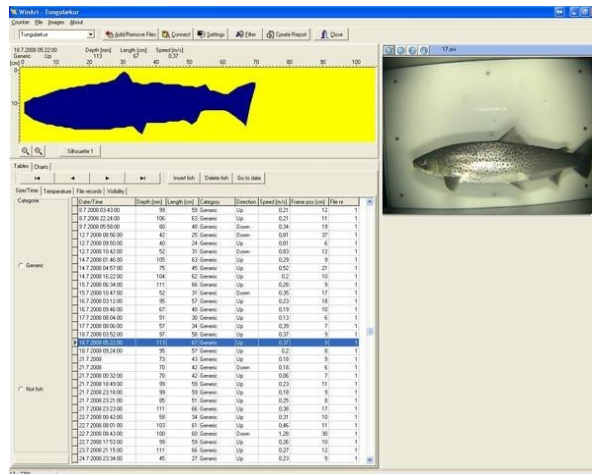
Le VAKI est un compteur à infrarouges qui détecte les signaux infrarouges émis par deux plaques de scanner. Lors du passage d'un poisson, ces signaux sont interrompus et la façon dont ils le sont permet de déterminer la silhouette du poisson ainsi que sa vitesse de déplacement et le sens de la nage. Le Riverwatcher peut en outre être équipé d'une caméra et d'une source de lumière (blanche ou infrarouge).

Limites d'utilisation: Poissons détectables à partir d'environ 2 cm de haut et 12 cm de long (les individus plus petits demandent un logiciel de reconnaissance supplémentaire)

Conditions	<ul style="list-style-type: none"> * Montage particulier sur chaque site, besoin éventuel de syst. de levage * Réseau électrique ou panneau solaire * Logiciel Riverwatcher pour l'analyse des données (libre) * Espace contrôlé limité à une largeur de 0,45 m * Tenir compte de l'influence de l'installation sur les conditions hydrauliques dans la passe
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> * Pas de manipulation des poissons * Détection des poissons remontants et dévalants * Flexibilité de montage et démontage * Possibilité de suivi détaillé dans le temps (variations au cours de la journée) * Comptage indépendant des conditions de luminosité ou de turbidité (sauf emploi d'une caméra) * Possibilité d'analyse différenciée selon les espèces
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> * Il est parfois difficile de distinguer les espèces et les différentes tailles (peuplements mixtes, petites espèces, bancs de poissons) * Il est difficile d'évaluer le nombre d'individus dans les bancs de poissons ou dans les vagues de migration massive * Effet répulsif éventuel dû au rétrécissement du passage * Risque de comptage multiple ou erroné si les poissons restent longtemps dans le système de comptage * Possibilités d'utilisation limitées en cas d'abondance de flottants (besoin important de nettoyage, en particulier des conducteurs) * Coût d'achat élevé



Riverwatcher avec module caméra (I AM HYDRO)



Logiciel de post-traitement des données (I AM HYDRO)



Exemples de Riverwatcher (I AM HYDRO)

Littérature:

Schmalz, W., Wagner, F. & Sonny, D. 2015: Forum „Fischschutz und Fischabstieg“. Arbeitshilfe zur standörtlichen Evaluierung des Fischschutzes und Fischabstieges. Im Auftrag des Ecologic Institutes gemeinnützige GmbH.

Liens utiles:

- <http://www.riverwatcher.is/>
- <http://www.riverwatcherdaily.is/frontpage.aspx?CtrlID=121&A=1>
- <http://www.iamhydro.com/index.php/de/>

VAKI-RIVERWATCHER: écluse Mühleschleuse, Interlaken, Aar

Objectif:	* Suivi de la montaison à travers une passe à fentes verticales traditionnelle
Nombre d'espèces:	* Près de 20 (espèces cibles: ombre, truite lacustre, chabot)
Méthode:	* VAKI Riverwatcher: scanner avec module caméra. Installé dans un bassin entre deux cloisons, protégé par une grille ichtyocompatible
Traitement des données:	* Manuel (possibilité de consultation en ligne)

Commentaires:

- * **Mode de fonctionnement:**
 - o VAKI Riverwatcher avec scanner et module caméra (en option)
 - o Le scanner détecte les poissons grâce à deux barrières à infrarouges, ce qui permet de déterminer le sens de déplacement
 - o Représentation de la silhouette du poisson détecté
 - o Enregistrement simultané avec le module caméra
- * **Installation:**
 - o Pose dans la passe déjà en place
 - o Installation entre deux cloisons séparant les bassins
 - o Pose supplémentaire d'une grille de protection pour éviter que les poissons ne bousculent l'appareil
 - o Constructions de marches pour accéder au Riverwatcher et entretenir le système
- * **Entretien:**
 - o Déplacement rapide de la grille de protection ⇒ besoin important d'entretien à certaines saisons
 - o Faible besoin d'entretien du scanner
 - o Nettoyage de la vitre du module caméra toutes les 2 à 4 semaines en raison des algues (variable selon les cours d'eau et les saisons)
- * **Avantages:**
 - o Interprétation efficace car données uniquement lors du passage de poissons
 - o Possibilités de détermination de l'espèce grâce au module caméra
 - o Utilisation facile de l'appareil et du logiciel
- * **Inconvénients:**
 - o Besoins spécifiques pour la mise en place (appareillage assez long en raison du module caméra, prise en compte des aspects hydrauliques)
 - o Besoin de nettoyage du module caméra
 - o Assistance technique éloignée
 - o Coût d'acquisition élevé
- * **Durée:** Depuis avril 2015 (difficultés initiales avec le logiciel, etc.)
- * **Post-traitement des données:**
 - o Travail modéré de traitement car seuls les passages de poissons sont relevés
 - o Pas de possibilité de contrôler le passage éventuel de poissons non enregistrés
 - o Qualité des images dépendante du nettoyage de la vitre et de la turbidité de l'eau
 - o Bonne possibilité de détermination de l'espèce. Difficultés avec les petits individus et les poissons à nage rapide
 - o Détermination ou calcul de la taille automatique avec le scanner

* **Recommandations pour les suivis à venir:**

- o Il serait préférable de prévoir l'installation future du VAKI-Riverwatcher dès la construction de la passe. Sinon, des perturbations (hydrauliques) indésirables peuvent se produire à cause de la longueur de l'appareillage, aux grilles, etc.
- o Pour le nettoyage, il serait préférable de pouvoir sortir l'appareillage de l'eau dans son ensemble (à l'aide d'un palan par exemple).

* **Autres remarques:**

- o La passe se situe entre le lac de Thoune et le lac de Brienz. Les niveaux du bief amont et du bief aval dépendent du niveau respectif de ces lacs, eux-mêmes régulés. Concrètement, il peut arriver que la paroi plongeante placée à l'extrémité supérieure de la passe ne puisse pas remplir sa fonction et que des corps flottants (feuilles, branches, etc.) soient entraînés dans le dispositif de franchissement. Leur présence peut non seulement perturber l'hydraulique mais aussi entraîner des comptages erronés, ce qui peut accroître le travail de dépouillement.
- o Le dépouillement des données d'Unterseen révèle une part très faible de petits individus. Sans études complémentaires, il est impossible de savoir à quoi cette situation est due (répartition naturelle des tailles, sélection par la passe, pose du Riverwatcher au mauvais endroit, manque de sensibilité du scanner, etc.). Les causes les plus probables doivent être écartées dès l'installation.



