

Stratégie relative au réseau de mesure – hydrologie

Bases pour l'exploitation et le développement du réseau de mesure hydrologique de surface



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Office fédéral de l'environnement OFEV

Stratégie relative au réseau de mesure – hydrologie

Bases pour l'exploitation et le développement du réseau de mesure hydrologique de surface

Impressum

Éditeur

Office fédéral de l'environnement (OFEV)

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

Auteurs

Petra Schmocker-Fackel et Fabia Hüsler, division Hydrologie, OFEV

Groupe d'accompagnement

Confédération : Martin Barben, Luca Benelli, Therese Bürgi, Simon Bürki, Jörg Hammer, Andreas Helbling, Andreas Inderwildi, Caroline Kan, Robert Lukes, Silvia Morf, Edith Oosenbrug, Yael Schindler Wildhaber, Florian Storck, Daniel Streit, (alle BAFU); Stephan Vogt (MeteoSchweiz); Jan Béguin (BLW); Martin Burri (METAS)

Cantons : Serafin Bieder (AG), Severin Gassmann (AG), Simon Jaun (BE), Eric Gasser (BL), Marc Dietz (FR), Etienne Monbaron Jalade (GE), David Schmid (GR), Laurant Chaignat (JU), Robert Lovas (LU), Ramon Hegglin (OW), Marcel Schirmer (SG), Andrea Salvetti (TI), Rafael Duarte (VD), Miriam Steinmann (ZH), Marco Walser (ZH)

Recherche et autre : Martin Schmid (eawag); Bettina Schaepli (Commission suisse d'hydrologie (CHy) de la SCNAT); Massimiliano Zappa (WSL), Daniel Sturzenegger (Rheinunternehmen)

Mise en page

Funke Lettershop AG

Photo de couverture

Station de mesure de Massa – Blatten

© Esther Scheidegger, OFEV

Téléchargement au format PDF

www.bafu.admin.ch > Publications Eaux

Il n'est pas possible de commander une version imprimée.

Cette publication est également disponible en allemand.

La langue originale est l'allemand.

© OFEV 2025

Table des matières

Abstracts		5	6	Exigences découlant des domaines d'application	40	
			6.1	Précision des mesures et qualité des données	40	
Avant-propos		6	6.2	Couverture spatiale et stations clés	43	
1	Introduction et objectifs	7	7	Gestion et qualité des données	44	
			7.1	Relevé des données	44	
2	Bases légales et mandats	9	7.2	Transfert des données	47	
			7.3	Traitement et conservation des données, gestion de la qualité	49	
3	Organisation et pilotage	11	7.4	Analyses des données et publication	53	
3.1	Compétences en matière de réseaux de mesure et coordination avec les partenaires	11	7.5	Conditions générales et facteurs d'influence	53	
3.2	Répartition des tâches entre la Confédération, les cantons et les tiers	11				
			8	Comparaison entre état actuel et état visé, identification des lacunes existantes	54	
4	Le réseau de mesure de base existant	13	8.1	Qualité des données	54	
4.1	Histoire et exploitants	13	8.2	Fréquence des mesures, délai de mise à disposition et durée de panne maximale	54	
4.2	Types de station et densité du réseau	16	8.3	Couverture spatiale et stations clés	55	
4.3	Nomenclature	18				
4.4	Représentativité	19				
			9	Mesures nécessaires	60	
5	Domaines d'application	26	Liste des abréviations			62
5.1	Relevé des ressources hydriques naturelles et de leur modification	26				
5.2	Prévision et alerte en cas de crues	28	Bibliographie			63
5.3	Information, prévision et alerte précoce en cas de sécheresse	30				
5.4	Base de données sur les lacs et pour la régulation des lacs	30	Annexe			65
5.5	Mise à disposition de bases de données pour la gestion de l'eau, la protection contre les crues et la recherche	32				
5.6	Données sur le débit comme base pour l'évaluation de la qualité de l'eau	34				
5.7	Surveillance de la compatibilité environnementale de l'utilisation (exécution, protection des eaux)	37				
5.8	Respect des engagements internationaux	38				

Abstracts

The monitoring network concept for water level and discharge in Swiss surface waters describes the strategic, legal and operational basis for the long-term operation and development of the basic hydrological monitoring network. It aims to ensure the nationwide standardised, high-quality and needs-based collection of basic hydrological data to meet the wide-ranging requirements of water management, natural hazard management, water protection and research. It describes the specific requirements for data quality, spatial coverage and system reliability in the various areas of application, and identifies necessary actions where these requirements are not yet met.

La stratégie relative au réseau de mesure pour les niveaux et les débits des eaux de surface en Suisse décrit les bases stratégiques, juridiques et opérationnelles en vue de l'exploitation à long terme du réseau de mesure hydrologique de base et de son développement. Elle a pour objectif de garantir un relevé uniforme et de qualité élevée des données de base hydrologiques à l'échelle suisse, qui soit à la mesure des besoins et qui réponde aux diverses exigences de la gestion des eaux, de la gestion des dangers naturels, de la protection des eaux et de la recherche. Elle décrit les exigences spécifiques aux différents domaines d'application en matière de qualité des données, de couverture spatiale et de fiabilité du système et identifie les mesures à prendre là où ces exigences ne sont pas encore remplies.

Das Messnetzkonzept für Wasserstand und Abfluss in Schweizer Oberflächengewässern beschreibt die strategischen, rechtlichen und operativen Grundlagen für den langfristigen Betrieb und die Weiterentwicklung des hydrologischen Basismessnetzes. Es verfolgt das Ziel, eine landesweit einheitliche, qualitativ hochwertige und bedarfsgerechte Erhebung von hydrologischen Basisdaten sicherzustellen, welche den vielfältigen Anforderungen aus Wasserwirtschaft, Naturgefahrenmanagement, Gewässerschutz und Forschung gerecht wird. Es beschreibt die spezifischen Anforderungen der verschiedenen Anwendungsgebiete an Datenqualität, räumliche Abdeckung und Systemzuverlässigkeit und identifiziert den Handlungsbedarf, wo diese heute noch nicht erfüllt werden.

La strategia relativa alla rete di misurazione dei livelli e delle portate delle acque superficiali in Svizzera descrive le basi strategiche, legali e operative per la gestione a lungo termine e lo sviluppo della rete di misurazione idrologica di base. L'obiettivo è di assicurare che la raccolta di dati idrologici di base a livello nazionale sia uniforme, di qualità, commisurata alle esigenze e che soddisfi i diversi requisiti della gestione delle acque e dei pericoli naturali nonché della protezione delle acque e della ricerca. La strategia descrive i requisiti specifici dei diversi ambiti di applicazione relativi alla qualità dei dati, alla copertura territoriale e all'affidabilità del sistema e identifica i casi in cui occorre intervenire perché questi non sono ancora adempiuti.

Keywords:

Surface waters, water observation, monitoring, water level, discharge

Mots-clés :

Eaux de surface, observation des eaux, monitoring, niveau d'eau, débit

Stichwörter:

Oberflächengewässer, Gewässerbeobachtung, Monitoring, Wasserstand, Abfluss

Parole chiave:

Acque superficiali, osservazione delle acque, monitoraggio, livelli delle acque, portata

Avant-propos

La protection et l'utilisation durable des ressources hydriques font partie des tâches centrales d'une politique environnementale tournée vers l'avenir. La Suisse dispose d'un dense réseau de cours d'eau et de lacs, dont le suivi hydrologique représente une base essentielle pour de nombreuses applications dans des domaines tels que la gestion et la protection des eaux, la gestion des dangers naturels, l'aménagement du territoire et l'adaptation aux changements climatiques.

La présente stratégie relative au réseau de mesure pour les niveaux et les débits des eaux de surface décrit les exigences à remplir pour exploiter un réseau de mesure hydrologique efficient, représentatif et pérenne à l'échelle de la Suisse. Elle tient compte des évolutions actuelles telles que les changements climatiques, la concurrence croissante en matière d'utilisation de l'eau ainsi que les progrès technologiques dans les domaines des techniques de mesure et du traitement des données et indique les tâches à accomplir à l'avenir.

La stratégie est le fruit d'une étroite collaboration entre l'Office fédéral de l'environnement, les cantons et les instituts scientifiques. Son objectif est de garantir à long terme la qualité, la continuité et la valeur informative des données de base hydrologiques afin qu'elles puissent servir de référence aux décisions argumentées des pouvoirs publics, de l'administration et de la recherche.

Nous remercions toutes les personnes qui ont contribué à l'élaboration de cette stratégie et invitons les milieux professionnels à participer activement à sa mise en œuvre.

Carlo Scapozza, Chef de la division Hydrologie
Office fédéral de l'environnement (OFEV)

1 Introduction et objectifs

En tant qu'autorité fédérale compétente dans le domaine de l'environnement en Suisse, l'Office fédéral de l'environnement (OFEV) a pour mandat légal de relever les conditions hydrologiques d'intérêt national. À cet effet, l'OFEV exploite différents réseaux de mesure dans le domaine des eaux (quantité et qualité des eaux de surface et des eaux souterraines), coordonne ses activités de mesure avec les cantons et publie à intervalles réguliers des rapports sur l'état et sur l'évolution des eaux. Ce faisant, il fournit les données et les informations nécessaires pour les discussions et les décisions en matière de politique environnementale.

Le monitoring des eaux en Suisse poursuit les trois objectifs prioritaires suivants :

- l'observation intégrale et à long terme des eaux d'intérêt national (eaux de surface et eaux souterraines, qualité et quantité de l'eau) ;
- les prévisions et les alertes hydrologiques (en particulier les crues et les étiages) ;
- l'évaluation et l'analyse à long terme du régime des eaux en Suisse comme base pour la gestion des eaux, la protection contre les crues et la recherche.

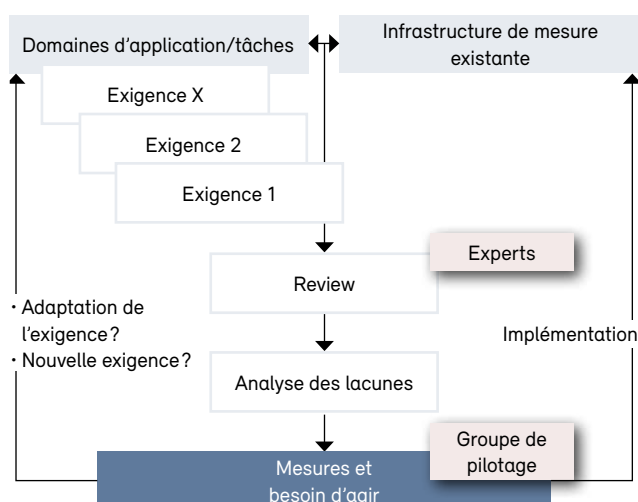
La Suisse possède une géographie très variée et de nombreux cours d'eau y sont utilisés de manière intensive. La mesure et la surveillance précises des niveaux d'eau et des débits revêtent donc une importance primordiale. Elles jouent un rôle déterminant dans la gestion durable des ressources hydriques, permettent une analyse approfondie des conditions hydrologiques et sont indispensables pour la détection précoce des risques de crue et pour donner l'alerte à temps. Les données sur les niveaux d'eau et les débits servent en outre de fondement pour l'interprétation et l'analyse des relevés d'autres réseaux de mesure, par exemple celui sur la qualité des eaux, raison pour laquelle le réseau de mesure des niveaux d'eau et des débits est aussi désigné comme le réseau de base pour la quantité des eaux de surface.

La présente stratégie a pour objectif de développer le réseau de base existant afin que la qualité des données hydrologiques et leurs résolutions spatiale et temporelle répondent aux besoins des différents domaines d'application. À cet effet, il convient d'utiliser les technologies et les méthodes les plus récentes et de choisir les solutions qui offrent un rapport coût-bénéfice optimal. La stratégie englobe aussi la coordination avec les autres réseaux de mesure fédéraux dans le domaine des eaux et avec

les réseaux de mesure cantonaux et tient compte de la nécessité de répondre aux besoins internationaux. Enfin, elle doit garantir l'exploitation d'un réseau de mesure hydrologique efficient, représentatif et pérenne.

Sur le plan méthodologique, la présente stratégie s'oriente dans ses grandes lignes sur le processus d'étude continue des besoins (Rolling Review of Requirements, [RRR]) de l'Organisation météorologique mondiale (OMM, 2021). Ce processus, présenté de manière schématisée dans la figure 1, accorde un rôle central aux besoins des utilisateurs. Dans une première étape, ces besoins sont recensés de manière systématique et exhaustive et, si possible, sous une forme quantitative. Lors d'une deuxième étape, les exigences des utilisateurs sont comparées avec l'infrastructure de mesure existante ou prévue (review). Lors de la troisième étape, on peut ensuite déduire et localiser les éventuelles lacunes (analyse des lacunes) et voir où il y a lieu d'agir (mesures et besoin d'agir).

Fig.1: Représentation schématique du processus d'étude continue des besoins (Rolling Review of Requirements) de l'OMM



On parle de processus « continu » (rolling), car il est répété à intervalles réguliers. Cela ne veut cependant pas dire que le réseau de mesure est continuellement modifié. Les longues séries temporelles homogènes ont en particulier une grande valeur et doivent autant que possible être préservées. Le qualificatif « continu » signifie plutôt que les besoins des utilisateurs et des domaines d'application sont régulièrement examinés et pris en compte pour le développement du réseau de mesure. À cet égard, il est important que les utilisateurs et les acteurs des domaines d'application formulent leurs exigences de manière neutre, c'est-à-dire sans fixer à l'avance quelles mesures ou quels instruments permettront de les remplir.

2 Bases légales et mandats

Les tâches de la division Hydrologie s'appuient sur un éventail de bases légales issues de la Constitution, des lois fédérales ainsi que des ordonnances afférentes.

En vertu de l'art. 12 de l'ordonnance sur l'organisation du Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication, l'OFEV est principalement chargé d'assurer (1) la gestion durable des ressources, (2) la protection contre les dangers naturels et (3) la protection contre les substances nocives et les organismes nuisibles. En vue de la gestion des ressources, l'OFEV observe l'évolution de l'environnement et fournit des informations sur son état et sur les moyens de créer un juste équilibre entre l'exploitation et la protection des ressources naturelles.

Dans le cadre de l'observation de l'évolution de l'environnement, la division Hydrologie poursuit donc les objectifs suivants :

- gérer durablement les ressources hydriques, aussi en cas de sécheresse (gestion des eaux),
- protéger les ressources hydriques (protection des eaux),
- protéger la population contre les crues (lutte contre les crues).

Tab.1: Bases légales

Monitoring national des eaux de surface, quantité (niveaux d'eau et débits)	Art. 65 et 76 Cst., art. 13 LACE, art. 26 OACE, art. 57 LEaux, annexe 1 OEaux, art. 29 LFH, art. 9 OAL
Monitoring national des eaux de surface, qualité (NAWA FRACHT, NAWA TREND, température)	Art. 57 et 58 LEaux, annexes 1, 2 et 3 OEaux
Alertes en cas de crue et d'étiage Art. 23 OProP	Art. 23 OProP
Calcul du débit Q_{347}	Art. 59 LEaux
Analyse des valeurs extrêmes et études sur le régime hydrique	Art. 57 LEaux
Suivi du transport de sédiments par les cours d'eau	Art. 57 LEaux, art. 42b et 42c OEaux
Observation nationale des eaux souterraines NAQUA	Art. 65 Cst., art. 44 LPE, art. 50 et 57 LEaux, annexes 1 et 2 OEaux, art. 3, 5, 11 et 16 OGN
Synthèses hydrogéologiques	Art. 44 LPE, art. 50 et 57 LEaux, art. 3, 5, 11 et 16 OGN, art. 23 OMN, art. 22 LGéo
Conseil et information dans le domaine de l'hydrologie pour l'ensemble de la Suisse	Art. 57 LEaux
Toutes les tâches susmentionnées	Art. 9 et 10 LMETA
Cst.	Constitution
LACE/OACE	Loi fédérale et ordonnance sur l'aménagement des cours d'eau
LEaux/OEaux	Loi fédérale et ordonnance sur la protection des eaux
LFH/OFH	Loi sur les forces hydrauliques et ordonnance sur l'utilisation des forces hydrauliques
LGéo	Loi sur la géoinformation
LMETA	Loi fédérale sur l'utilisation des moyens électroniques pour l'exécution des tâches des autorités
LPE	Loi sur la protection de l'environnement
OAL	Ordonnance sur l'alarme
OGN	Ordonnance sur la géologie nationale
OMN	Ordonnance sur la mensuration nationale
OProP	Ordonnance sur la protection de la population

En plus des mandats légaux à l'échelle nationale, la Suisse doit aussi remplir des engagements dans le contexte international. Comme plusieurs fleuves d'Europe centrale prennent leur source en Suisse, les données sur les niveaux d'eau et les débits qui y sont relevées revêtent une importance majeure pour les pays situés en aval ou riverains des lacs, notamment pour les prévisions en matière de niveaux d'eau et de débits, pour les alertes en cas de crue et pour la gestion des eaux (en particulier pour la navigation sur le Rhin, la production énergétique et l'utilisation de l'eau potable et de l'eau industrielle). À cet effet, la Suisse a conclu des traités internationaux ou des conventions qui règlent la mise à disposition des données et des prévisions avec des pays voisins ainsi qu'avec des particuliers. Dans l'esprit du « renforcement des capacités », la Suisse est aussi appelée à partager son savoir-faire, par exemple dans le contexte des activités de l'Organisation météorologique mondiale (OMM), et à mettre librement à disposition des données de mesure.