Passe de la petite écluse (Mühleschleuse), Aar



Site d'installation du Riverwatcher

Source:

Karin Gafner, Office de l'agriculture et de la nature, canton de Berne

SUIVI VIDEO & PHOTOGRAPHIQUE

Coût (matériaux constructeur	faible	Moyens humains:	moyens
Qualité pour la montaison:	bonne	Qualité pour la dévalaison:	-
		Exceptions: observation du comportement, contrôle de la dévalaison dans les dispositifs de montaison, surveillance visuelle des déversoirs et des débordements	

Type:

Contrôle et comptage passifs

Principe:

Le comptage vidéo ou photographique se base sur un enregistrement visuel des poissons. Il existe de nombreux systèmes regroupés en trois grands types:

- Observation à travers une vitre:** les poissons sont filmés à travers une vitre installée sur l'un des côtés de la passe à poissons.
- Observation en interne:** une caméra est installée directement dans l'eau dans le dispositif de franchissement.
- Observation en externe:** les poissons sont filmés ou photographiés lors du relevage de la cuve de l'ascenseur à poissons.

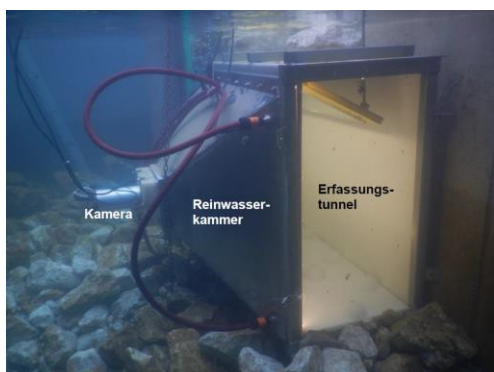
Dépouillement:

- Logiciels:** différents logiciels ont été développés pour faciliter et accélérer le dépouillement des données graphiques (tri des images avec ou sans poisson par exemple, estimation de la longueur des poissons, détermination du sens de la nage, identification de l'espèce, etc.). Mais suivant la question posée, au moins une partie de matériel photographique doit être visualisé.
- Visualisation facilitée:** grâce au déroulement accéléré des images, le temps nécessaire au dépouillement manuel peut être raccourci.

Limites d'utilisation: Forte turbidité de l'eau

Conditions	<ul style="list-style-type: none"> * Limpidité de l'eau * Bonne accessibilité pour l'entretien * Éventuelle construction d'un abri contre les intempéries adapté au site (local vidéo, par ex.) * Caméras sous-marines étanches haut de gamme à grande capacité de stockage * Eclairage de nuit
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> * Pas de risques de blessure pour les poissons * Pas de capture ni de manipulation des poissons * Possibilité d'études complémentaires (observation du comportement) * Adaptable au système concerné * Informations pouvant être datées avec précision (informations sur les variations au cours de la journée, par ex.)
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> * Besoin en termes de main d'œuvre élevés en cas de grande affluence de poissons (dépouillement) * Difficultés éventuelles de distinction des espèces et des tailles (groupes mélangés, petits individus, bancs de poissons) * Les techniques d'identification automatique des espèces ne sont pas encore au point (logiciels) * Impossibilité d'exclure l'enregistrement répété du même poisson * Difficultés de quantification dans les bancs de poissons * Difficilement utilisable en cas de turbidité de l'eau ou de mauvaise visibilité

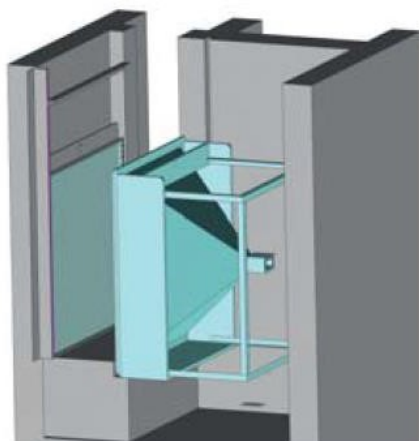
- * Certains systèmes peuvent influencer le comportement des poissons (lumière, modification de la vitesse du courant, substrat)
- * Besoins en termes de maintenance (caméras) et d'entretien (nettoyage des vitres) élevés
- * Problèmes informatiques (interférences dues aux flottants, reflets, bulles d'air, etc.)



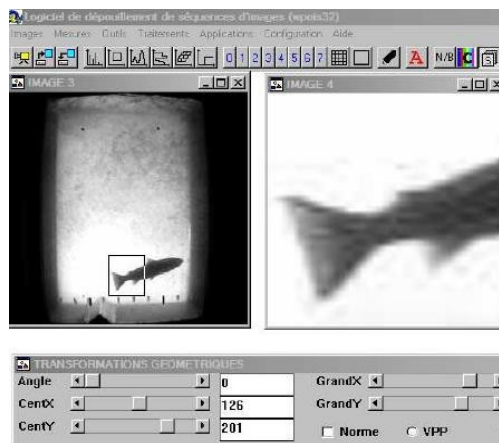
Système de suivi vidéo FishCam



FISHLAB_GE: Prototype de boîtier avec caméra



Système HIZKIA: exemple de chambre amovible



Traitement avec le système SYSIPAP

Littérature:

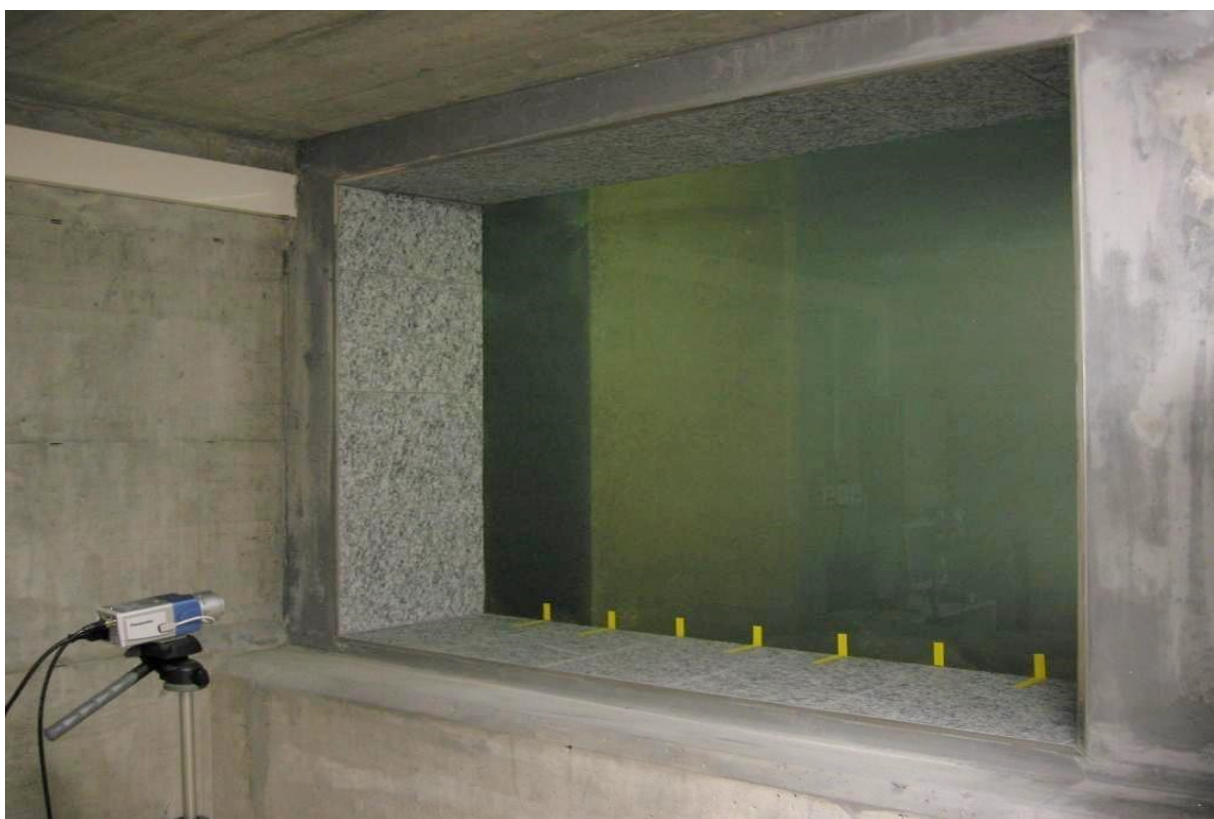
Schmalz, W., Wagner, F. & Sonny, D. 2015: Forum „Fischschutz und Fischabstieg“. Arbeitshilfe zur standörtlichen Evaluierung des Fischschutzes und Fischabstieges. Im Auftrag des Ecologic Institutes gemeinnützige GmbH.

Dispositifs de vidéo comptage et logiciels d'acquisition et de dépouillement des données:

- FishCam / FishNet:**
Mader, H., Käfer, S. & Kratzert, F. 2016: The fishcam migration monitoring system for fish passes, conference paper, 11th ISE 2016, Melbourne, Australia.
Kratzert, F. 2016: Entwicklung einer Software zur automatisierten Objekterkennung in videoüberwachten Fischaufstiegsanlagen. Masterarbeit zur Erlangung des akademischen Grades Diplomingenieur.- Universität für Bodenkultur Wien.
Mader, H., Käfer, S. & Kratzert, F. 2017: FishCam – Videomonitoring zur Funktionsanalyse von Fischaufstiegsanlagen.- WasserWirtschaft, 2/3.
- FISHLAB-GE:** COREALIS 2015: Projet FISHLAB-GE, Rhône Genevois: Télésuivi vidéo des dispositifs piscicoles des ouvrages hydroélectriques / www.fishlab.ch
- HIZKIA:** <http://www.hizkia.eu/passe-a-poissons>
- SYSIPAP:** <http://www.logrami.fr/telechargement/Plaqueette-presentation-syteme-sysipap.pdf>
- Salmonsoft/FishTick:** <http://www.wecountfish.com>

SUIVI VIDEO: exemple de la passe à fentes verticales du barrage de Reichenau (Axpo AG) (système Salmonsoft)

Dispositif à surveiller:	* Passe à fentes verticales du barrage de Reichenau
Nombre d'espèces:	* < 10 espèces (dont truite lacustre)
Méthode:	* Enregistrement vidéo à travers une fenêtre de visualisation, système Salmonsoft
Dépouillement:	* Logiciel FishTick & vérification manuelle



Suivi vidéo de la montaison à travers une fenêtre de visualisation avec une caméra et le logiciel FishTick (AJF Kanton GR)

- * Technique simple
- * Demande assez importante de travail pour le dépouillement (séquences sans poissons dont l'enregistrement est causé par des feuilles mortes, des flottants, et des reflets)
- * Difficulté à distinguer les espèces en cas de turbidité et de mauvaise visibilité

Commentaires / expérience acquise à Reichenau avec Salmonsoft:

- * **Suivi vidéo continu 365 jours par an depuis 2007**
- * **Investissement nécessaire à l'installation assez important par rapport à l'entretien:** En plus du logiciel Salmonsoft, l'équipement informatique et technique doit être acheté, installé et configuré (ordinateur, caméra, enregistreur, éclairage, etc.).
- * **Dépouillement:** Le comptage prend de 3 à 4 jours par mois étant donné que la visualisation des séquences vidéo demande beaucoup de travail - notamment en raison des nombreuses séquences sans poissons.

- * **Détermination des espèces** difficile voire impossible en raison de la turbidité de l'eau et des problèmes de visibilité.
- * **Eclairage:** Un des bassins de la passe a dû être éclairé de nuit par une installation spéciale. L'influence sur la montaison est impossible à évaluer.
- * **Entretien:** L'entretien se limite au nettoyage régulier de la vitre. Dans les cours d'eau plus productifs, il est possible que ce nettoyage demande davantage de travail en raison du développement plus important des algues.
- * **Humidité:** L'humidité régnant dans le local de vidéosurveillance a provoqué une condensation importante sur la vitre. Un déshumidificateur a dû être installé pour résoudre ce problème.



Prise de vue instantanée d'une truite lacustre du lac de Constance (en bas) et d'une truite de rivière (en haut) remontant le Rhin en empruntant la passe à poissons de Reichenau (AJF Kanton GR)

Source:

Amt für Jagd und Fischerei des Kantons Graubünden 2016: Fischaufstieg KW Reichenau Graubünden. Jahresbericht 2016

**SUIVI PHOTOGRAPHIQUE: cas de l'ascenseur à poissons
du bassin de compensation de Fuhren,
Kraftwerke Oberhasli (KWO)**

Dispositif à surveiller:	* Ascenseur à poissons, 4 à 12 montées par jour
Nombre d'espèces:	* Truite de rivière (zone à truites)
Méthode:	* 3 photos par montée dans la cuve
Dépouillement:	* Visuel, détermination de la taille grâce à un quadrillage de 10 cm installé au fond de la cuve



*Photos prises lors du suivi 2013-2015 (KWO)
dans différentes conditions de turbidité ou de
visibilité*

- * Grande simplicité technique
- * Faible demande de travail
- * Poissons difficiles à observer en cas de turbidité de l'eau
- * Le nombre de poissons de moins de 10 cm est sous-estimé en cas de turbidité

Sources:

Meyer, M., Schweizer, S., Andrey, E., Fankhauser, A., Schläppi, S., Müller, W. & Flück, M. 2016: Der Fischlift am Gadmerwasser im Berner Oberland, Schweiz.- WasserWirtschaft, 2/3/2016.

Matthias Meyer, KWO, Innertkirchen

CAPTURE – (MARQUAGE)/RECAPTURE

Coût (matériaux):	faible	Moyens humains:	moyens
Qualité pour la montaison:	bonne	Qualité pour la dévalaison:	moyens
		Bonne méthode si les poissons sont capturés et relâchés dans l'exutoire	

Type:

Capture et marquage

Principe:

Les poissons sont capturés en amont ou en aval de l'ouvrage, marqués, puis relâchés en aval s'ils ont été capturés en amont ou en amont dans le cas inverse. Lors d'une opération de recapture, le nombre de poissons ayant traversé l'ouvrage est évalué. Cette méthode tire profit de l'habitude qu'ont certains poissons de revenir sur leur lieu d'origine. Différentes techniques de marquage peuvent être employées. Le plus souvent, une marque de couleur est apposée sur le corps des poissons.

Limites d'utilisation: Le domaine d'utilisation est limité par la taille du cours d'eau

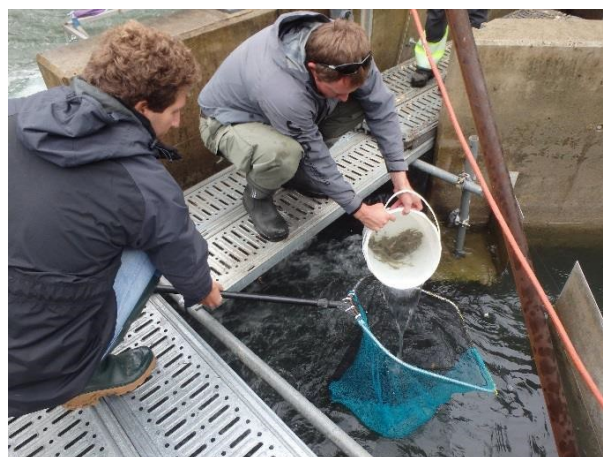
Conditions	<ul style="list-style-type: none"> * Cours d'eau petits à moyens pouvant être traversés à pied * Nombre suffisant de poissons marqués
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> * Ne nécessite aucune construction ou installation d'équipements * Aucun entretien * Possibilité de distinguer la taille et l'espèce * Informations sur l'accessibilité et la perméabilité de l'ouvrage pour les poissons
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> * Stress occasionné aux poissons suite à la capture et à la manipulation * Seules certaines espèces ont le réflexe de revenir à leur point d'origine * Informations uniquement sur les poissons capturés et marqués * Le marquage des petits et jeunes poissons n'est pas toujours possible * En l'absence d'obstacles à la montaison dans le bief amont, le taux de recapture risque d'être limité * La survenue de crues entre la capture et la recapture peut avoir une incidence négative sur le taux de recapture * Etat des lieux à l'instant t



Capture à l'électricité (Aquarius)



Marque de couleur apposée sur un ombre (Aquatica)



Relâche des poissons marqués dans un haveneau (à gauche) et dans un exutoire de dévalaison (à droite) (Aquarius)

Littérature:

Schmalz, W., Wagner, F. & Sonny, D. 2015: Forum „Fischschutz und Fischabstieg“. Arbeitshilfe zur standörtlichen Evaluierung des Fischschutzes und Fischabstieges. Im Auftrag des Ecologic Institutes gemeinnützige GmbH.

ETUDE DES ELEMENTS RETENUS PAR LES GRILLES

Coût (matériaux):	faible
Qualité pour la montaison:	-
Moyens humains:	faibles
Qualité pour la dévalaison:	limitée (approche partielle du problème)

Type:

Contrôle et comptage actifs

Principe:

Pour évaluer le degré de dommages causés aux des poissons par les grilles, les poissons blessés ou tués sont recensés dans les matériaux retenus.

Limites d'utilisation: Présence obligatoire d'un dispositif de récupération lors du rinçage des grilles

Conditions	<ul style="list-style-type: none"> * Les éléments retenus doivent être encore frais * Capacité à distinguer les blessures dues au dispositif de celles d'origine naturelle ou reçues dans le bief amont * Transfert rapide des éléments retenus dans un bac rempli d'eau (préservation des poissons encore vivants) ou récupération dans des paniers grillagés au bout de la rigole de rinçage pour analyse consécutive. * Attention à la surcharge hydraulique du dispositif de récupération
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> * Constat rapide en cas d'abondance de poissons blessés ou tués * Adaptabilité à de nombreuses utilisations * Possibilité d'études plus poussées (blessures internes, mortalités différées) et d'essais en aquarium ultérieurs
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> * Il peut être difficile d'attribuer les blessures à une cause définie * Nécessité d'un dispositif solide pour récupérer les éléments retenus sur les grilles * Difficilement réalisable en cas d'abondance de flottants * Il est difficile d'évaluer les mortalités intervenant après coup en raison de la difficulté à distinguer les blessures dues au dispositif de celles reçues dans le bief amont



Une fois récupérés dans le bac, les éléments retenus par les grilles peuvent être facilement examinés (Aquarius)



Ombre présentant des marques dues aux barreaux des grilles (Aquarius)



Un dispositif particulier de récupération et d'ancrage doit être utilisé si des flottants sont entraînés dans l'exutoire (Aquarius)

Littérature:

Schmalz, W., Wagner, F. & Sonny, D. 2015: Forum „Fischschutz und Fischabstieg“. Arbeitshilfe zur standörtlichen Evaluierung des Fischschutzes und Fischabstieges. Im Auftrag des Ecologic Institutes gemeinnützige GmbH.

TELEMETRIE (téléométrie acoustique et radiotéléométrie)

Coût (matériaux construction):	élevé	Moyens humains:	élevés
Qualité pour la montaison:	excellente	Qualité pour la dévalaison:	bonne

Type:

Contrôle passif / marquage

Principe:

Pour la radiotéléométrie, on utilise de petits radio-émetteurs à piles munis d'une antenne que l'on introduit dans les poissons ou fixe sur leur corps. Ils émettent des signaux à des fréquences individualisées qui peuvent être localisés dans le périmètre d'une antenne de réception mobile ou fixe. Ils peuvent émettre sur une distance allant de quelques mètres à maximum 500 mètres. Les données reçues permettent de retracer avec exactitude les déplacements des poissons marqués.

Pour la téléométrie acoustique, on utilise de petits émetteurs d'ultrasons à piles qui sont généralement implantés dans la cavité abdominale des poissons. Les émetteurs génèrent des impulsions acoustiques à des fréquences de 30-300 kHz qui sont captées par des hydrophones. Chaque émetteur génère des signaux selon une suite individualisée d'impulsions qui peut donc être identifiée. La distance d'émission peut aller de quelques mètres à quelques centaines de mètres. Les données reçues permettent de retracer avec exactitude les déplacements des poissons marqués.