Dans sa décision du 18 mai 2022 relative à l'objet « Sécheresse croissante : monitoring, prévision, information et alerte », le Conseil fédéral a en outre chargé l'OFEV de développer jusqu'en 2025, en collaboration avec les autres services compétents, un système de détection et d'alerte précoces en matière de sécheresse. Ce système a été mis en service en mai 2025.

En tant que service hydrologique fédéral, la division Hydrologie de l'OFEV peut aussi s'appuyer sur les services hydrométriques cantonaux, les instituts de recherche et les sociétés hydroélectriques, dont les propres activités de mesure contribuent considérablement à densifier le réseau de mesure global.

3 Organisation et pilotage

3.1 Compétences en matière de réseaux de mesure et coordination avec les partenaires

Un groupe de pilotage au sein de la division Hydrologie examine régulièrement les nouveaux besoins et les mesures à prendre pour développer le réseau de base et fixe les priorités en la matière ; il initie les projets et les mesures correspondants et suit l'état des travaux. Cela permet d'assurer la coordination entre le réseau de base dédié à la mesure quantitative des eaux de surface géré par la Confédération et les autres réseaux et programmes de mesure en vue d'un monitoring intégré des eaux. À l'avenir, un groupe d'accompagnement composé de représentants externes, notamment des cantons et d'instituts de recherche, participera également à cette coordination. On examine actuellement si le Groupe d'Hydrologie Opérationnelle de Suisse (GHO) pourrait assumer cette fonction d'accompagnement, vu qu'il assure déjà la coordination avec les cantons, les instituts de recherche et les universités.

La coordination avec les pays riverains du Rhin est assurée par la « Commission Internationale de l'Hydrologie du Bassin du Rhin » (CHR) et la « Commission Internationale pour la Protection du Rhin » (CIPR). Il n'existe pas d'instance internationale comparable pour le bassin versant du Rhône et les bassins versants au sud des Alpes. Les négociations et la coordination concernant ces bassins versants se déroulent au cas par cas, de manière bilatérale en fonction des besoins.

3.2 Répartition des tâches entre la Confédération, les cantons et les tiers

La Confédération relève les niveaux d'eau et les débits d'intérêt national. Elle exploite à cet effet des stations de mesure réparties de manière systématique dans toutes les régions de la Suisse, ce qui lui permet d'avoir à tout moment une vue d'ensemble sur la situation hydrologique nationale. À l'échelle régionale, le canton complète et densifie le réseau national avec son propre réseau hydrométrique conçu en fonction de ses besoins.

En vertu de l'art. 14 LACE et de l'art. 58 LEaux, les cantons sont tenus d'effectuer les autres relevés nécessaires à l'exécution de ces deux lois et de communiquer les résultats aux services fédéraux compétents. Les cantons sont actuellement organisés de manière très différente. Certains possèdent leur propre service hydrométrique (p.ex. BE, BL, ZH, VD, SG, AG, SO, LU), d'autres sont en train d'en mettre un sur pied (p.ex. VS, GR), certains font appel au service hydrométrique d'un autre canton (p.ex. AR à SG) et d'autres, enfin, n'ont pas de service hydrométrique (p.ex. AI, BS).

Les cantons ont besoin des informations provenant du réseau hydrométrique de la Confédération. Le canton de Berne, par exemple, est tributaire des stations de mesure fédérales pour la régulation des lacs alpins et des lacs du pied du Jura. Inversement, les cantons fournissent à l'OFEV des données actuelles pertinentes, qui sont très importantes pour les prévisions et les alertes, notamment en cas de crue, et qui améliorent de manière décisive la qualité des prévisions. La fourniture réciproque des données est réglée au moyen de conventions conclues entre l'OFEV et les cantons. Ces conventions contiennent les exigences relatives aux données, des spécifications sur leur transfert ainsi que les droits en matière de transmission et de publication des données. Les cantons utilisent en partie l'infrastructure de mesure fédérale pour leurs propres mesures ; dans le passé, il est aussi arrivé qu'ils intègrent dans leur réseau de mesure des stations que la Confédération ne voulait plus exploiter. Dans certains cas, des entreprises hydroélectriques utilisent aussi l'infrastructure de mesure de l'OFEV pour leurs propres mesures (p.ex. Inn – Martina, Sclamischo).

Des instituts de recherche, des sociétés hydroélectriques et d'autres acteurs exploitent, ou ont exploité dans le passé, leur propre réseau de mesure des débits ou des stations hydrométriques isolées. Les chercheurs effectuent d'ordinaire des mesures dans le cadre d'études scientifiques limitées dans le temps, par exemple sur la formation des régimes d'écoulement ou les processus de charriage. Il existe cependant quelques bassins où les chercheurs mesurent le débit et d'autres paramètres

depuis des décennies à des fins de recherche (p. ex. les bassins versants de petits torrents dans l'Alptal étudiés par l'Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage [WSL]). Il est aussi parfois arrivé que des bassins versants de recherche soient intégrés dans le réseau de base (p. ex. Rotenbach, Schwändlibach, Sperbelgraben, Rappengraben et Melera, étudiés par le WSL, ainsi que Rietholzbach étudié par l'École polytechnique fédérale de Zurich [EPFZ]).

Les sociétés hydroélectriques mesurent pratiquement toujours le niveau d'eau dans les bassins d'accumulation ou les lacs utilisés pour la production énergétique. Elles sont tenues de communiquer chaque semaine les niveaux de remplissage des grands bassins d'accumulation à l'Office fédéral de l'énergie (OFEN), afin qu'il puisse quantifier les réserves nationales d'énergie. Par ailleurs, elles mesurent aussi souvent les débits entrants et sortants à l'endroit de leurs installations ou lacs de retenue, que ce soit au moyen de l'hydrométrie classique, par calculs hydrauliques, ou encore par calcul à partir des puissances des turbines. Conformément à l'art. 8c de la loi sur l'approvisionnement en électricité, ces données doivent être transmises à la Commission de l'électricité, à l'OFEN, à la société nationale du réseau de transport, à l'Approvisionnement économique du pays et à d'autres services fédéraux dans la mesure nécessaire à l'accomplissement de leurs tâches. Ces données sont toutefois soumises au secret d'entreprise et ne peuvent pas être publiées, raison pour laquelle elles ne peuvent être prises en considération pour le réseau de base que dans des cas particuliers (p. ex. comme stations secondaires, cf. chap. 4.2).

Dans le contexte de leur concession, les sociétés hydroélectriques peuvent être tenues de relever, en plus des données sur la production, des données sur le débit spécifiquement définies qui serviront de base au calcul de la redevance hydraulique ou comme preuve du respect du débit de dotation. La concession peut aussi définir à qui ces données doivent être mises à disposition.

4 Le réseau de mesure de base existant

4.1 Histoire et exploitants

La Commission suisse d'hydrométrie de la Société helvétique des sciences naturelles (SHSN) a été instituée le 24 août 1863. Elle était présidée par Ch. Dufour et comptait comme membres Ch. Kopp et Arnold Escher von der Linth ¹. En 1863, le Conseil fédéral a décidé de faire des « observations complètes et uniformes » des niveaux des cours et plans d'eaux suisses et confié cette tâche à la Commission suisse d'hydrométrie. En 1865, la commission créa le Bureau central suisse d'hydrométrie, qui bénéficiait d'un crédit alloué par la Confédération. Le 23 janvier 1870, un arrêté du Conseil fédéral confia la direction du Bureau central au Bureau des constructions du Département fédéral de l'intérieur. Après la dissolution de la commission d'hydrométrie en 1872, les attributions du Bureau central suisse d'hydrométrie furent transférées

à l'Inspection fédérale des travaux publics et le service devint le Bureau fédéral d'hydrométrie. Depuis, le réseau de mesure de base a toujours été exploité par un service fédéral. Le nom du service en charge du réseau ainsi que le département où il était intégré a cependant varié au cours du temps (tab. 2). Depuis 2006, c'est la division Hydrologie de l'OFEV qui est en charge. Depuis 2011, les installations électrotechniques du réseau de base sont entretenues par l'Institut fédéral de métrologie (METAS), conformément à l'art. 3, al. 1, de l'ordonnance sur l'Institut fédéral de métrologie.

Les archives relatives aux stations sont déposées par service aux Archives fédérales. Les documents sur les stations supprimées sont classés sous le nom du service compétent au moment de la suppression. Les documents de toutes les stations qui étaient encore en service après 2006 sont déposés dans la partie consacrée à l'OFEV. À

1 chy.scnat.ch > Page d'accueil > Portrait CHy > Histoire

Tab.2: Services responsables de l'exploitation du réseau de base à partir de 1872

Département	Département fédéral de l'intérieur				Dép. fédéral des Postes et des Chemins de fer	Dép. fédéral des transports, des communications et de l'énergie (DFTCE)	Département fédéral de l'intérieur (DFI)				Dép. fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication (DETEC)	
Office	Inspection fédérale des travaux publics				Office de l'économie hydraulique		Office fédéral de la protection de l'environnement	Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage	Office fédéral des eaux et de la géologie	Office fédéral de l'environnement		
Division / unité	Bureau fédéral d'hydrométrie	Section hydrométrique	Division de l'hydrographie nationale	Service des eaux	-	-	Division de l'hydrographie nationale	Service hydrologique national	Service hydrologique et géologique national	Service hydrologique et géologique national	Service hydrologique et géologique national	Division Hydrologie
de	1872	1895	1908	1915	1919	1930	1963	1979	1986	1989	2000	2006

partir de 2028, il n'y aura plus d'archives papier. En outre, la division Hydrologie a numérisé l'ensemble des archives et les mettra à la disposition des utilisateurs des données.

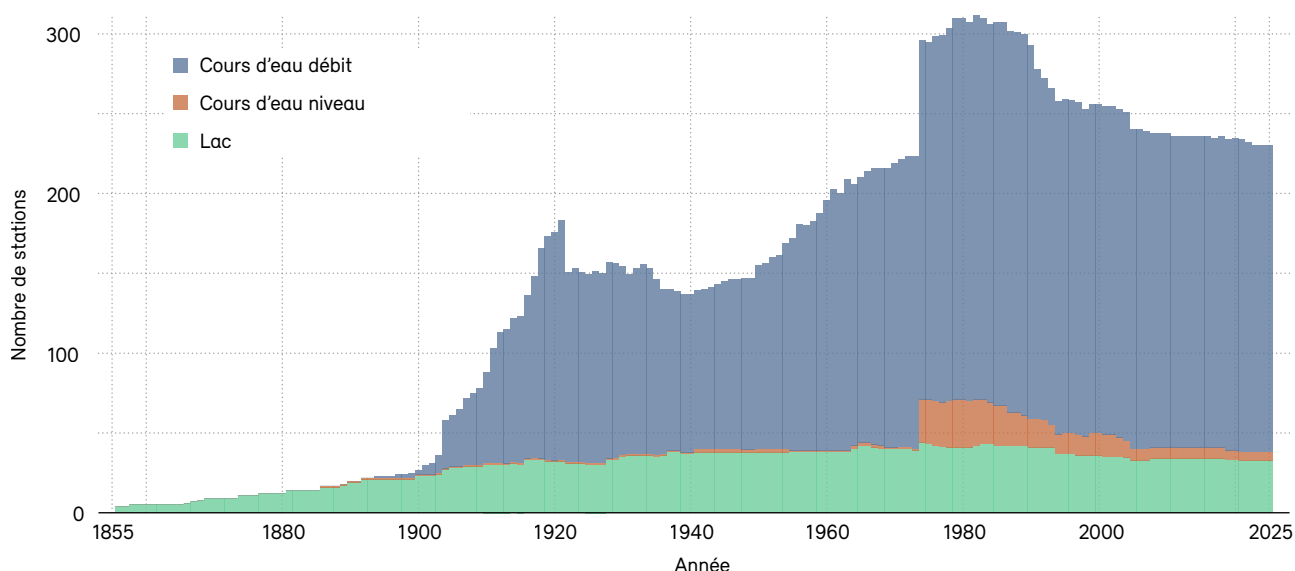
La première station limnimétrique de Suisse aurait été installée en 1780 à Vevey, sur la rive du Léman, et exploitée jusqu'en 1817 (EHB, 1907). Mais une station provisoire aurait déjà équipé le Rhône à Genève auparavant, si l'on en croit la « Note de la hausse et de la baisse du Rhône du 7 février 1739 au 6 février 1740 » déposée aux Archives d'État de Genève (Kasser et Schnitter, 1967). D'autres sites de mesure lacustres suivirent, par exemple à Genève (1806), à Weesen (1807), à Zurich (1810) et à Neuchâtel (1817). La même époque a vu l'installation de stations sur des cours d'eau, par exemple sur la Linth à Ziegelbrücke (1807) et sur le Rhin à Bâle (1808) (Landeshydrologie Hrsg., 1988). L'échelle limnimétrique de Bâle a été mise en place à l'instigation de l'ingénieur hydraulicien Johann Gottfried Tulla (1770-1828), dans le cadre de son projet de correction du Rhin supérieur (Vischer, 2000). Elle était relevée quotidiennement, ce qui n'était pas courant à l'époque (BWG, 2003; Ghezzi, 1926). Au XIX^e siècle, l'installation des stations hydrométriques était dictée par les deux grandes préoccupations de l'époque, la lutte contre les crues et les grandes corrections des cours d'eau. Développé de manière systématique et continue à partir de 1865, le

réseau de mesure hydrologique a connu deux grandes phases de développement (1900-1935 et 1960-1990) (fig. 2 et fig. 3). La première phase était axée principalement sur la lutte contre les crues et sur la nouvelle utilisation de la force hydraulique et, en second lieu, sur la navigation. En plus des stations sur les grands cours d'eau et les lacs, un très grand nombre de stations furent installées dans l'espace alpin, où certaines ne furent exploitées que quelques années. Elles servaient à estimer la force hydraulique potentielle et à fournir des valeurs pour le dimensionnement des installations hydroélectriques. Lors de la seconde phase, à partir de 1960, les nouvelles stations continuèrent à être au service de la protection contre les crues et de l'utilisation de la force hydraulique, même si d'autres domaines d'application tels que l'observation du régime des eaux et la recherche hydrologique gagnèrent progressivement en importance. Les aspects liés à la protection des eaux et les changements climatiques n'ont joué presque aucun rôle dans la planification du réseau de base jusque dans les années 1990.

À Bâle, le niveau d'eau du Rhin est observé et sert à déterminer le débit depuis 1808. Des données de débit quotidiennes sont disponibles à partir de 1869. La station Rhein – Basel, Schiffflände est ainsi la plus ancienne station de mesure de débit du réseau de base. Elle a été

Fig. 2: Nombre de stations en service par année pour lesquelles il existe des données au format numérique

Les stations entre-temps supprimées sont aussi représentées.



remplacée en 1995 par la station Rhein – Basel, Rhein-halle, mais les séries temporelles de chaque station ont pu être placées l'une à la suite de l'autre pour obtenir série continue. La plus longue série de données au format numérique est celle de la station Murtensee – Murten (à partir du 1.1.1858).

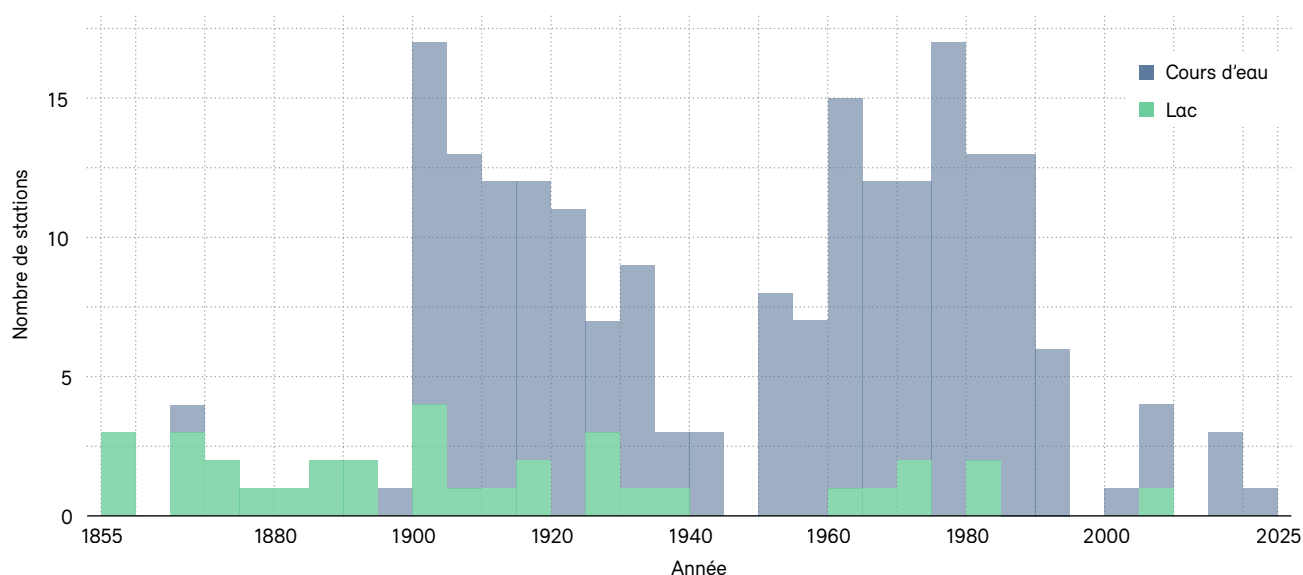
À partir de 1957, la Confédération a mis sur pied un réseau de bassins de recherches hydrologiques (HUG), qui comprend aujourd'hui 41 bassins versants. Le but prioritaire était de disposer de mesures effectuées sur le long terme pour observer les changements naturels du cycle de l'eau. Pour cela, les débits des cours d'eau des HUG doivent donc être influencés le moins possible par les activités humaines.