Limites d'utilisation: Les poissons de moins de 20 g ne peuvent pas être marqués

Conditions	<ul style="list-style-type: none"> * Disposer de poissons marqués (issus de pêche électrique ou de piégeages de contrôle (nasses, bassins de comptage etc.)) * La distance de détection dépend du type d'émetteur et, dans le cas de la téléométrie acoustique, des conditions météo et hydrauliques * Les antennes doivent être installées de manière individualisée selon les sites. Pas de kit standard. * Disposer d'un personnel qualifié et autorisé * Alimentation électrique * Synchronisation de toutes les antennes pour la radiotéléométrie
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> * Plus de manipulation des poissons après le marquage * Suivi individuel des poissons * Suivi des poissons remontants et dévalants * Technique indépendante des conditions de visibilité * Informations sur l'évolution dans le temps et dans l'espace (variations au cours de la journée, p. ex.) * Informations sur l'accessibilité et la perméabilité des ouvrages * Périmètre de détection important en longueur et en profondeur * Etude simultanée d'aspects différents et de problèmes cumulés (entrées multiples, succession d'obstacles, etc.)
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> * Les poissons peuvent être stressés et légèrement blessés lors de la capture et du marquage * Seuls les poissons marqués peuvent être détectés * Les poissons de moins de 20 g ne peuvent pas être marqués (le poids de l'émetteur ne doit pas dépasser 2 % de celui du poisson) * La perte d'émetteurs ne peut être exclue * Une incidence sur le comportement ne peut être exclue

- * La qualité de transmission du signal dépend de la profondeur et de la conductivité, possibilités d'interférences avec les bateaux, les routes et les centrales, etc., dans le cas de la radiotéléométrie
- * La diffusion des signaux de téléométrie acoustique peut être limitée par des signaux parasites venant du bruit de la rivière, du fond pierreux ou de turbulences
- * Durée de vie limitée des émetteurs



Exemple d'antennes fixes utilisées dans un suivi radiotéléométrique dans l'Arve et le Rhône (Beaufils & al., in prep.)



Suivi des poissons à pied ou en canoë avec des antennes mobiles (Beaufils & al., in prep.)

Littérature:

Schmalz, W., Wagner, F. & Sonny, D. 2015: Forum „Fischschutz und Fischabstieg“. Arbeitshilfe zur standörtlichen Evaluierung des Fischschutzes und Fischabstieges. Im Auftrag des Ecologic Institutes gemeinnützige GmbH.

Beaufils, M., Bovy, V., Cattaneo, F., Chasserieu, C., Dumoutier, Q., Frossard, P.-A., Grimardias, D., Huchet, Ph. & Lizée, M.-H. in prep.: ESPACE Arve et Rhône: vers une continuité écologique au-delà des frontières - Volet franchissement d'ouvrages. Programme Interreg IV a, rapport final: Haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture de Genève (hepia) & Fédération départementale pour la pêche et la protection du milieu aquatique de Haute-Savoie (FDPPMA 74).

RADIOTELEMETRIE: suivi dans le système Arve/Rhône, région de Genève

- Dispositifs à surveiller:
- * Passe à poissons de Chancy-Pougny
 - * Passe à poissons de Verbois
 - * Passe à poissons de Vessy
 - * Comportement des poissons dans le système Arve/Rhône
- Espèces étudiées:
- * Truite, barbeau, chevaine
- Méthode:
- * Radiotéléométrie, couplée à un PIT-tagging
 - * 7 antennes fixes, complétées de radio-pistage (106 campagnes de terrain)
- Durée de l'étude:
- * 3 juillet 2013 – 13 mai 2015
- * Au total, 1'997 poissons marqués (1'779 avec des transpondeurs PIT, 208 avec des radio-émetteurs)
 - * Main d'œuvre nécessaire pour la capture et le marquage: 71 jours à 3-4 personnes
 - * Radio-émetteurs utilisés (tous internes sauf F2020):

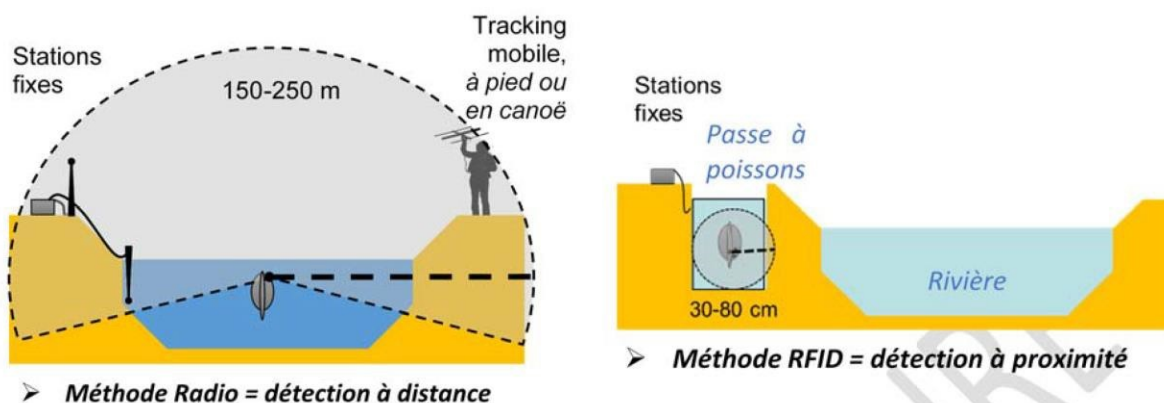
Modèle	Type	Poids théorique <i>g</i>	Poids observé <i>g</i>	Longueur <i>mm</i>	Hauteur <i>mm</i>	Capacité de la batterie <i>jours</i>	1/2 vie moyenne [Ecart type] <i>jours</i>
F1815C	F2020	8,6	9 [± 0.4]	43	12	250	199,3 [± 20.5]
F1815C	F1210	11	9,125 [± 0.1]	57	12	257	217,2 [± 43.5]
F1820C	F1215	13	11,68 [± 0.3]	64	12	373	207,9 [± 52.8]
F1835C	F1230	23	24,75 [± 0.6]	68	18	924	230,0 [± 36.1]

- * Les émetteurs étaient équipés d'une option « mortalité » permettant de détecter les poissons morts.
- * 67 barbeaux et chevaines ont été équipés d'émetteurs externes pendant la fraye afin de ne pas perturber la reproduction naturelle. L'inconvénient: un risque d'incidence sur la croissance, de blessures dues à l'appareil et de modifications du comportement natatoire.
- * 152 poissons ont été équipés d'émetteurs internes: moins de modifications du comportement qu'avec les émetteurs externes mais nécessité d'une opération chirurgicale avec anesthésie.
- * Le système tel qu'il a été conçu permettait d'identifier 11-20 individus marqués potentiels de manière concomitante.

Commentaires

- * Grands cours d'eau: Il était difficile et laborieux d'obtenir suffisamment de poissons pour de tels essais, étant donné que les poissons capturés à partir de la rive étaient généralement petits. Au total, 1'997 ont été obtenus:
 - o Par pêche (sur 30 km de cours d'eau, au total)
 - o Par 8 opérations de récupération des poissons se trouvant dans des passes
 - o Par 2 vidanges d'un piège
- * Tous les poissons ne sont pas migrateurs. Il était donc nécessaire d'en marquer un grand nombre pour mesurer l'efficacité des dispositifs de franchissement.
- * Différents taux de mortalité selon les espèces, les périodes de marquage, le matériel utilisé, l'expérience de l'expérimentateur, etc.
- * La fonction « mortalité » des émetteurs n'était pas toujours fiable
- * Les barbeaux hibernant dans les zones profondes n'ont pas pu être étudiés

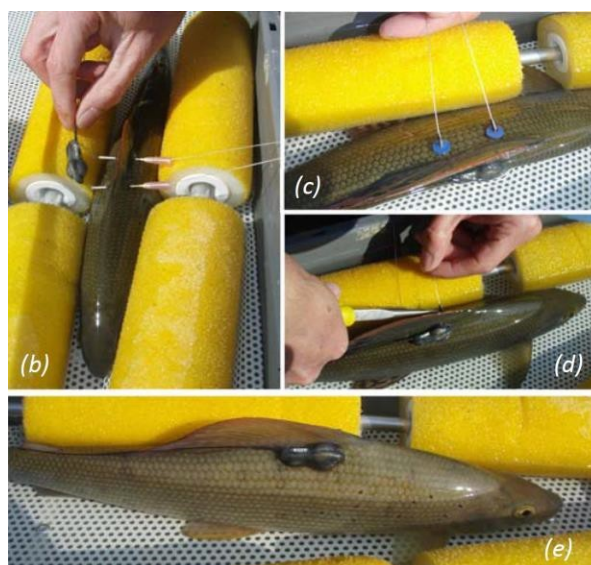
- * Rhône: Les profondeurs > 5 m et les conductivités > 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ étaient limitantes
- * Arve: Pas de limitation par la profondeur mais par la conductivité (500 – 600 $\mu\text{S}/\text{cm}$)
- * Problèmes d'approvisionnement en électricité:
 - o Pannes
 - o Endommagement occasionnel des câbles électriques par les crues
 - o Manque d'efficacité des panneaux solaires, surtout en hiver
 - o Nécessité de protéger les équipements du vandalisme
- * La combinaison de la téléométrie et du PIT-tagging a livré un supplément d'informations très intéressant



Combinaison de la réadiotéléométrie et du PIT-tagging (méthode RFID) (Beaufils & al. in prep)



Emetteurs internes en trois tailles (Beaufils & al. in prep)



Installation d'un émetteur externe sur un ombre (Beaufils & al. in prep)

Source:

Beaufils, M., Bovy, V., Cattaneo, F., Chasserieu, C., Dumoutier, Q., Frossard, P.-A., Grimardias, D., Huchet, Ph. & Lizée, M.-H. in prep.: ESPACE Arve et Rhône: vers une continuité écologique au-delà des frontières - Volet franchissement d'ouvrages. Programme Interreg IV a, rapport final: Haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture de Genève (hepia) & Fédération départementale pour la pêche et la protection du milieu aquatique de Haute-Savoie (FDPPMA 74).

SONARS

Coût (matériaux):	élevé	Moyens humains:	élevés
Qualité pour la montaison:	faible	Qualité pour la dévalaison:	faible
Sauf étude du comportement		Sauf étude du comportement	

Type:

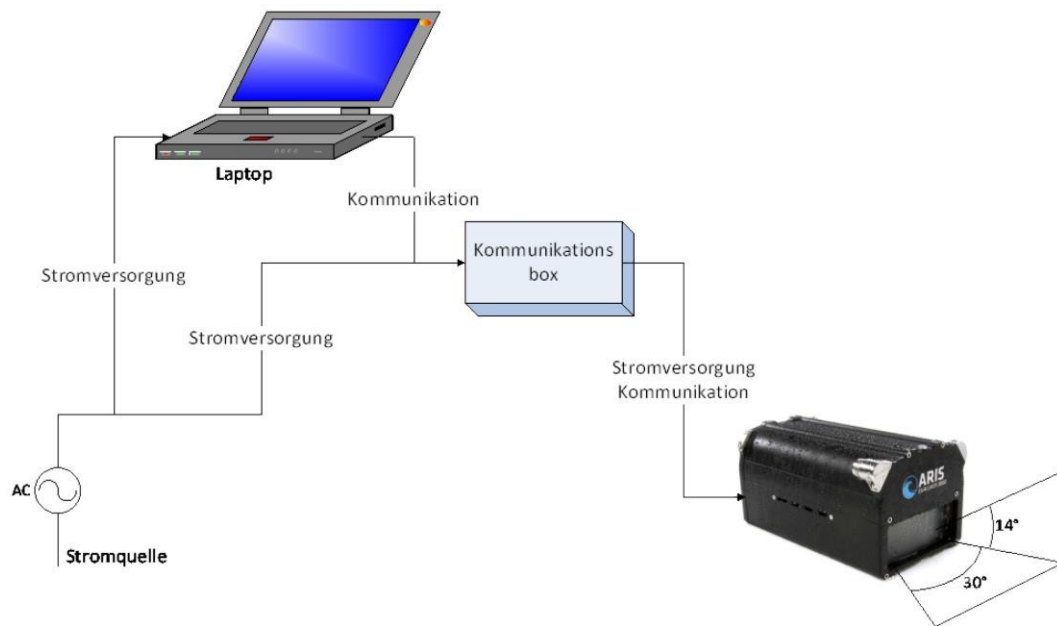
Contrôle passif / comptage

Principe:

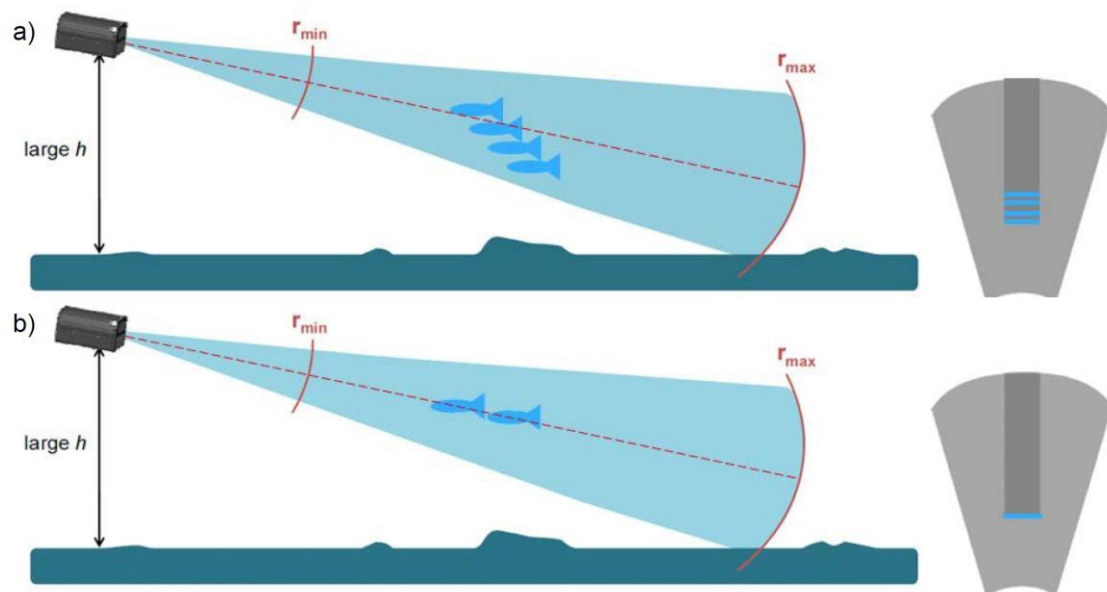
Le sonar multifaisceaux DIDSON (dual frequency identification sonar) est une sorte de caméra acoustique qui émet des ondes à haute fréquence (1,1 et 1,8 MHz, ultrasons). En captant les échos renvoyés par le fond et les objets en mouvement dans le faisceau de détection (poissons) avec une portée maximale d'environ 40 m, il peut générer des images vidéo bicolores indépendamment de la lumière et de la turbidité. Le dispositif permet de déterminer le nombre et la longueur des poissons détectés, la taille des bancs de poissons, la direction et la vitesse de déplacement de même qu'il autorise une certaine observation du comportement. En plus des DIDSON, il existe aujourd'hui des sonars opérant jusqu'à 3,0 MHz, les sonars ARIS (adaptive resolution identification sonars).