Dès 1984, un réseau de mesure utilisant des limnimètres à maximum pour les crues a été mis en place dans le but de collecter davantage d'informations sur les débits de pointe lors des crues. Environ 115 stations de mesure étaient équipées de limnimètres à maximum, sur lesquels on ne relevait qu'un petit nombre de niveaux maximums entre deux lectures. Quelques-unes de ces stations étaient également équipées d'un limnigraphe de crue. L'objectif était de déterminer le débit de pointe au moyen de

procédures appropriées (p. ex. des calculs hydrauliques). Dans la pratique, il s'est cependant avéré qu'il était très difficile voire impossible de déterminer le débit de pointe et que cela exigeait beaucoup de travail, raison pour laquelle le réseau de mesure a été abandonné en 2005.

À partir du milieu du XX^e siècle, le réseau fédéral a été complété par d'autres réseaux de mesure. De plus en plus de cantons ont installé leurs propres stations hydro-métriques. Alors que les premières stations cantonales se sont d'abord concentrées sur le Plateau et dans le nord-ouest de la Suisse, on a plus récemment également développé les réseaux dans les Alpes. Les stations cantonales se situent surtout sur les petits cours d'eau (Atlas hydrologique de la Suisse – planche 5.12) pour répondre à des questions d'intérêt cantonal, notamment dans les domaines de la protection contre les crues et de la protection des eaux. Les Chemins de fer fédéraux (CFF) et plusieurs sociétés hydroélectriques exploitent aussi un certain nombre de stations de mesure de débit.

Fig. 3 : Nombre de stations mises en service qui sont encore exploitées aujourd'hui
par pas de cinq ans



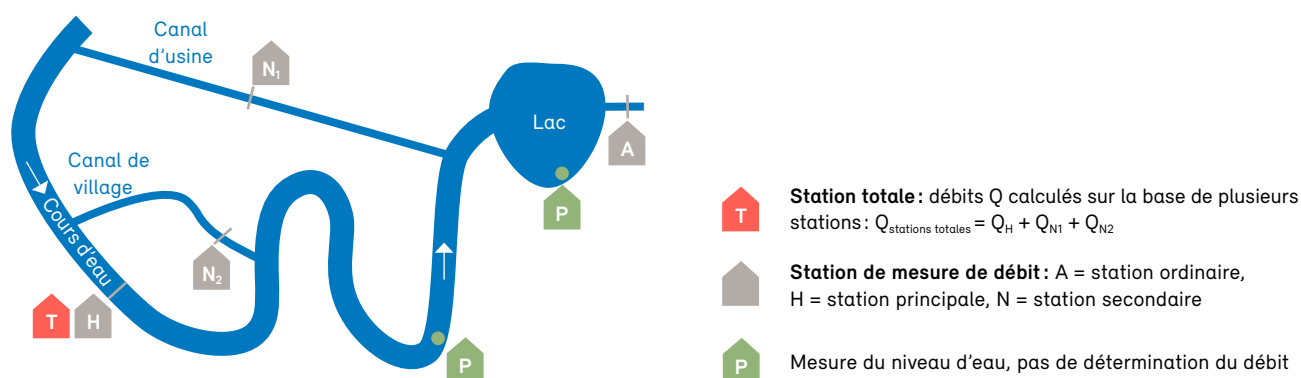
4.2 Types de station et densité du réseau

Le réseau de base comprend différents types de stations : les stations de mesure de débit ordinaires sur les cours d'eau et les stations limnimétriques, qui mesurent uniquement le niveau d'eau – en particulier sur les lacs. Les stations de mesure de débit qui ne mesurent pas toute l'eau du bassin versant dans la section de mesure du chenal principal en raison de l'existence de dérivations sont appelées des stations principales. Les stations qui mesurent les dérivations sont appelées des stations secondaires (fig. 4).

Le réseau de base comprend 230 stations de mesure sur des eaux de surface exploitées par l'OFEV (tab. 3) (état 2023).

Les 230 stations du réseau de base (fig. 5) et les données de débit provenant d'autres réseaux de mesure (WSL et centrales hydroélectriques) permettent de déterminer les débits de 186 bassins versants de cours d'eau et les niveaux d'eau de 26 lacs (tab. 4 ; les grands lacs possèdent plus qu'une station). S'y ajoutent les niveaux d'eau et les débits historiques de plus de 850 stations aujourd'hui supprimées.

Fig. 4 : Représentation schématique des différents types de station du réseau de base



Tab. 3 : Nombre de stations du réseau de base exploitées par l'OFEV
état 2023

Type de station	Paramètres mesurés	Nombre de stations
Stations ordinaires : Les dérivations et les adductions du bassin versant ou celles qui passent à côté de la station ne sont pas prises en compte.	Niveau d'eau et débit	172
	Seulement débit	1 ¹
	Seulement niveau d'eau	6
Les dérivations et les adductions (stations secondaires) et le débit dans le chenal (station principale) sont mesurés et attribués par calcul à une station totale.	Débit stations principales	10
	Débit stations secondaires	9 ²
Lacs (26 lacs)	Niveau d'eau	32
Total		230

1 Pour une autre station (2247), le débit est calculé à partir du niveau d'eau d'une station lacustre.

2 Pour trois autres stations secondaires, des données sont fournies par des centrales hydroélectriques.

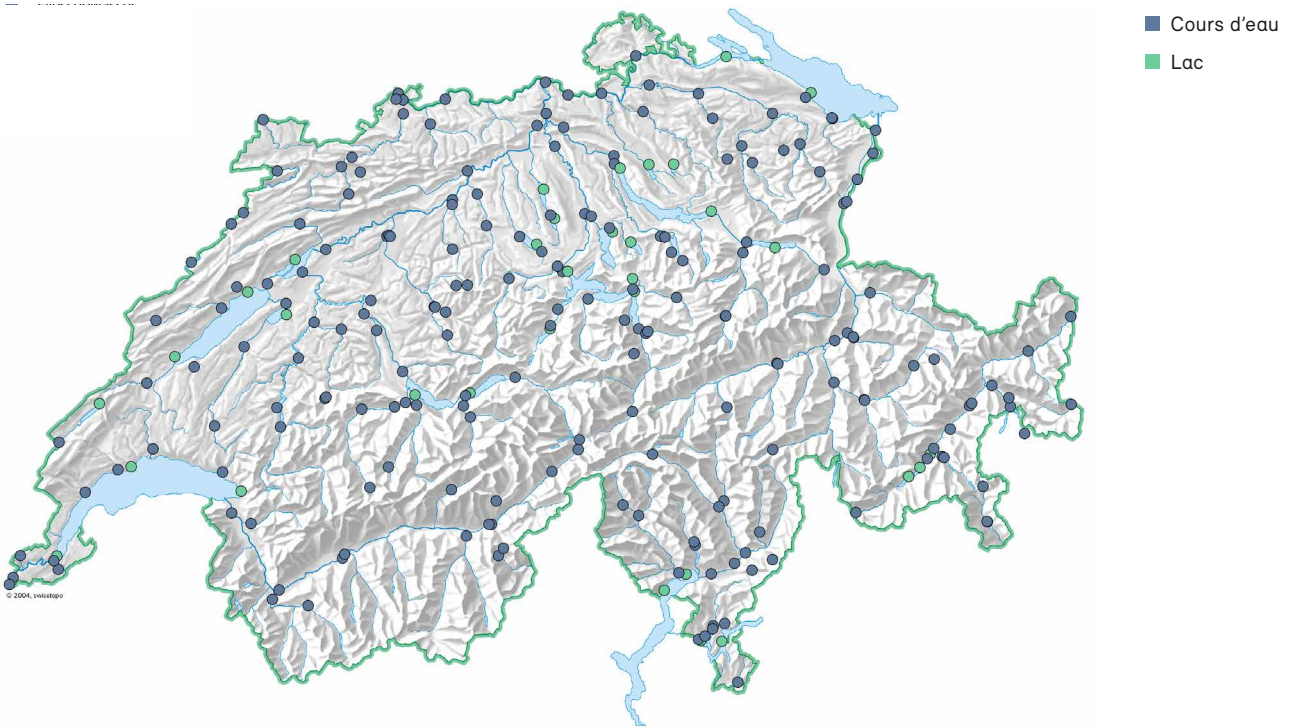
Les stations sont réparties dans tout le pays en fonction des conditions liées à l'espace naturel. La Suisse ayant une superficie de 41 285 km², les 182 stations de mesure de débit exploitées par l'OFEV correspondent à une densité d'une station par 227 km². Cette valeur est inférieure à la moyenne si on la compare à celle des réseaux de mesure des pays voisins (le land du Bade-Wurtemberg² exploite une

2 Le réseau limnimétrique hydrologique (quantitatif) du land du Bade-Wurtemberg compte environ 250 limnimètres qui mesurent le niveau de l'eau en continu et fournissent des données pour le calcul du débit. (État 2024: Pegel- und Datendienst – Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg).

station par 143 km² pour une superficie de 35 751 km², le land de Bavière³ une station par 122 km² pour une superficie de 70 550 km²).

3 Le réseau de mesure « Pegel » du land de Bavière compte environ 600 emplacements de mesure (état 2024). Il comprend les catégories A et B en fonction de l'importance et de la fonction des cours d'eau et des niveaux d'eau. Les limnimètres de la catégorie A sont les plus importants de la Bavière; le land en compte près de 200. Les 400 autres appartiennent à la catégorie B et fournissent des données destinées au suivi des eaux; 21 stations limnimétriques se trouvent sur des lacs ou des lacs de retenue bava-rois (Wasserstand und Abfluss – LfU Bayern) et n'ont pas été prises en compte pour la densité du réseau de mesure.

Fig. 5 : Stations de mesure du niveau d'eau et du débit du réseau de base (état juillet 2022)
Les données de la plupart des stations sont publiées en ligne sur le site Données et prévisions hydrologiques.



Tab. 4 : Nombre d'emplacements du réseau de base pour mesurer les niveaux d'eau ou les débits
état 2023

Type de station	Nombre d'emplacements avec mesure
Stations sur des cours d'eau avec mesure de débit	182
Stations sur des cours d'eau avec seulement mesure du niveau d'eau	6
Données de débit fournies par des exploitants externes (WSL)	3
Débit calculé à partir du niveau du lac	1
Stations limnimétriques lacustres (26 lacs)	32
Total	224

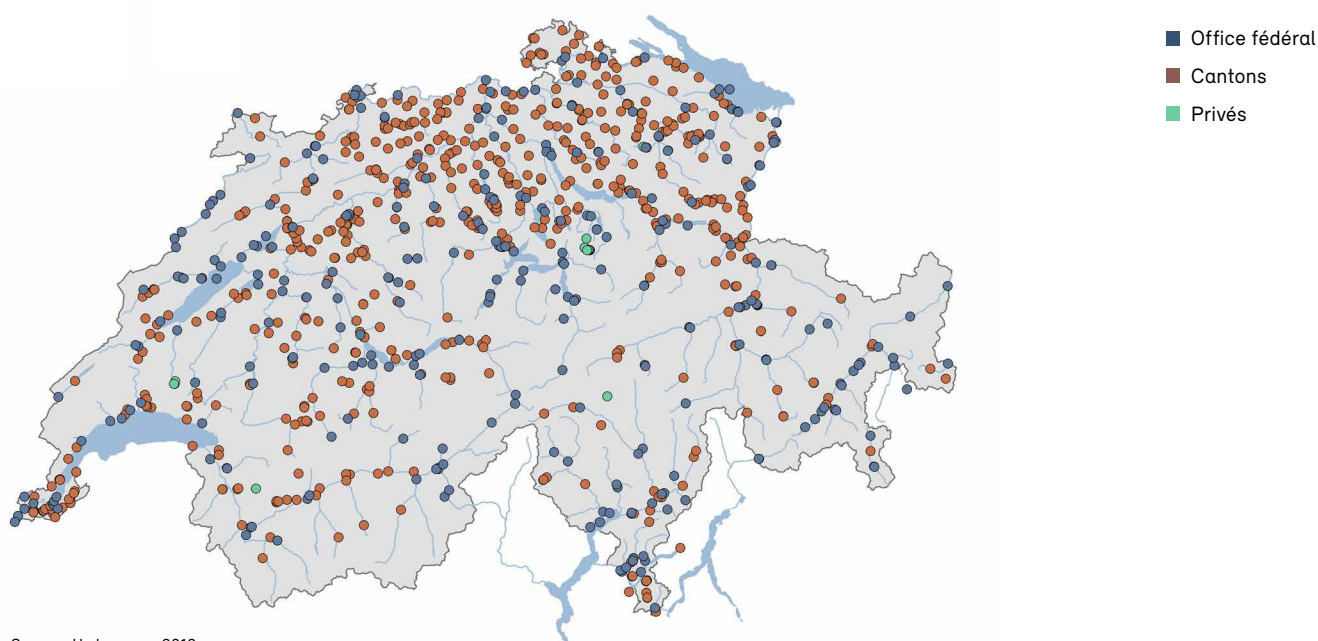
À cela s'ajoutent environ 340 stations de mesure de débit cantonales et 27 stations de mesure de débit gérées par les CFF, ce qui augmente considérablement la densité du réseau de mesure (à peu près une station par 75 km²) (fig. 6). Les stations cantonales sont cependant très inégalement réparties sur le territoire national et se trouvent surtout sur les petits cours d'eau du Plateau. En outre, toutes les stations ne déterminent pas le débit, mais relèvent parfois seulement le niveau d'eau. Une partie de ces données sont mises à la disposition de la Confédération pour la Plateforme commune d'information sur les dangers naturels (GIN). D'autres données cantonales peuvent être très utiles, que ce soit pour densifier le réseau de base, pour s'assurer, par redondance, de la fiabilité des mesures des stations fédérales ainsi que pour contrôler la plausibilité des données du réseau de base. Selon l'ordonnance sur la géoinformation (OGéo), les données provenant des réseaux de mesure hydrologiques cantonaux devraient être transmises sous la forme de jeux de géodonnées de base à l'organe de coordination de la géoinformation au niveau fédéral et mises à disposition sur le site geodienste.ch. Comme le flux de données annuel n'est pour l'heure pas encore implémenté, on ne dispose pas d'une vue d'ensemble complète des réseaux de mesure cantonaux actuels.

4.3 Nomenclature

L'appellation d'une station suit le schéma suivant : nom du cours d'eau/lac – nom de la commune, et facultativement, un nom local ou une précision (p. ex. Aare – Bern, Schöna). Le nom demeure même si celui de la commune ou le nom local change au cours du temps (p. ex. par suite d'une fusion de commune). Chaque station a une « langue de station » qui lui est propre en fonction de la région linguistique où elle se trouve et son nom figure seulement dans cette langue dans la banque de données. Les tableaux annuels, les statistiques et les autres publications relatives à la station sont en général aussi rédigés seulement dans la langue de la station et ne sont pas traduits dans toutes les langues fédérales.

Chaque station porte un numéro composé de quatre chiffres, dont le premier est un code, suivi d'un nombre de trois chiffres. Le numéro de toutes les stations ordinaires de mesure du niveau d'eau et du débit ainsi que des stations principales et secondaires commence avec le code 2. Les stations totales commencent avec le code 0, suivi du numéro de trois chiffres de la station principale. Les stations supprimées avant 1965 commencent avec le code 7 ou 8. Des informations détaillées sur la numérotation des stations figurent à l'annexe 1.

Fig. 6 : Stations de mesure des niveaux d'eau et des débits des eaux de surface gérées par différents exploitants



Source : Hydromaps, 2019

4.4 Représentativité

Afin d'évaluer si le réseau de base est représentatif des types d'eaux existant dans l'ensemble de la Suisse, on a caractérisé les bassins versants des stations de mesure et, là où il était pertinent de le faire, comparé les informations obtenues avec les données correspondantes pour tout le pays. Pour certaines analyses, on a utilisé seulement les 141 stations de mesure de débit dont le bassin versant mesure moins de 1000 km², car les bassins plus vastes ne peuvent par exemple plus être clairement attribués à une zone climatique ou à un étage altitudinal. Dans l'idéal, le réseau de base devrait couvrir adéquatement toutes les tailles de bassin versant, toutes les zones climatiques, toutes les utilisations du sol, tous les étages altitudinaux et tous les types de régime d'écoulement. Certains bassins ayant une part importante de leur surface à l'étranger n'ont pas été utilisés pour l'analyse, car on ne disposait pas de toutes les caractéristiques requises.