Limites d'utilisation: Trop fortes turbulences (en aval des turbines), portée maximale 15 m

Conditions	<ul style="list-style-type: none"> * Installation spécifique au site observé * Bonne accessibilité pour la maintenance * Alimentation électrique
Avantage	<ul style="list-style-type: none"> * Méthode non intrusive sans manipulation des poissons * Observation du comportement (en temps réel) au niveau des dispositifs de franchissement * Détection des poissons en montaison ou en dévalaison * Détection des poissons se déplaçant près du fond * Localisation précise des images dans le temps (variations au cours de la journée) * Peu de main d'œuvre nécessaire pour la collecte des données * Détection indépendante de la lumière et de la turbidité * Flexibilité d'installation
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> * Identification difficile des espèces * Difficulté de détection des poissons de moins de 10 cm * Quantification souvent imprécise (estimation) * Risque d'effarouchement des poissons * Besoins de main d'œuvre très importants pour le traitement des images (grandes quantités de données) * Besoin régulier d'entretien et de maintenance



Éléments du dispositif ARIS (Mendez & al. 2017)



Représentation schématique de poissons se trouvant dans le faisceau de détection du sonar et des images résultantes (Mendez & al. 2017)

Littérature:

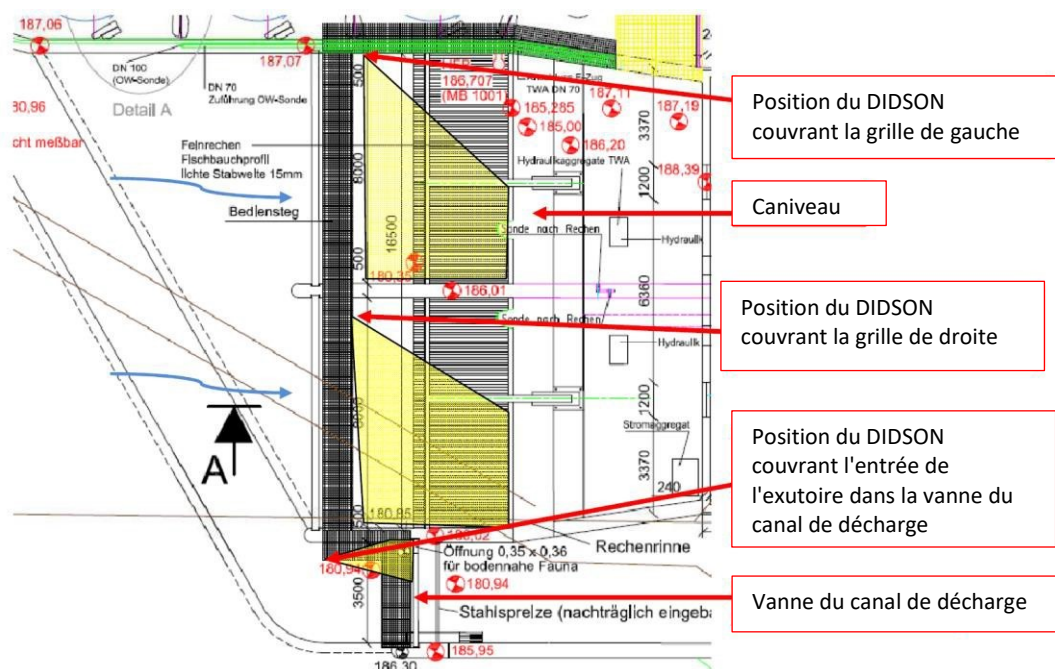
Schmalz, W., Wagner, F. & Sonny, D. 2015: Forum „Fischschutz und Fischabstieg“. Arbeitshilfe zur standörtlichen Evaluierung des Fischschutzes und Fischabstieges. Im Auftrag des Ecologic Institutes gemeinnützige GmbH.

Prinz, H. 2015: Bundesamt für Wasserwirtschaft, Institut für Gewässerökologie, Scharfling. Einführung zum Sonarsystem DIDSON.

Mendez, R., Riesen, P. & Wyss, C. 2017: Kraftwerke Reichenau AG: Projekt Fischabstieg Reichenau, Untersuchung zur Aktivität von adulten Seeforellen³ am Oberwasserkanal und Stauwehr mit bildgebendem Sonar. Axpo Power AG.

SONARS: observation de la dévalaison à la centrale de Mihla, Werra

Dispositif à surveiller:	* Dispositif de dévalaison sans possibilité d'installation de filets pour les contrôles (forte charge hydraulique, abondance de flottants)
Nombre d'espèces présentes:	* 13 espèces
Méthode:	* Sonar DIDSON * Etudes en 4 blocs de 3 nuits en automne * Orientation du DIDSON alternativement vers l'une des deux grilles et vers l'entrée du dispositif de dévalaison * Combinaison avec une caméra (identification des espèces)
Enregistrement:	* Ordinateur portable avec disque dur externe

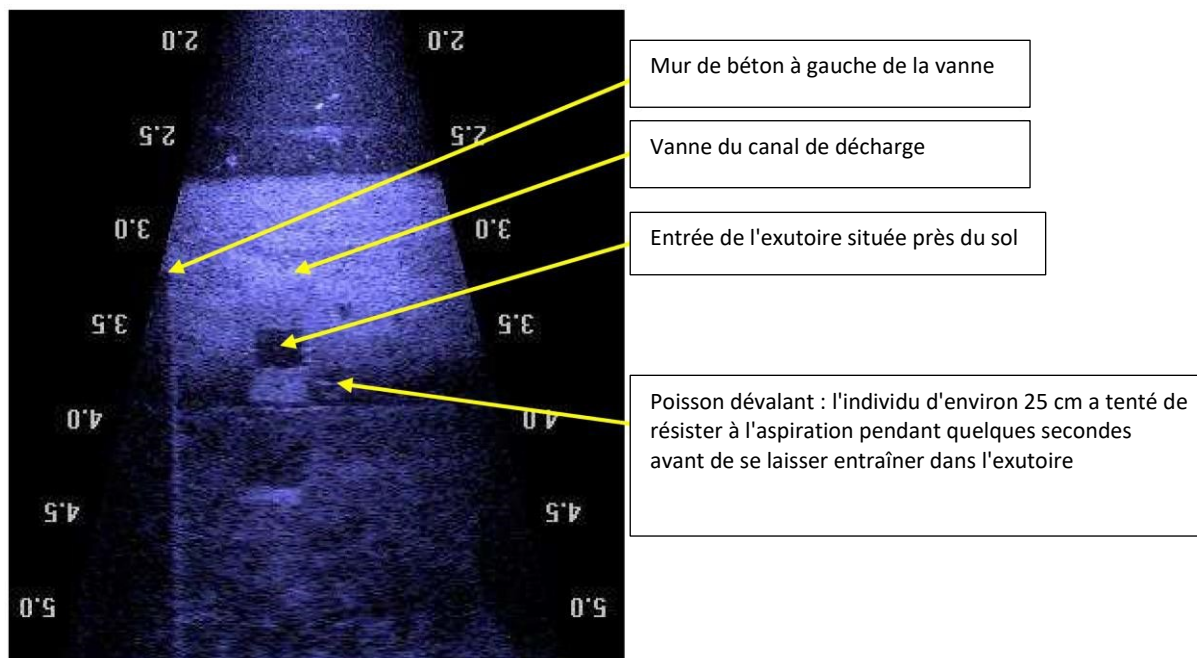


Points d'installation des DIDSON et périmètres couverts par les sonars devant les grilles et l'entrée du dispositif de dévalaison (en jaune)