Taille du bassin versant

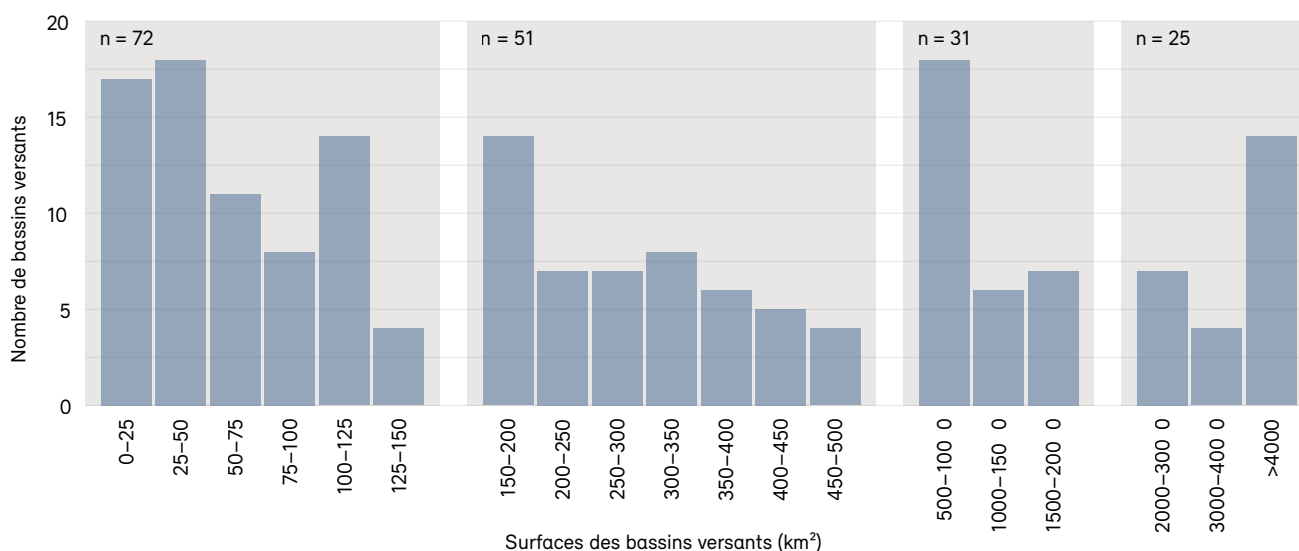
La surface des bassins versants des stations de mesure a été déduite de la topographie, sans tenir compte des phénomènes hydrogéologiques (lignes de partage des eaux souterraines, karst, etc.) ou des ouvrages techniques

(dérivation des cours d'eau, évacuation des eaux urbaines, etc.). Les limites des bassins retenues peuvent donc différer des limites réelles, en particulier dans les régions karstiques du Jura et des Alpes. Suivant la base topographique utilisée (carte, modèle de terrain numérique), la taille des bassins s'est légèrement modifiée au fil du temps. L'historique de ces différentes tailles de bassin est enregistré dans la banque de données sous forme de métadonnées. Pour un petit nombre de stations, le bassin versant superficiel n'a pas été ou ne peut être déterminé (toutes les stations secondaires et deux stations sur des dérivations).

Le réseau de base couvre presque la totalité de l'eau qui quitte la Suisse. Les 25 stations dont le bassin versant respectif mesure plus de 2000 km² permettent de couvrir l'ensemble des grands bassins versants du pays. La taille des bassins des stations du réseau de base va de 0,56 km² (station Sperbelgraben – Wasen, Kurzeneialp) à 36 000 km² pour les stations sur le Rhin à Bâle. Entre les deux, toutes les tailles de bassin versant sont bien représentées (fig. 7). La médiane des surfaces des bassins du réseau de base est de 216 km² (état 2024); elle est donc nettement supérieure à la médiane des stations cantonales de 26 km² (état 1999, Atlas hydrologique de la Suisse – planche 5.1²).

Fig. 7: Surfaces des bassins versants des stations de mesure de débit de la Confédération

L'intervalle de classe varie entre les quatre parties du graphique.



Répartition selon l'altitude

Toutes les altitudes sont bien représentées dans les bassins versants du réseau de base, sauf les bassins situés en dessous de 600 m (fig. 8). Comme nombre de cours d'eau prennent leur source dans les Alpes, les Préalpes ou le Jura, l'altitude moyenne de beaucoup de moyens et grands bassins versants est supérieure à 600 m. Les bassins de petite taille situés à basse altitude sont particulièrement sous-représentés dans le réseau de mesure, alors que les stations situées à une altitude entre 2000 et 2500 m y sont surreprésentées. La station Aach – Salmsach draine le bassin versant avec l'altitude moyenne la plus basse (467 m) et celle de Massa – Blatten bei Naters, le bassin avec l'altitude moyenne la plus élevée (2945 m).

Régimes d'écoulement

La figure 9 montre la répartition des stations dont le régime d'écoulement peut être clairement défini. Les seize types de régime d'écoulement existant en Suisse sont suffisamment représentés, à l'exception du type « pluvial méridional », qui ne se rencontre que dans un très petit nombre de cours d'eau du Tessin méridional (Atlas hydrologique de la Suisse – planche 5.2), sur lesquels il y a deux stations de mesure de débit cantonales (Faloppia – Chiasso et Laveggio – Mendrisio).

Zone climatique

La Suisse peut être divisée en douze grandes zones climatiques (Schüepp et Gensler, 1980). Les ressources en eau se distinguent d'une région à l'autre. La figure 10 montre comment les 141 stations de mesure de débit avec un bassin versant de moins de 1000 km² se répartissent entre les douze grandes zones climatiques. Toutes les zones sont bien représentées dans le réseau de base. Le nombre des stations est supérieur à la moyenne dans les zones Versant nord des Alpes et Sud des Alpes, tandis que le Valais, les Grisons et le Plateau sont légèrement sous-représentés. En Valais et aux Grisons, les débits de nombreux cours d'eau sont fortement influencés par l'utilisation de la force hydraulique. Comme les cours d'eau soumis à une forte influence anthropique ne constituent pas des emplacements de mesure appropriés pour beaucoup de domaines d'application, de nombreuses stations de mesure de débit ont été mises hors service après la construction d'une centrale hydroélectrique. Beaucoup de stations avec un grand bassin versant se trouvent sur le Plateau. Elles ne sont pas représentées sur le graphique, car on ne peut pas les classer dans une seule zone climatique. Les bassins plus petits du Plateau sont cependant sous-représentés dans le réseau de base.

Fig. 8: Parts de surface des étages altitudinaux pour les bassins versants du réseau de base mesurant moins de 1000 km²

Les points indiquent le nombre de stations par étage et le nombre de stations dont le bassin versant présente une altitude moyenne correspondant à l'étage.

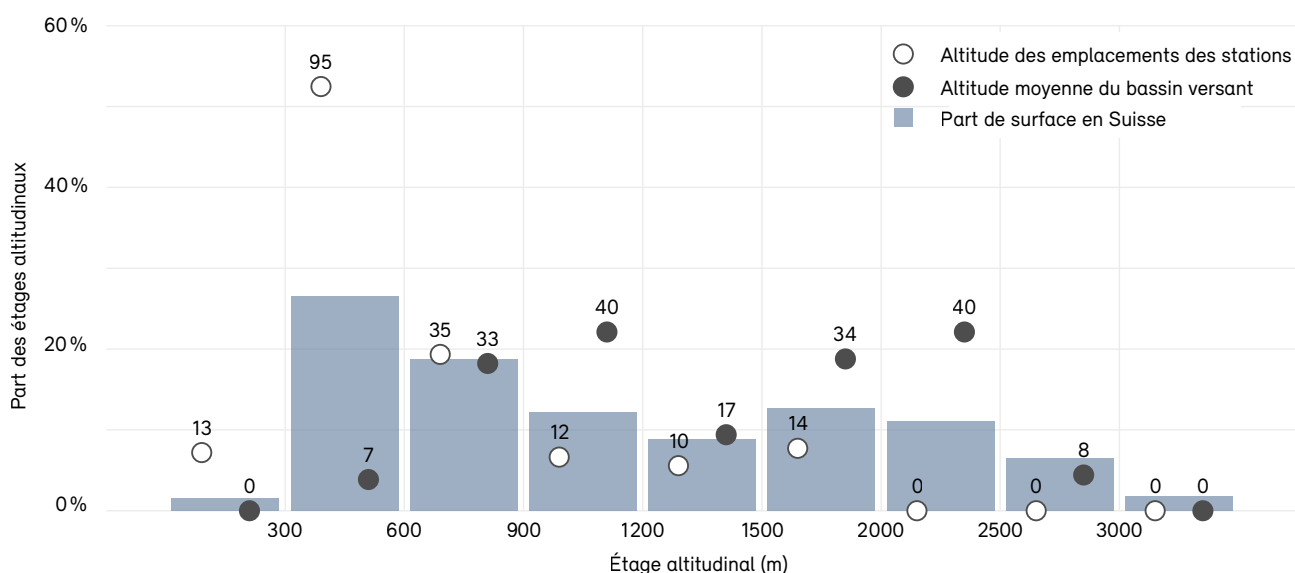


Fig. 9 : Nombre de stations de mesure de débit par type de régime d'écoulement
65 stations ne sont pas représentées, car elles présentent des régimes mixtes ou parce le régime ne peut pas être clairement défini.

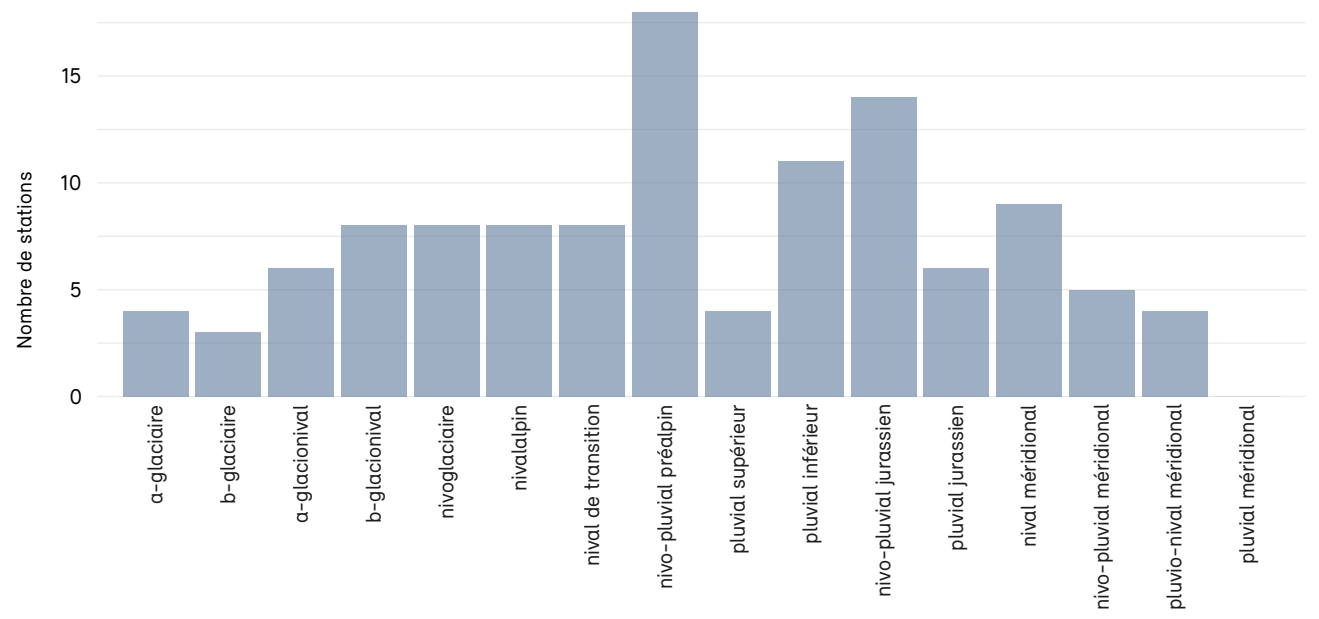
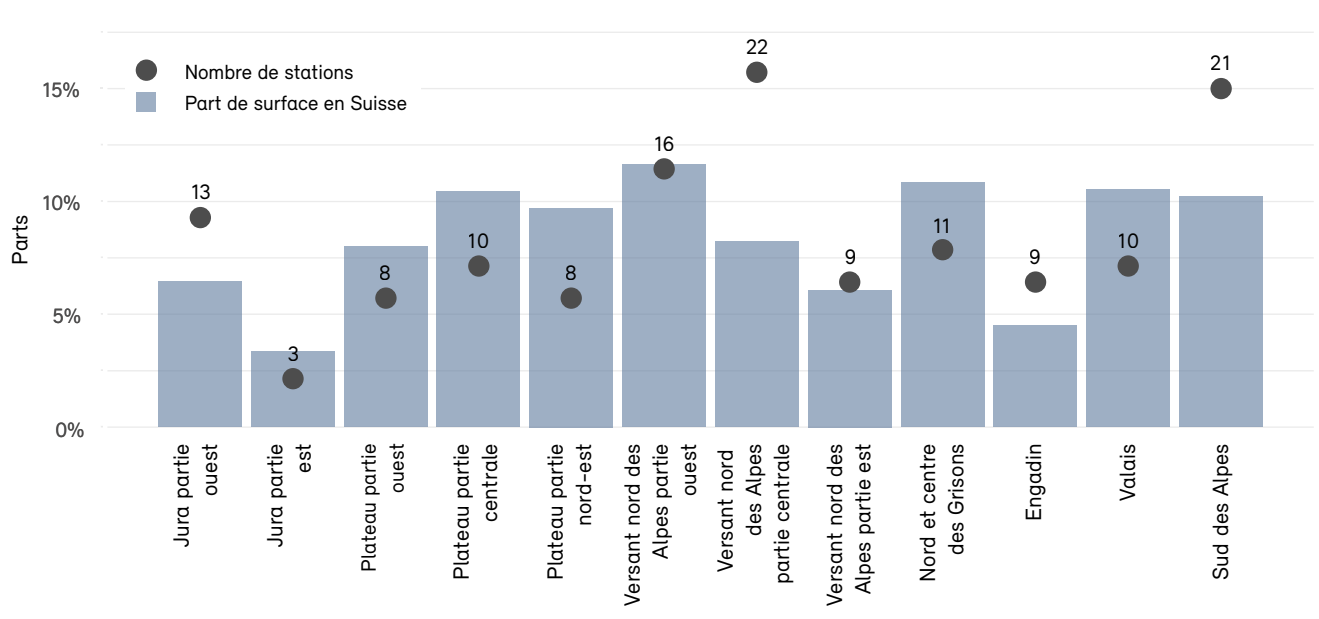


Fig. 10 : Part de surface des zones climatiques en Suisse
Nombre des stations de mesure de débit avec un bassin versant mesurant moins de 1000 km² situées dans ces zones climatiques (n=140).



Glaciers

Il y a des glaciers dans un peu moins de la moitié des bassins versants du réseau de base. Dans 20 bassins, la surface couverte par les glaciers est supérieure à 10 %. Les stations avec les bassins les plus englacés sont Massa – Blatten bei Naters (56 %) (fig. 11) et Rhone – Gletsch (41 %) (état 2016). Ces deux stations permettent de bien observer les débits du grand glacier d'Aletsch et du glacier du Rhône. Le réseau de base ne fournit pas d'informations comparables sur le débit pour les autres glaciers de Suisse, car les stations de mesure de débit sont plus éloignées des glaciers.

Utilisation du sol

Pour connaître l'occupation des terres dans ce qu'on appelle la Suisse hydrologique ⁴ et les bassins versants de moins de 1000 km², on a déterminé puis comparé à l'aide de la base de données géographiques CORINE Land Cover ⁵ la part de surface occupée par quatre types d'utilisation du sol (« surface bâtie », « plans d'eau et surfaces humides », « agriculture » et « forêts et surfaces proches de l'état naturel ») (fig. 12). La part de surface occupée par la forêt et les milieux proches de l'état naturel est un peu plus élevée dans les bassins du réseau de base que dans

4 La notion de « Suisse hydrologique » désigne l'ensemble des régions dont les cours d'eau se déversent sur le territoire suisse. Cet ensemble comprend toute la Suisse, la Principauté du Liechtenstein et d'autres régions limitrophes en France, en Allemagne, en Autriche et en Italie

5 CORINE Land Cover 2018. European Union's Copernicus Land Monitoring Service information <https://doi.org/10.2909/960998c1-1870-4e82-8051-6485205ebbac>

Fig. 11: Station Massa – Blatten

Sa situation en haute montagne rend la mesure du débit très complexe sur le plan technique.



Photo : OFEV

la Suisse hydrologique, tandis que la surface bâtie et les terres agricoles sont un peu sous-représentées.

Si l'on considère la répartition des surfaces à l'intérieur des bassins versants, il apparaît cependant que peu d'entre eux ont une part élevée de surface agricole et que les bassins fortement urbanisés ne sont pas du tout représentés (fig. 13).

Influence d'origine anthropique

La méthode HydCheck (Steeb et al., 2024) est un outil de screening automatique qui permet d'évaluer dans toute la

Suisse l'influence d'origine anthropique que subit le débit d'un cours d'eau à un site défini. Le degré d'influence est évalué à l'aide de sept catégories de facteurs (retenue d'eau/régulation, force hydraulique, eaux usées, aménagements, agriculture, eau potable/eau de consommation, eaux souterraines). Le type et l'ampleur de la perturbation hydrologique sont évalués à l'aide d'un système de feux tricolores et représentés au moyen de cinq paramètres hydrologiques (régime d'étiage, régime des débits moyens, régime de crue, effets de courte durée [éclusées], hydraulique). L'hydraulique n'est pas prise en compte ici, vu qu'elle ne joue aucun rôle pour le débit. Les résultats

Fig. 12 : Part de surface des catégories d'utilisation du sol

Selon CORINE Land Cover 2018 pour la Suisse hydrologique et les bassins versants des stations de mesure hydrologiques mesurant moins de 1000 km²

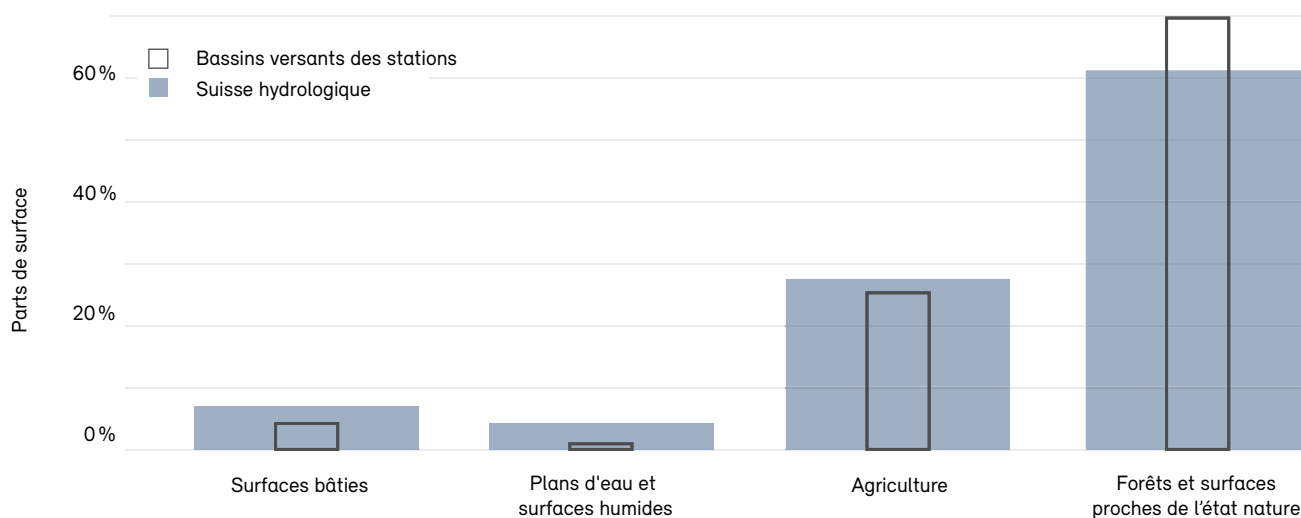
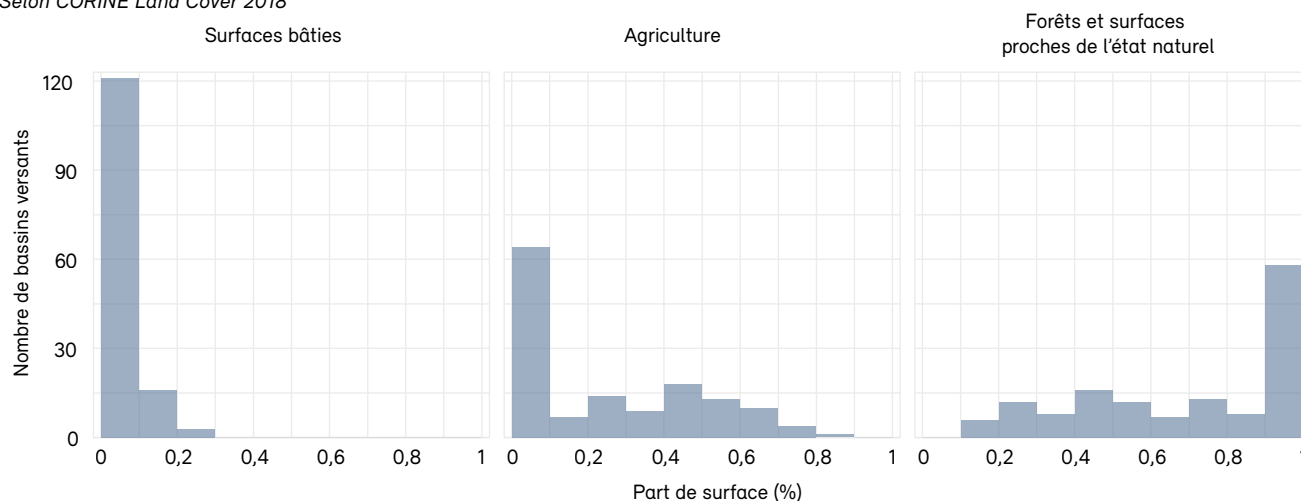


Fig. 13 : Histogramme avec les parts de surface (en %) des bassins versants des stations de mesure de débit pour chaque catégorie d'utilisation du sol

Selon CORINE Land Cover 2018



servent d'indicateurs de l'influence que peut subir le débit à l'emplacement étudié et donnent des indications sur les sites pouvant présenter un déficit écologique d'un point de vue hydrologique. Cette méthode ne permet pas d'évaluer les bassins où la part de territoire étranger est supérieure à 30 %.

En Suisse, les eaux font l'objet d'une utilisation et d'une gestion intensives, ce qui explique l'importante influence anthropique sur les débits. Ainsi, environ 63 % des 157 stations de mesure du réseau de base examinées subissent

une influence anthropique moyenne à forte, et ce pour toutes les gammes de débit, et environ 20 % des stations sont moyennement à fortement influencées par des effets de courte durée comme les éclusées (fig. 14).

Les bassins de recherches hydrologiques (HUG) sont nettement moins influencés, puisqu'ils sont choisis en premier lieu en raison de leur débit proche de l'état naturel (fig. 15). Si le réseau de mesure des HUG ne comprend pas de bassins fortement influencés, on a en revanche observé une

Fig. 14 : Influence sur les stations hydrologiques de mesure de débit

Selon HydCheck (n=157)

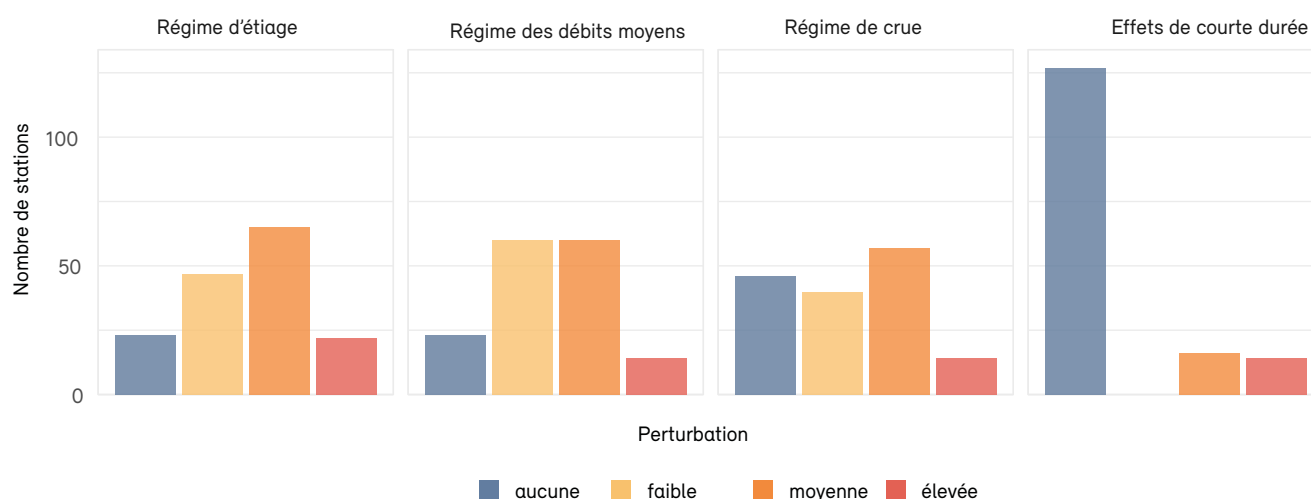
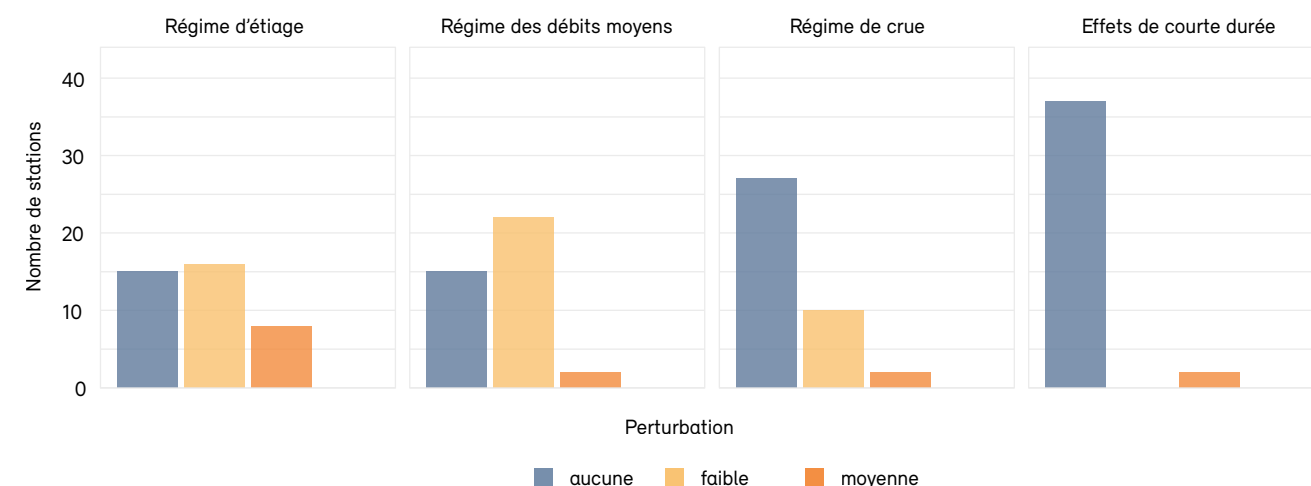


Fig. 15 : Influence sur les stations de mesure des bassins de recherches hydrologiques (HUG)

Selon HydCheck (n=38)



influence moyenne dans 20 % des HUG en situation d'étiage. Deux stations (Necker – Mogelsberg et Alp – Einsiedeln) dans les bassins versants desquelles se trouvent des stations d'épuration des eaux usées subissent des effets de courte durée (variations de débit en cours de journée).

Représentativité du réseau de base – conclusion

Le réseau de base représente bien les conditions hydrologiques et les types d'espaces que l'on rencontre en Suisse, que ce soit du point de vue de la géologie, de la topographie, de l'écologie et de l'utilisation du sol. Les emplacements de station suivants sont légèrement sous-représentés :

- les petits bassins à forte exploitation agricole, surtout sur le Plateau,
- les bassins versants urbanisés,
- les stations de mesure de débit situées directement en aval de (petits) glaciers.

Cette sous-représentation peut s'expliquer par le fait que, jusque dans les années 1990, le réseau de base servait principalement à la protection contre les crues, à l'utilisation de l'énergie hydraulique et à la navigation. Les changements climatiques et les aspects liés à la protection des eaux n'ont pris de l'importance que plus tard. Concernant ces deux derniers points, il serait très intéressant de disposer de données provenant des bassins sous-représentés.

4.5 Qualité de l'emplacement de la station de mesure

La précision des mesures réalisées à un emplacement donné dépend du cours d'eau lui-même (débit, profondeur d'eau, largeur de cours, voir fig. 16), de la qualité de l'emplacement de mesure (p. ex. stabilité de la section d'écoulement, charriage, facteurs d'influence hydrauliques tels que le changement d'écoulement, les remous d'exhaussement, l'envahissement par la végétation, la formation de glace, etc.) ainsi que de la situation de débit dans laquelle les mesures sont effectuées (étiage [NQ], eaux moyennes [MQ], crue [HQ]). Les responsables de la station connaissent les qualités de son emplacement, mais ces informations n'ont à ce jour pas été systématiquement relevées et enregistrées dans la banque de données, ce qui fait que les utilisateurs des données n'y ont pas facilement accès. Pour remédier à cette situation, un relevé systématique est prévu afin de mettre les informations à disposition des utilisateurs. C'est aussi une condition sine qua non si l'on veut procéder à une évaluation continue (rolling review) du réseau de base et prendre des mesures d'amélioration de la qualité plus ciblées.

Fig. 16 : Trois stations du réseau de base installées à des emplacements présentant différentes caractéristiques

De gauche à droite stations Dischmabach – Davos, Schächen – Bürglen, Aare – Untersiggenthal



Photos: Fritz Epp et OFEV

5 Domaines d'application

Chaque station de mesure de l'OFEV peut être associée à un ou plusieurs domaines d'application. Ces domaines d'application découlent des mandats légaux que le réseau de base doit remplir (cf. chap. 2). On obtient ainsi un réseau de mesure organisé de façon modulaire, avec un ensemble de stations spécifique pour chaque domaine d'application. La notion de domaine d'application (application area) se réfère à la nomenclature de l'OMM et désigne une tâche spécifique du réseau de mesure (OMM, 2021). Ces domaines d'application, ainsi que leurs objectifs et leurs utilisateurs spécifiques, sont brièvement décrits ci-après.

Les domaines d'application suivants ont été identifiés pour le réseau de base :

1. Relevé des ressources hydriques naturelles et de leur modification (5.1)
2. Prévision et alerte en cas de crues (5.2)
3. Information, prévision et alerte précoce en cas de sécheresse (5.3)
4. Base de données sur les lacs et pour la régulation des lacs (5.4)
5. Mise à disposition de bases de données pour la gestion de l'eau, la protection contre les crues et la recherche (5.5)
6. Données sur le débit comme base pour l'évaluation de la qualité de l'eau (5.6)
7. Surveillance de la compatibilité environnementale de l'utilisation (exécution, protection des eaux) (5.7)
8. Respect des engagements internationaux (5.8)

5.1 Relevé des ressources hydriques naturelles et de leur modification

La gestion durable des ressources hydriques exige de connaître à tout moment leur état et leur modification, en particulier dans le contexte des changements climatiques et de l'utilisation de l'eau. Une tâche essentielle du réseau de base consiste donc à observer sur le long terme les composants du régime des eaux que sont le débit et les réserves ou la variation des réserves en Suisse, en s'assurant qu'elle est représentative tant sur le plan temporel que spatial.

La densité minimale du réseau de mesure recommandée par l'OMM pour les zones montagneuses (une station de mesure de débit par 1000 km² [OMM, 2008]) est insuffisante pour la Suisse en raison de sa grande hétérogénéité topographique, géologique et climatique ainsi que de l'exploitation intensive de l'eau et de la forte urbanisation.

L'Atlas hydrologique de la Suisse (HADES) calcule le bilan hydrique de la Suisse sur la base de bassins de 150 km². Cette taille de bassin est souvent celle qui est demandée pour des applications pratiques et scientifiques dans le domaine de la gestion des eaux. Les länder allemands limitrophes du Bade-Wurtemberg et de la Bavière possèdent des réseaux de mesure d'une densité comparable. La densité des stations du réseau de base suisse est plus faible (une station par 227 km²).

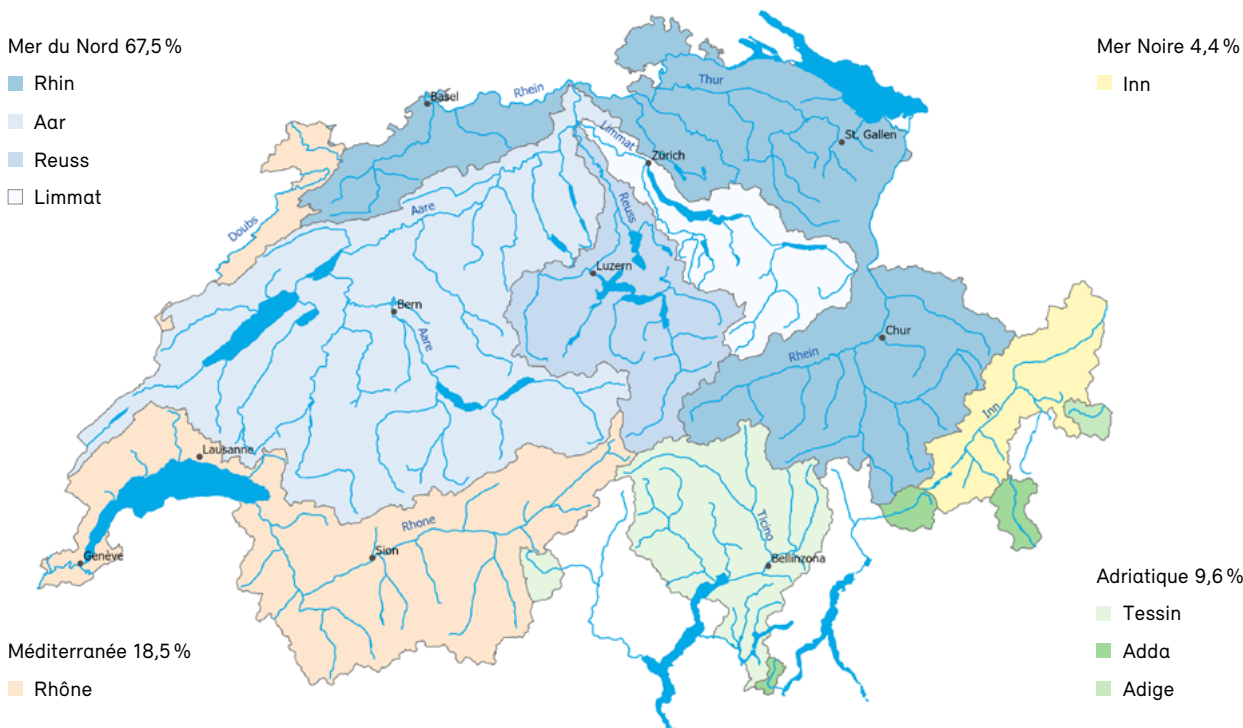
Selon une étude commandée par l'OFEV (Schädler, 2015), les 145 stations du réseau de base qui ont un bassin versant de plus de 50 km² permettent de bien observer le régime des eaux de la Suisse.