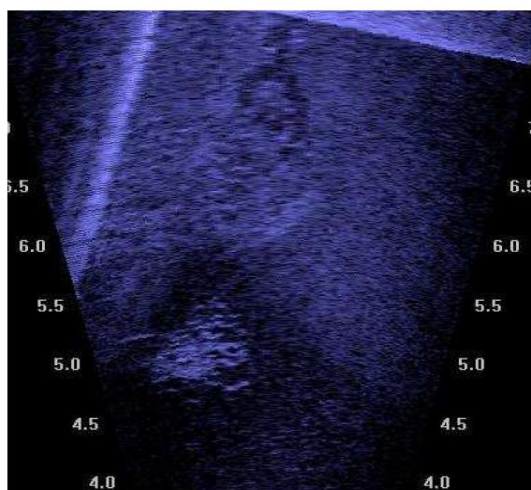
Commentaires:

- * Identification des poissons à partir d'une longueur de 10 cm
- * Distance entre les DIDSON et la zone d'observation: environ 10 m ; moins d'un tiers de la zone précédant les grilles a pu être observée
- * L'espèce n'a pu être identifiée que dans de rares cas (anguilles ou silhouettes caractéristiques)
- * Quantification des données partiellement possible (le comptage des poissons n'indique pas si les individus filmés à différents moments sont les mêmes ou s'ils sont différents)
- * L'identification des poissons peut être difficile sur fond clair (métal, béton, etc.)
- * L'entrée de l'exutoire située près du fond était bien observable car bien visible
- * Le passage à travers les grilles était difficilement observable car l'espacement des barreaux était trop faible, ce qui faisait paraître la grille comme une surface claire sur les images
- * Le nombre de poissons pénétrant dans les deux entrées de l'exutoire a pu être à peu près déterminé, mais uniquement pour les individus de plus de 10 cm.

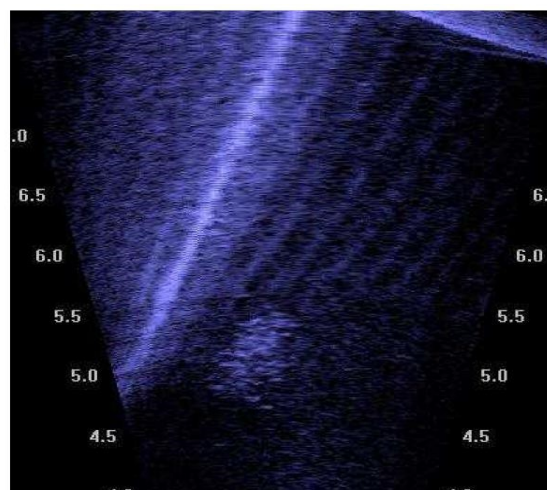
- * L'efficacité du dispositif de dévalaison n'a pas pu être évaluée avec précision étant donné l'absence de chiffres exacts sur les poissons dévalant par l'exutoire, par les grilles ou par les turbines.
- * Plusieurs types de comportement ont pu être observés (comportement devant les grilles, évolution à différentes profondeurs, recherche d'une issue, comportements grégaires, activité de chasse des prédateurs, etc.)



Observation de l'entrée de l'exutoire situé près du fond avec un DIDSON le 06.10.2011, vers 22h30 (Schmalz 2012)



Un banc de poissons apparaît près du sol au niveau de la grille...



...et se déplace vers le haut à la recherche d'une issue.

Observation près de la surface au niveau de la grille de gauche le 7.10.2011 vers 19h00 (Schmalz 2012)

Sources:

Schmalz, M. 2012: Einsatz eines DIDSON (Dual-Frequency Identification Sonar) zur Untersuchung des Fischabstiegs im Bereich der Wasserkraftanlage Mihla/Werra.- im Auftrag Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie.

Schmalz, M. 2012: Funktionskontrolle der Fischaufstiegsanlagen an den Wasserkraftanlagen Spichra, Mihla und Falken an der Werra.- im Auftrag e.on Thüringer Energie AG.

ANNEXE 2

Glossaire

Bief amont	Partie du cours d'eau située en amont d'un ouvrage transversal
Bief aval	Partie du cours d'eau située en aval d'un ouvrage transversal
By-pass (de dévalaison)	Chenal ouvert ou fermé qui permet aux poissons de contourner sans danger les turbines et autres équipements de production hydroélectrique.
Contrôle d'efficacité	Etudes visant à savoir si les mesures mises en œuvre ont les effets prévus et si les améliorations souhaitées ont pu être obtenues. Le contrôle d'efficacité des dispositifs de franchissement des obstacles à la migration comprend deux volets: un contrôle de fonctionnalité technique et un contrôle de fonctionnalité biologique.
Couloir migratoire	Chenal permettant aux animaux en migration de surmonter un obstacle ou un passage dangereux
Goulet (anti-retour)	Entonnoir en filet aménagé dans un piège afin d'empêcher les poissons d'en ressortir. Les verveux comportent souvent plusieurs goulets successifs qui forment autant de compartiments consécutifs.
Grille	Dispositif de protection mécanique mis en place pour empêcher la pénétration de corps flottants ou d'être vivants dans l'installation exploitée en aval immédiat.
Guilde	Ensemble d'espèces exploitant une ressource commune de la même manière ou en même temps
Habitat cible	Habitat que les poissons cherchent à atteindre, pour se reproduire par exemple.
Haveneau	Dispositif de pêche qui est maintenu ouvert par un cadre, un arceau, un cordage ou autre et qui peut ainsi capturer le poisson.
Monitoring	Surveillance à long terme de paramètres environnementaux
Obstacle à la migration	Ouvrage entravant la libre migration (sans retard, sans danger) des poissons.
Population source	Sous-population à partir de laquelle des individus émigrent et alimentent les sous-populations environnantes.
Principe de précaution	Principe inscrit dans le droit de l'environnement qui vise à éviter les dommages environnementaux en cas d'incertitudes.
Suivi de la mise en œuvre des mesures d'assainissement relatives à la migration du poisson	Evaluation de l'état d'avancement de la mise en œuvre des actions prévues dans la planification de mesures
Suivi des résultats	Suivi de la mise en œuvre et suivi des effets
Transpondeur	Emetteur passif ou actif implanté dans ou fixé sur les poissons permettant de les localiser par télémétrie ou à l'aide d'antennes fixes.