- Avec les stations de mesure existantes, la taille moyenne des bassins versants (intermédiaires⁶) est de 300 km² ou moins, sauf en Valais et aux Grisons, où elle le plus souvent supérieure à 300 km².
- Il existe quelques bassins intermédiaires servant à l'établissement du bilan hydrique qui mesurent plus de 600 km² ou même 1000 km². Pour ces situations, il faudrait examiner si le réseau de mesure devrait être densifié.
- Le réseau de base est représentatif pour la Suisse en ce qui concerne l'altitude, les régimes d'écoulement, l'utilisation du sol, etc. (cf. chap. 5.4).

Les bilans hydriques de la Suisse sont établis chaque année en collaboration avec le WSL sur la base des valeurs mensuelles (Lustenberger et al., 2023). Pour le calcul, les bassins versants des grands cours d'eau sont divisés en zones (fig. 17) et les débits simulés à l'aide d'un modèle hydrologique sont comparés avec les valeurs mesurées. Il est ainsi possible de calibrer le modèle et d'ajuster les valeurs modélisées. En plus du débit mesuré, la modélisation hydrologique a besoin de mesures provenant des réseaux de mesure météorologiques (précipitations, température, vent, rayonnement, couverture nuageuse). À cet égard, il est très important que les stations météorologiques existantes permettent de déduire des valeurs représentatives pour un bassin versant donné.

6 Le bassin versant intermédiaire est le bassin où se déversent les eaux entre deux stations de mesure de débit situées l'une après l'autre.

Fig. 17: Division de la Suisse selon les bassins versants des grands cours d'eau



Mandat	Exigences	Acteurs concernés/utilisateurs
Relever les ressources hydriques naturelles et leur modification.	Des stations hydrométriques sur les cours d'eau et les lacs sont exploitées sur le long terme afin de fournir une vue d'ensemble représentative de l'état des ressources hydriques naturelles et de leurs modifications à l'échelle nationale.	<ul style="list-style-type: none">• OFEV• Autres offices fédéraux et CFF• Cantons• Recherche• Particuliers• Partenaires internationaux

5.2 Prévision et alerte en cas de crues

L'OFEV a pour mandat légal d'alerter les autorités et la population en cas de crue. Pour les eaux d'intérêt national, il donne des alertes pour 13 lacs et 41 tronçons de cours d'eau (fig. 18). Pour les petits et les moyens cours d'eau, il émet des alertes à l'échelle de la région susceptible d'être touchée et non pour chaque cours d'eau en raison de la qualité insuffisante des prévisions en matière de précipitation. Il existe 38 régions d'alerte en cas de crues.

L'OFEV exploite un système de prévision hydrologique qui lui permet d'établir des prévisions de crue et de donner l'alerte à temps. Ce système doit fournir des prévisions aussi fiables que possible tant pour les petits que pour les grands cours d'eau.

Fig. 18 : Lacs et cours d'eau pour lesquels l'OFEV publie des prévisions en matière de crues

état 2025



Les données de mesure hydrologiques jouent un rôle décisif pour les prévisions et les alertes en cas de crues. Pour utiliser les modèles hydrologiques à un niveau opérationnel, il faut que le flux des données fonctionne parfaitement et que les mesures à haute résolution temporelle soient disponibles en temps quasi réel.

- Les modèles hydrologiques servent de fondement aux prévisions de crue. Avant de les utiliser dans un cadre opérationnel, il faut les calibrer avec des données de mesure. La calibration et la vérification des modèles hydrologiques nécessitent des séries pluriannuelles de mesures.
- En cas de crue, le prévisionniste tient compte, en plus des modèles, des valeurs mesurées, ce qui lui permet de vérifier les résultats fournis par le modèle.
- Dans certains modèles de prévision, la mise en relation des résultats fournis par le modèle avec les valeurs mesurées permet de surcroît d'ajuster certains paramètres du modèle (réserve d'eau dans le sol et sous forme de neige, etc.).
- Les débits mesurés sont transmis aux stations de prévision en aval (routing), ce qui améliore la qualité des prévisions dans les grands bassins versants, où plusieurs stations en amont sont prises en considération.

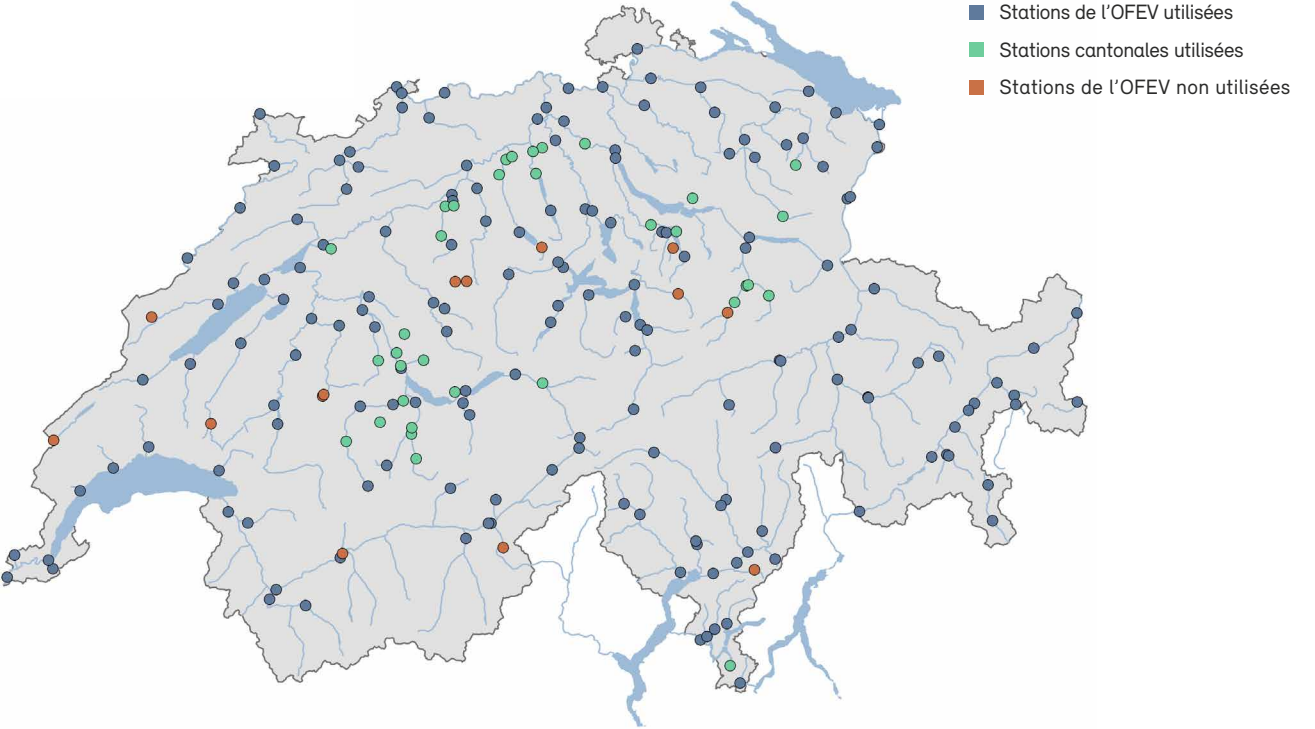
Lorsqu'il faut établir des alertes qui portent sur les trois à six prochaines heures, les données de débit en temps réel sont cruciales, car elles aident à évaluer correctement la situation. Il existe en outre un certain nombre de stations qui envoient directement des alertes (avis de crue), ce qui permet aux destinataires de prendre au besoin des mesures de protection contre les crues. Dans les deux cas, il est indispensable que les données de mesure soient mises à disposition rapidement et de manière fiable et qu'elles soient déjà utilisables sous forme de données brutes non vérifiées.

Pour pouvoir interpréter les données de mesure et faire des prévisions en cas de crue, il faut disposer des valeurs hydrologiques caractéristiques des crues (p. ex. les événements de

crue qui surviennent en moyenne tous les 30 ans [HQ30] ou tous les 100 ans [HQ100]) et définir les niveaux de danger. Pour définir les valeurs hydrologiques caractéristiques des crues, les séries doivent être le plus longues possible. Les séries de mesures disponibles étant souvent trop courtes pour contenir des événements de crue rares, il faut procéder à des extrapolations. Le domaine de l'extrapolation acceptable dépend de la longueur de l'échantillon, des caractéristiques du bassin, de l'intervalle de confiance, etc. Il ne peut pas être défini de manière générale. Une extrapolation jusqu'au double de la grandeur de l'échantillon peut souvent être considérée comme acceptable, par exemple 50 ans pour déterminer le HQ100 (OFEG, 2003).

Sur les 182 stations de mesure de débit du réseau de base, 168 sont utilisées pour la prévision des crues ; des stations cantonales sont aussi utilisées à titre complémentaire pour la prévision des crues (fig. 19).

Fig. 19: Utilisation des stations du réseau de base de la Confédération et des stations cantonales pour la prévision de crue
état 2025



Mandat	Exigence	Acteurs concernés/utilisateurs
Prévision et alerte en cas de crue	Les stations de mesure pour la prévision des crues doivent mettre à disposition des données hydrométriques pluriannuelles de qualité pour la calibration des modèles et le traitement statistique des valeurs mesurées. Pour la prévision proprement dite, les débits et les niveaux d'eau doivent être transmis rapidement (dans l'heure) et de manière fiable et être déjà utilisables sous forme de données brutes.	<div><div>• OFEV</div><div>• Autres offices fédéraux et CFF</div><div>• Cantons</div><div>• Services d'urgence</div><div>• Partenaires internationaux (centrales de prévision des crues Rhin)</div><div>• Particuliers (centrales hydroélectriques et navigation)</div><div>• Recherche</div><div>• Population</div><div>• Médias</div></div>
Avis de crue	L'alerte doit pouvoir être donnée directement, rapidement et de manière fiable à partir des stations sélectionnées.	

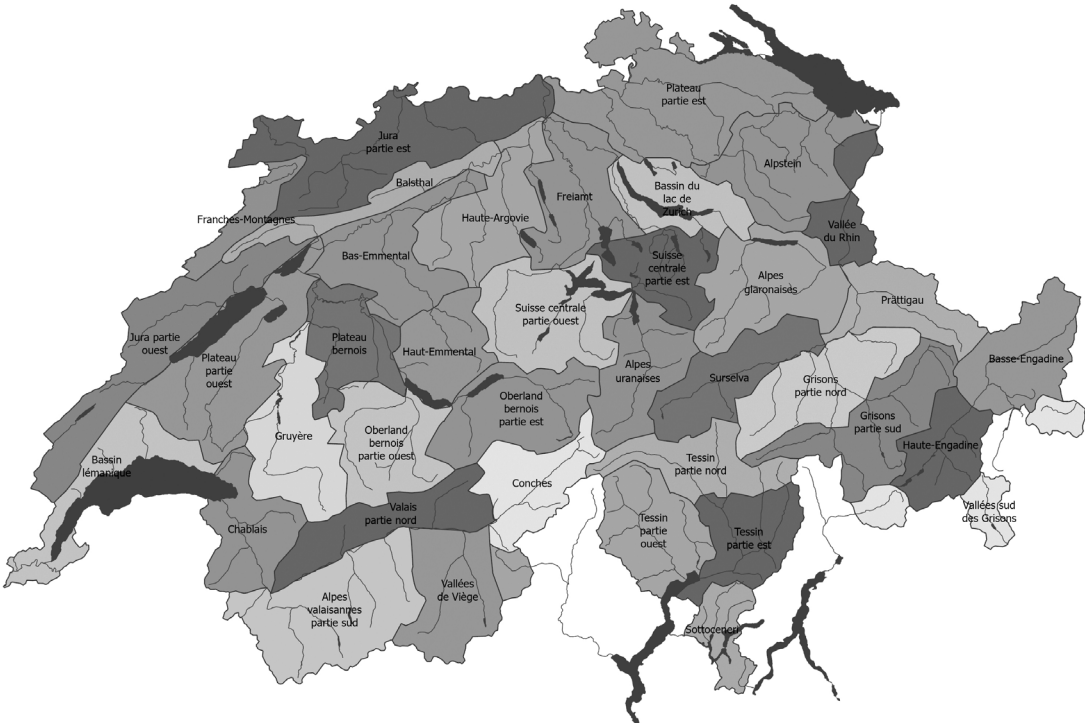
5.3 Information, prévision et alerte précoce en cas de sécheresse

L’OFEV a pour mandat légal d’alerter les autorités et la population en cas de sécheresse et de les informer sur la situation actuelle. En 2025, la Confédération a mis en service son système d’alerte et de détection précoce en matière de sécheresse. Ce système calcule des indicateurs de sécheresse et des prévisions de débit pour 38 régions, ce qui implique qu’il y ait des stations de mesure de débit représentatives dans chaque région (fig. 20).

En cas de forte sécheresse, il se peut que des interdic-
tions de prélèvement d’eau ou des restrictions d’utilisation
soient prononcées sur la base des mesures actuelles (p. ex.
interdiction de prélèvement d’eau pour l’irrigation des
terres agricoles). Il est important de disposer de longues
séries de mesures de qualité sur les épisodes d’étiage pour
déterminer des paramètres statistiques comme le Q347,
qui sert de base au calcul du débit résiduel et à l’octroi des
concessions pour l’utilisation de l’eau. En vertu de l’art. 4
LEaux, la détermination du Q347 doit s’appuyer sur une
période d’observation de dix ans. Comme les changements
climatiques entraîneront une augmentation des épisodes

Mandat	Exigence	Acteurs concernés/utilisateurs
Monitoring des étiages pour des analyses et pour la prévision/ l’alerte précoce	Des données hydrométriques pluriannuelles de qualité doivent être disponibles pour la calibration des modèles et la détermination des paramètres statistiques. Ces données doivent être actualisées chaque jour et mises à disposition pour les prévisions opérationnelles.	<ul style="list-style-type: none">• OFEV• Autres offices fédéraux et CFF• Cantons• Recherche• Particuliers (agriculture, production d’énergie, navigation)• Partenaires internationaux (navigation rhénane, production d’énergie)• Population• Médias

Fig. 20: Régions d’alerte utilisées pour les alertes régionales en cas de crue et par la plateforme nationale sur la sécheresse



d'étiage et de pénurie d'eau, les données de qualité sur les situations d'étiage auront une importance grandissante.

À nombreuses stations, les mesures effectuées en situation d'étiage sont peu précises, que ce soit en raison de la trop faible profondeur de l'eau, de la trop faible vitesse d'écoulement ou du manque d'informations exactes sur la section d'écoulement. Il peut donc être nécessaire d'adapter la station pour pouvoir déterminer le débit avec précision (p. ex. construction d'un chenal d'étiage, fig. 21).

5.4 Base de données sur les lacs et pour la régulation des lacs

Le niveau d'un lac est un paramètre important pour traiter les questions écologiques et limnimétriques. Ces données revêtent en outre une importance grandissante dans un contexte où le risque de sécheresse augmente et où les lacs se réchauffent par suite des changements climatiques. Les observations faites sur petits lacs (p. ex. Hallwil, Ägeri ou les lacs de l'Engadine) peuvent aussi fournir des résultats instructifs.

Les données sur les niveaux des lacs constituent aussi une base importante pour la régulation de ces derniers et la prévision des niveaux d'eau. En plus des limnimètres lacustres, il faut, pour la régulation, des stations de mesure sur les affluents et les effluents des lacs. Certaines régulations sont aussi importantes pour la protection contre les crues dans des lieux situés en aval du lac ; pour cela d'autres stations sont aussi importantes, comme celles

d'Emme – Emmenmatt ou d'Aare – Murgenthal, en aval du lac de Bienne. Les stations sur l'effluent du lac servent aussi à contrôler le respect des prescriptions relatives à la régulation (annexe 6).

5.5 Mise à disposition de bases de données pour la gestion de l'eau, la protection contre les crues et la recherche

Si l'on veut pouvoir utiliser durablement les ressources hydriques et les eaux, il faut connaître les quantités d'eau disponibles aujourd'hui et à l'avenir. Si l'on veut se protéger contre les dangers liés à l'eau, il faut pouvoir estimer les débits de crue possibles et la probabilité de leur survenue. La recherche, pour sa part, souhaite mieux comprendre les processus hydrologiques, limnimétriques et écologiques et développer des méthodes pour la gestion des eaux et la protection contre les crues. Dans les trois situations, les utilisateurs ont besoin de longues séries temporelles d'observations homogènes et si possible sans lacune sur les débits et les niveaux d'eau afin de pouvoir assurer les tâches suivantes.

- Déterminer des paramètres statistiques pour la gestion des eaux, par exemple comme base pour l'octroi de concession ou le dimensionnement d'installations hydrauliques.
- Déterminer des paramètres statistiques pour la protection contre les crues, par exemple comme base pour le dimensionnement de mesures de protection contre les crues et de projets d'aménagement des cours d'eau.
- Développer des méthodes d'estimation des paramètres statistiques et des valeurs de dimensionnement dans des bassins non mesurés.

Mandat	Exigence	Acteurs concernés/utilisateurs
Mettre à disposition des bases pour les régulations des lacs.	Des données hydrométriques pluriannuelles de qualité sur les lacs d'intérêt international et suprarégional et leurs principaux affluents et effluents sont disponibles. Il existe des données de mesure de qualité suffisante, en particulier sur les effluents des lacs. Ces données sont mises à disposition rapidement et de manière fiable (transmission des données) pour la commande des écluses et des barrages ; la redondance est assurée.	<ul style="list-style-type: none"> • OFEV • Cantons • Particuliers (navigation) • Partenaires internationaux
Mettre à disposition des bases pour la recherche.	Des données de qualité sur le niveau de près de 20 lacs sont transmises systématiquement au Système mondial d'observation du climat (SMOC). Il existe des séries de données pluriannuelles de qualité sur le niveau d'eau des lacs de grande taille et des lacs à différentes altitudes.	<ul style="list-style-type: none"> • OFEV • Autres offices fédéraux et CFF • Cantons • Recherche • Particuliers • Partenaires internationaux

- Développer, calibrer et valider des modèles hydrologiques.
- Évaluer les effets des changements climatiques et d'autres influences anthropiques sur les ressources en eau (analyse de tendance, calcul de scénarios hydrologiques futurs).
- Améliorer la compréhension des processus hydrologiques, limnimétriques et écologiques et d'autres questions de recherche.

La longueur minimale des séries de mesures varie en fonction du groupe de tâches. Pour les analyses dans le domaine des changements climatiques et de la protection contre les crues, les séries devraient être les plus longues possible. Elles devraient porter sur au moins 50 ans pour permettre de déterminer le HQ100 (OFEV, 2003) et sur des périodes encore plus longues pour les questions liées aux changements climatiques. Pour l'octroi de concession, la série de mesures doit porter sur dix ans. Pour d'autres tâches comme la calibration des

modèles hydrologiques ou l'amélioration de la compréhension d'un processus, des séries de mesures plus courtes peuvent aussi être de grande valeur. Le point déterminant à cet égard est que la série de mesures couvre une fourchette de débits aussi large que possible (des situations d'étiage aux crues), ce qui est nettement plus probable lorsque la série est longue.

Si l'on veut disposer de séries d'observations pluriannuelles homogènes et sans lacune, les stations de mesure doivent être exploitées et entretenues de manière continue sur le long terme, le flux des données doit constamment être assuré et le traitement des données doit faire en permanence l'objet d'une démarche qualité. Ces séries d'observations doivent en outre être représentatives en ce qui concerne :

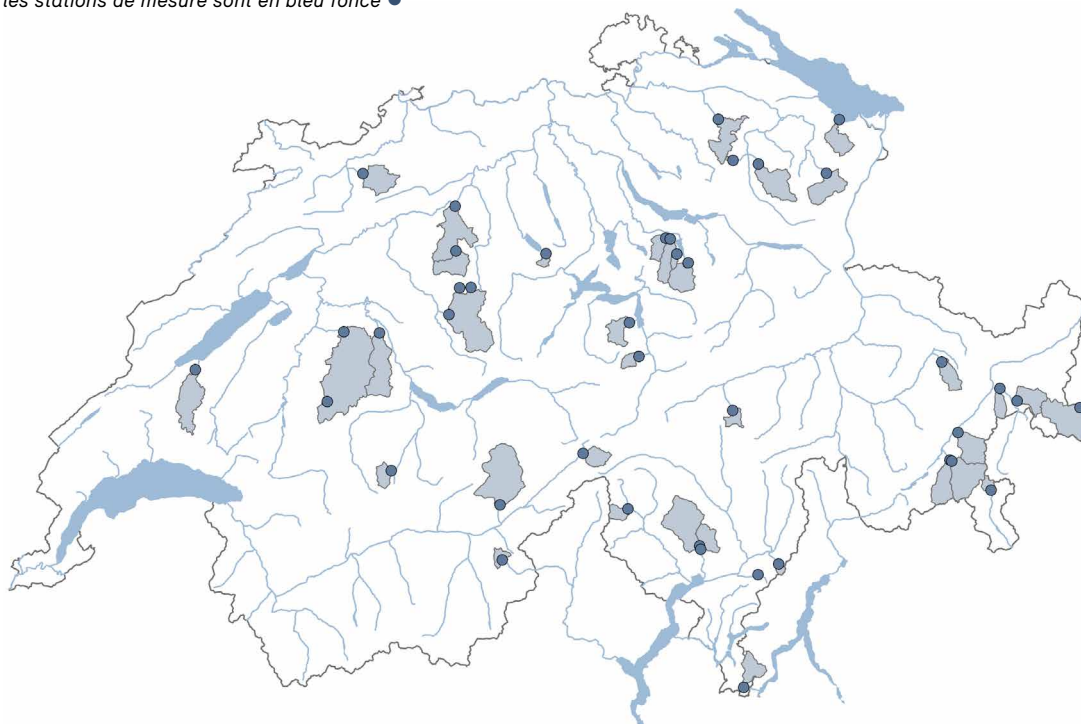
- les zones climatiques,
- les types de régime d'écoulement,
- les altitudes,

Fig. 21 : Chenal d'étiage à la station de l'OFEV Breggia – Chiasso, Ponte di Polenta



Fig. 22: Bassins de recherches hydrologiques de la Suisse

les stations de mesure sont en bleu foncé ●



Mandat	Exigence	Acteurs concernés/utilisateurs
Mettre à disposition des bases de données pour la gestion des eaux.	Des données hydrométriques pluriannuelles de qualité sont à disposition.	<ul style="list-style-type: none"> • OFEV • Autres offices fédéraux et CFF • Cantons • Recherche • Particuliers • Partenaires internationaux
Mettre à disposition des bases pour la protection contre les crues (mesure, estimation).	Il faut s'efforcer de disposer de données pluriannuelles de qualité pour si possible toutes les stations de mesure peu influencées (HUG, autres petits bassins versants) et mettre à la disposition des statistiques des valeurs extrêmes solides déduites de ces données.	<ul style="list-style-type: none"> • OFEV • Autres offices fédéraux et CFF • Cantons • Recherche
Mettre à disposition des bases pour la recherche.	<p>Représentativité: il existe pour chaque régime selon HADES 6.2 au moins un bassin de recherches hydrologiques (HUG) ou un petit bassin versant qui fait l'objet de mesures hydrométriques. Les stations de mesure dans les petits bassins versants proches de l'état naturel en général et les bassins versants partiellement recouverts de glaciers en particulier doivent être si possible conservées.</p> <p>Des données de mesure représentatives sont mises à disposition pour les bassins versants qui présentent des conditions écologiques et topographiques particulières (s'agissant p. ex. de la géologie ou de l'utilisation du sol) et qui ne sont pas intégrés dans les HUG.</p> <p>Longues séries de mesures: il existe des séries pluriannuelles de données homogènes et de qualité comme «input» pour la modélisation hydrologique (calibration des modèles, bases pour la recherche); dans l'idéal, ces données sont en relation avec des valeurs de mesure représentatives provenant des réseaux de mesures météorologiques (précipitations, température, vent, rayonnement, couverture nuageuse).</p> <p>Des longues séries temporelles de qualité sur les niveaux des lacs à différentes altitudes sont mises à disposition pour étudier les questions écologiques et limnimétriques.</p> <p>Il existe des longues séries temporelles de qualité pour les bassins versants soumis à des influences anthropiques.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Recherche • Particuliers • Partenaires internationaux

- les tailles des bassins versants,
- les caractéristiques des bassins telles que la géologie, les sols et l'utilisation du sol

C'est le cas, à l'échelle de la Suisse, des stations de mesure de débit sélectionnées pour le programme des bassins de recherches hydrologiques (HUG) (fig. 22). Systématiquement développé depuis 1957, le réseau de mesure des HUG comprend aujourd'hui 41 bassins versants aussi proches que possible de l'état naturel, sur lesquels il existe des informations complémentaires bien validées. Le programme des HUG s'efforce d'être représentatif de tous les types de régime d'écoulement existant en Suisse. Cet objectif ne peut être réalisé dans les régions où la force hydraulique est utilisée de manière intensive, comme en Valais ou dans certaines parties des Grisons, car presque tous les bassins versants y subissent des influences anthropiques.

Pour la recherche, il est cependant aussi intéressant de disposer de mesures sur le long terme réalisées à des endroits influencés par les activités humaines, par exemple pour observer les modifications des variations de débit dues aux éclusées au fil du temps.

En outre, les valeurs de mesure et les prévisions actuelles peuvent être utiles pour gérer l'exploitation d'installations

hydrauliques (avant tout les centrales au fil de l'eau) ou pour prononcer des restrictions d'utilisation au niveau cantonal, notamment en cas de sécheresse. La navigation a aussi besoin de données et de prévisions actuelles sur les niveaux d'eau, en particulier pour le Rhin à Bâle, mais également pour d'autres tronçons de cours d'eau et les lacs avec des bateaux en service régulier.

5.6 Données sur le débit comme base pour l'évaluation de la qualité de l'eau

La qualité de l'eau est relevée en Suisse au moyen de différents programmes de mesure dans le cadre de l'« Observation nationale de la qualité des eaux de surface » (NAWA). Le débit joue dans de nombreux cas un rôle déterminant lors du relevé et de la surveillance de la qualité des eaux. Ainsi, pour calculer le flux des substances ayant un impact sur la qualité de l'eau, il faut disposer de données sur le débit relevées simultanément à proximité des stations de mesure de la qualité de l'eau. Ces données sont en outre nécessaires pour effectuer un échantillonnage proportionnel au débit, qui constitue la deuxième base du calcul du flux des substances. De manière générale, le flux de substances permet de contrôler l'efficacité des mesures et en particulier le respect des conventions internationales (p. ex. le flux de nitrates à Bâle, traduisant la concentration

Fig. 23a: Stations de mesure de la « Surveillance nationale continue des flux de substances dans des cours d'eau suisses » (NAWA FRACHT)

NAWA TREND état 2023

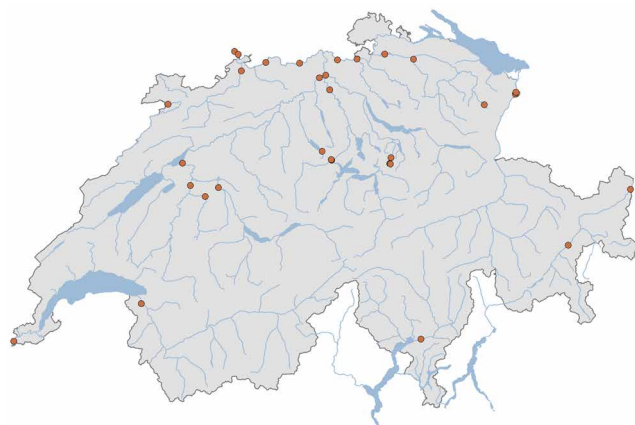
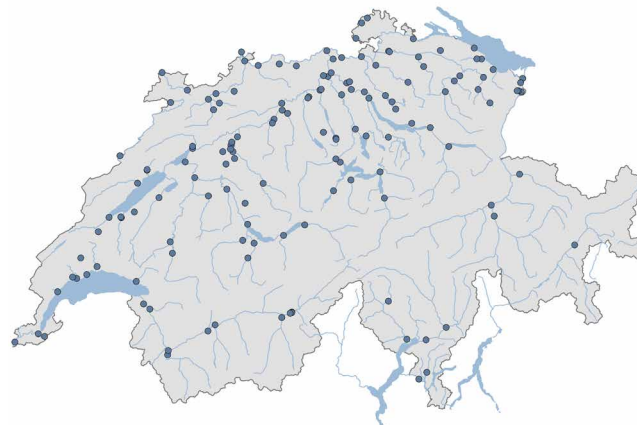


Fig. 23b: Stations de mesure de l'« Observation nationale de la qualité des eaux de surface » (NAWA TREND)

NAWA TREND, Stand 2024.



de la substance qui s'écoule dans le Rhin). Les données de débit sont aussi indispensables pour interpréter les résultats des relevés physico-chimiques et biologiques. Elles renseignent aussi sur les variations du débit engendrées par exemple par l'utilisation de la force hydraulique ou sur d'autres influences. S'agissant des lacs, le niveau revêt une grande importance pour l'évaluation de la qualité de l'eau et l'étude des questions écologiques. En raison de ces relations étroites, la présente stratégie présente brièvement les stations de mesure du débit et du niveau d'eau des modules d'observation NAWA TREND (observation de longue durée des substances dans l'eau) et NAWA FRACHT (surveillance continue des flux de substances) et les réseaux d'observation de la température et des transports des sédiments.

NAWA TREND et NAWA FRACHT

Dans le programme d'observation NAWA FRACHT (anciennement Surveillance nationale continue des cours d'eau [NADUF]), le flux de substances est surveillé en continu à 20 stations du réseau de base et à trois stations du WSL (état 2023, fig. 23, à gauche). Dans le programme NAWA TREND, la concentration de substances est mesurée, en coopération avec les cantons, à 145 stations (état 2024, fig. 23, à droite). En plus du suivi de l'évolution de substances présentes dans l'eau (p.ex. les nutriments et les micropolluants), ces mesures servent aussi à évaluer l'efficacité des mesures de protection des eaux. Les analyses de la qualité des eaux se concentrent donc sur les modifications à long terme et moins sur les variations saisonnières.

La plupart des stations du programme NAWA FRACHT mesurent également le débit. Lorsque c'est possible, l'infrastructure du réseau de base est utilisée pour l'échantillonnage. À deux stations du programme NAWA FRACHT, le débit n'est pas mesuré mais est calculé à partir des mesures effectuées à des stations quelque peu plus éloignées. Les stations NAWA FRACHT mesurent aussi en continu la température de l'eau, la conductivité électrique, l'oxygène dissous et le pH.

Lors de sa mise en service en 2011, le réseau d'observation NAWA TREND comprenait 111 stations de mesure (OFEV, 2013). Complété au cours des années suivantes, il en comptait 145 en 2024. À 80 stations NAWA TREND, il y a une station de mesure de débit de la Confédération sur le même emplacement ou à proximité, ce qui fait que les données de débit

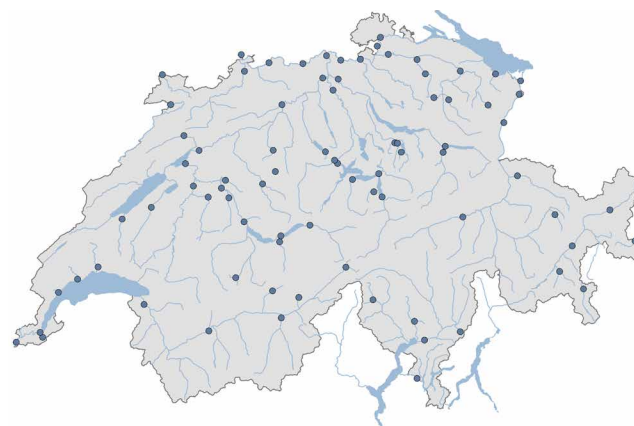
sont représentatives ou que l'on peut estimer les débits à l'aide des données de plusieurs stations fédérales. Aux stations NAWA TREND restantes, les cantons sont tenus de mesurer eux-mêmes les débits (stations hydrométriques cantonales) ou de les estimer. À quelques stations NAWA TREND situées sur des très petits cours d'eau, les cantons doivent mesurer seulement le niveau d'eau. À l'heure actuelle, les données de débit dans le programme NAWA TREND sont gérées sous forme de moyennes journalières (échantillons ponctuels) ou de moyennes sur la durée de l'échantillonnage (échantillons relevés en continu). Il se peut qu'il soit aussi nécessaire à l'avenir de disposer de données à haute résolution temporelle sur le débit et le niveau d'eau pour des évaluations, par exemple pour étudier les voies de diffusion de pesticides. Le cas échéant, les séries temporelles à haute résolution provenant des stations hydrométriques cantonales devraient aussi être mises à la disposition de l'OFEV.

Température de l'eau

La température de l'eau est un facteur clé qui renseigne sur l'état d'une eau de surface. Tous les processus métaboliques, l'évolution et la composition des biocénoses sont influencés par la température. La capacité de survie et l'activité des organismes aquatiques sont déterminées par des limites et optima de température. La connaissance de la dynamique des températures est donc essentielle pour l'interprétation de l'état biologique d'un cours d'eau. La température de l'eau est grandement influencée par la dynamique d'écoulement (p.ex. en situation d'étiage ou en cas d'orage). Les

Fig.24 : Stations de mesure de la température de l'eau (état 2022).

Les stations avec des données en ligne figurent sur le portail Données et prévisions hydrologiques.



informations sur le débit du cours d'eau sont donc nécessaires pour apprécier la qualité des données sur la température. En outre, en combinant les données sur ces deux paramètres (température et débit), on peut calculer les bilans thermiques. Dans le cadre du développement de la plateforme nationale sur la sécheresse, il est prévu d'aussi calculer à l'avenir des prévisions sur la température de l'eau, ce qui nécessitera de disposer de données sur la température de l'eau et sur le débit en temps réel.

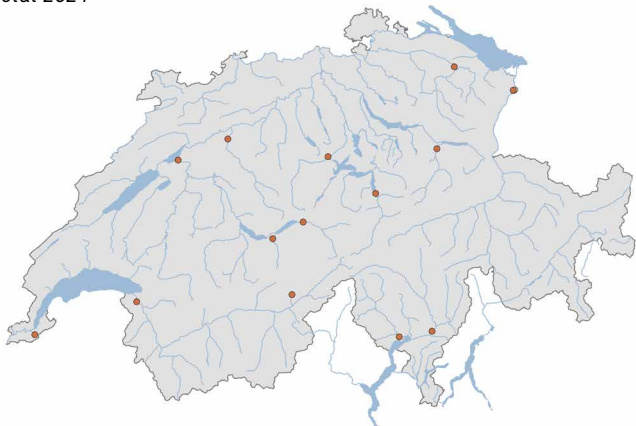
En général, le débit et la température de l'eau sont mesurés à la même station (fig. 24). Là où ce n'est pas possible – par exemple en raison d'un brassage inapproprié à la station de mesure de débit – la température est mesurée à un autre emplacement à proximité. C'est le cas des stations Ticino – Bellinzona (débit) et Ticino – Riazzino (température) ainsi que Rhone – Gletsch (débit) et Rhone – Oberwald (température). Le débit n'est pas mesuré à quatre stations de mesure de la température.

Sédiments

Le transport par charriage est un transport sur le fond du lit qui entraîne les matériaux les plus grossiers, des sables jusqu'aux blocs. Le transport en suspension concerne les particules fines telles que les argiles et les limons et parfois le sable. L'OFEV exploite un système de suivi du transport de matières solides par les cours d'eau suisses.

Les concentrations des matières en suspension sont relevées deux fois par semaine par échantillonnage à 14 stations (fig. 25). Pour pouvoir interpoler ces concentrations, les stations mesurent aussi la turbidité en continu. Les flux des matières en suspension sont ensuite calculés en combinant concentration, turbidité et débit. Comme la connaissance des flux des matières en suspension sert de base à l'établissement du bilan des flux de polluants liés à des particules, elle est importante pour comprendre le déplacement et les processus de transport de ce type de polluants. Le suivi du transport des matières en suspension est également important pour les questions écologiques (p. ex. les frayères pour les poissons) et (éco)toxicologiques ainsi que pour les questions économiques/

Fig. 25 : Réseau de mesure des matières en suspension et de la turbidité de la Confédération
état 2024



Mandat	Exigence	Acteurs concernés/utilisateurs
Relevé et surveillance de la qualité des eaux.	Des données de débit de qualité sont à disposition aux stations NAWA FRACHT et NAWA TREND pour calculer les flux. Ces données sont disponibles sur place rapidement et de manière fiable (transmission des données) pour pouvoir effectuer un échantillonnage proportionnel au débit. Des données de débit fiables sont mises à disposition aux stations de mesure de la température pour l'interprétation et l'appréciation de l'exactitude des données sur la température. Les mesures des niveaux des lacs sont mises à disposition pour le relevé d'autres paramètres (p. ex. la température des eaux superficielles et des eaux en profondeur, la turbidité, etc.). Des données de débit fiables relevées à proximité immédiate de l'échantillonnage doivent absolument être disponibles pour déterminer les flux des matières en suspension.	<ul style="list-style-type: none">• OFEV• Autres offices fédéraux et CFF• Cantons• Recherche• Particuliers• Partenaires internationaux
Suivi des températures de l'eau pour les analyses et les prévisions/alertes précoces.	Des séries de données de débit pluriannuelles de qualité sont mises à disposition pour des stations sélectionnées pour calibrer les modèles de prévision de la température de l'eau. Ces données doivent être disponibles en temps réel pour les prévisions.	<ul style="list-style-type: none">• OFEV• Cantons• Particuliers (pêche)

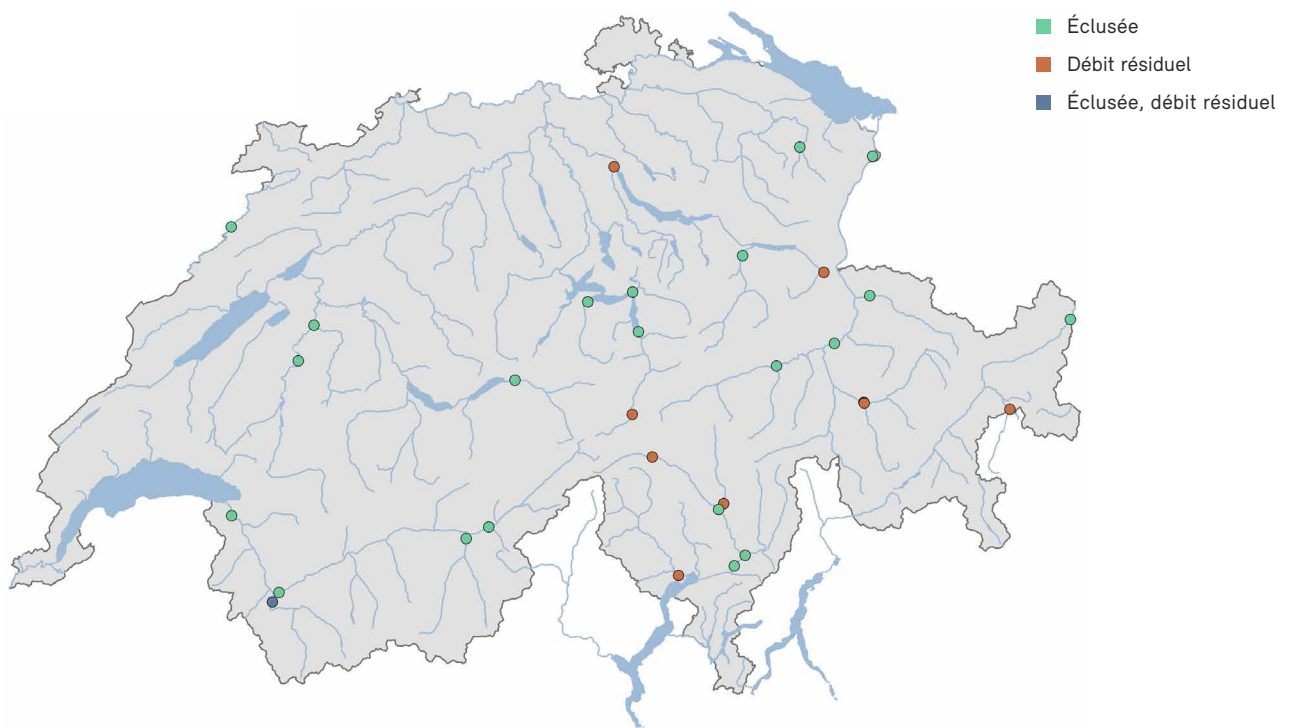
techniques (p.ex. pour la navigation, l'érosion et la perte de sol, le colmatage du fond du lit ou la formation de delta).

Les flux de matériaux charriés sont relevés dans 104 ouvrages de retenue cantonaux à intervalles espacés (une seule mesure sur plusieurs années à plusieurs mesures par an). En général, il n'existe pas de données sur le débit pour ces stations, ce qui rend l'interprétation des données de charriage très difficile. Il serait donc souhaitable que le débit soit relevé à certaines stations sélectionnées, en collaboration avec les cantons.

5.7 Surveillance de la compatibilité environnementale de l'utilisation (exécution, protection des eaux)

En vertu de la LEaux, il faut prouver à l'autorité compétente que chaque utilisation des eaux est compatible avec l'environnement. Cette preuve exige souvent de procéder à des mesures (p.ex. pour le respect du débit résiduel). Dans ce contexte, la Confédération n'est pas obligée d'effectuer des mesures de débit, par exemple pour des sociétés hydroélectriques, mais elle est tenue de fournir des bases et d'élaborer des méthodes qui permettent de prouver la compatibilité environnementale de l'utilisation.

Fig. 26 : Stations appropriées pour l'élaboration de méthodes dans le domaine des éclusées et du débit résiduel
état 2018



Mandat	Exigence	Acteurs concernés/utilisateurs
Surveiller la pérennité de la compatibilité environnementale de l'utilisation.	Des données hydrométriques pluriannuelles de qualité sont mises à la disposition des stations de mesure d'intérêt national.	<div><div>• OFEV</div><div>• Autres offices fédéraux et CFF</div><div>• Cantons</div><div>• Recherche</div><div>• Autres autorités d'exécution</div></div>

La présente stratégie indique les stations qui pourraient convenir pour l'élaboration de méthodes dans le domaine des éclusées et du débit résiduel (fig. 26). Il s'agit en premier lieu de bassins versants où l'exploitation de la force hydraulique est importante (p.ex. la station Aare – Brienzwiler).

5.8 Respect des engagements internationaux

La gestion transfrontière des eaux est régie par des traités internationaux conclus entre États voisins. Ces traités peuvent avoir pour effet concret que certaines stations de mesure ne peuvent pas être supprimées et que certaines prestations doivent être maintenues. Le tableau

5 indique les stations dont l'exploitation est régie par ce type de conventions. Les stations qui font encore partie du réseau de base alors qu'elles ne mesurent pas le débit sont celles qui se trouvent sur des cours d'eau frontaliers et qui, partant, sont souvent exploitées uniquement en raison d'engagements internationaux.

La Suisse fournit des données de mesures à différentes institutions internationales comme le Global Runoff Data Center (GRDC) et le Système mondial d'observation du climat (SMOC), qui coordonnent l'observation du climat à l'échelle mondiale. Les longues séries de mesures homogènes sont cruciales pour surveiller les modifications dues aux changements climatiques et répondre aux questions importantes

Tab. 5 : Stations dont l'exploitation est soumise à des obligations internationales

Coopération avec...	Bassin versant	Stations concernées
Allemagne, France	Rhin	Rhein – Basel, Rheinhalle Rhein – Basel, Klingenthalfähre (uniquement niveau d'eau)
Principauté de Liechtenstein	Rhin	Liechtensteiner Binnenkanal – Ruggell
Autriche	Rhin alpin	Rhein – Diepoldsau, Rietbrücke
France	Doubs	Doubs – Sortie du lac des Brenets ¹ Doubs – Combe des Sarrasins (uniquement niveau d'eau) Doubs – Le Noirmont
Italie	Tessin	Maggia – Locarno, Solduno
Italie	Adda	Derivazione Alto Spöl – San Giacomo di Fraéle

¹ Le débit est calculé à partir du niveau d'eau de la station Les Brenets. La station Sortie du lac des Brenets n'a plus d'installation de mesure du niveau d'eau.

Mandat	Exigence	Acteurs concernés/utilisateurs
Respecter les engagements internationaux.	<ul style="list-style-type: none"> Des séries de données pluriannuelles de qualité sont établies aux stations de mesure qui font l'objet d'un traité. Les données sur le débit et le niveau du haut Rhin sont importantes pour la navigation rhénane et pour d'autres questions relatives à la gestion de l'eau pour les pays situés en aval et doivent donc être mises à disposition rapidement et de manière fiable (transmission des données). La densité du réseau et la qualité des mesures remplissent les exigences minimales de l'OMM. Les données sur la température de l'eau, les niveaux et les débits destinées au SMOC/GRDC et à l'AEE sont disponibles; il est à cet égard très important de disposer de longues séries temporelles. Débit pour le calcul du flux de substances et l'échantillonnage proportionnel au débit (p.ex. le flux d'azote total à Bâle). 	<ul style="list-style-type: none"> OFEV Autres offices fédéraux et CFF Recherche Partenaires internationaux

sur le climat et doivent continuer à être établies. La Suisse fournit également des données à l'Agence européenne pour l'environnement (AEE).

- Les données de débit de 75 cours d'eau provenant du réseau de base sont actuellement fournies au SMOC et au GRDC.
- Pour l'heure, les données sur le niveau d'eau de 11 lacs et sur le débit de 74 cours d'eau provenant du réseau de base sont fournies à l'AEE. L'OMM a défini des directives internationales pour le relevé des variables physiques (comme le débit et le niveau d'eau) (WMO, 2025a) en vue de parvenir à une couverture globale représentative (WMO, 2025b) et optimiser les modèles globaux.

Pour faciliter la coopération internationale, l'OMM a adopté une série de résolutions (40 [Cg-XII], 25 [Cg-XIII] et 60 [Cg-17]) qui obligent ses membres à garantir un accès et un échange libres et sans restriction en ce qui concerne les données, les informations, les produits et les services destinés à assurer la sécurité et la prospérité économique de la société et la protection de l'environnement. Ces conditions générales s'appliquent aussi aux données relevées par le réseau de base et aux produits qui en découlent.

Désirant souligner l'importance des longues séries temporelles de données pour l'évaluation des variations et des changements climatiques, l'OMM a mis en place un mécanisme qui distingue les stations de mesure centenaires. Ces distinctions visent à promouvoir les standards d'observation durables et les procédures éprouvées qui facilitent l'établissement de séries chronologiques de grande valeur. À ce jour, l'OMM a octroyé le statut de station centenaire à six stations de mesure de débit du réseau de base (Sitter – Appenzell, Thur – Andelfingen, Simme – Oberwil, Lütschine – Gsteig, Gürbe – Belp, Birs – Münchenstein) et à deux stations limnimétriques lacustres (Walensee – Murg, Bodensee [Untersee] – Berlingen).

6 Exigences découlant des domaines d'application

Dans le processus d'étude continue des besoins de l'OMM, les exigences posées aux données de mesure sont exprimées suivant six critères : l'incertitude (uncertainty), la résolution horizontale/la couverture spatiale (horizontal resolution), la résolution verticale (vertical resolution; concerne en premier lieu les mesures atmosphériques, sans importance pour l'hydrologie), la fréquence d'observation (observing cycle), le délai de mise à disposition après la mesure (timeliness) et la stabilité temporelle (stability [where appropriate]). Ces critères de qualité ont été adaptés comme suit pour la présente stratégie.

- La précision de la mesure du niveau d'eau pour les trois principales gammes de débit : le débit d'étiage (NQ), le débit moyen (MQ) et le débit de crue (HQ) pour les cours d'eau et les lacs.
- La précision de la détermination du débit pour les principales gammes de débit (NQ, MQ et HQ) pour les cours d'eau.
- La résolution temporelle des mesures du niveau d'eau en continu sur les cours d'eau et les lacs et des débits qui en sont déduits.
- Le délai de mise à disposition des données brutes après la mesure (pour les mesures automatiques) et le délai de mise à disposition des données validées.
- La durée de panne maximale et la redondance spatiale nécessaire (station en amont/en aval).
- La couverture spatiale : les eaux et les sites importants et la densité minimale du réseau.
- Les stations clés : les stations indispensables pour remplir les exigences d'un domaine d'application (p.ex. les stations frontalières pour le respect des engagements internationaux).
- La continuité et l'homogénéité de la série temporelle (longueur des séries de mesures).
- L'influence sur le débit à la station : l'importance que l'influence anthropique sur les débits des stations a pour le domaine d'application respectif.
- Le traitement des données : le niveau de traitement des données requis (données brutes, données précontrôlées, données vérifiées, données validées, données agrégées/statistiques comme les minima et maxima annuels, statistiques des crues ou des étiages, etc.) (cf. chap. 7.3).

Pour chacun de ces critères, trois valeurs sont déterminées : le « seuil » est l'exigence minimale à satisfaire pour que les données soient utiles. Le « but » est une exigence idéale, au-delà de laquelle aucune amélioration supplémentaire n'est nécessaire. L'« avancée décisive » est un niveau intermédiaire entre le « seuil » et le « but » qui, s'il est atteint, se traduit par une nette amélioration de l'application visée. Lorsqu'on planifie ou développe un réseau de mesure, le niveau de l'avancée décisive peut être considéré comme celui qui offre le meilleur rapport coût-bénéfice.

6.1 Précision des mesures et qualité des données

La précision des mesures exigée n'est pas la même pour tous les domaines d'application et pour toutes les gammes de débit. On n'a par exemple pas besoin de données de la plus haute qualité sur les crues pour établir un bilan hydrique sur une base mensuelle. Inversement, des données de qualité très modeste sur l'étiage suffisent lorsqu'on veut faire des prévisions de crue. La qualité des données exigée pour un domaine d'application s'applique à toutes les stations utilisées pour ce domaine. Si une station est utilisée pour plusieurs domaines d'application, c'est le niveau de qualité le plus élevé dans les gammes de débit fixées (NQ, MQ et HQ) qui est déterminant.

Il n'existe souvent pas de bases scientifiques pour chiffrer avec précision l'exactitude requise pour un domaine d'application. À cet égard, des analyses de sensibilité pourraient par exemple être utiles. Cette situation explique pourquoi la précision requise est souvent indiquée seulement par un niveau de qualité (p.ex. qualité élevée ou moyenne) et non par une valeur chiffrée (en valeur absolue ou en %) dans les tableaux qui présentent les exigences de chaque domaine d'application.

À cela s'ajoute le fait qu'il est difficile d'indiquer la qualité effective des données sur le niveau d'eau (ou hauteur [H]) et le débit (Q) relevées à une station pour toutes les gammes de

débit. On connaît certes la précision indiquée par le fabricant de l'appareil de mesure utilisé, mais elle correspond à des conditions de laboratoire et ne peut pas être mise sur le même niveau que celle des mesures in situ. Le tableau 6 présente les directives générales de l'OFEV concernant les critères de qualité.

Les recommandations de l'OMM concernant l'exactitude de la mesure du niveau d'eau sont de ± 10 mm (intervalle de confiance [IC] de 95 %) dans des conditions normales et de ± 20 mm (IC 95 %) dans des conditions difficiles ; pour la mesure du débit dans le chenal, l'OMM recommande une exactitude de 5 % (IC 95 %) dans des conditions normales et de 10 % (IC 95 %) dans des conditions difficiles (WMO, 2008 (updated in 2020)). Selon l'OFEV, les recommandations de l'OMM ne sont pas universellement applicables. Ainsi, mesurer le niveau d'eau avec une précision de ± 20 mm dans un torrent en crue n'est par exemple pas possible sur le plan hydraulique.

Au cours de l'établissement de la présente stratégie, des spécialistes qui utilisent des données de débit dans les

différents domaines d'application ont été invités à remplir le tableau 6 ci-dessous et à définir leurs exigences de qualité en matière de données. À cette occasion, il est apparu que la plupart des personnes contactées n'ont pas pu indiquer des exigences quantitatives concernant la précision des mesures de débit et du niveau d'eau. Il semble que bon nombre d'utilisateurs ne réfléchissent pas à la question de la qualité des données ou partent de l'idée que les données sont exactes (p. ex. 2 à 5 % d'erreur dans les séries de débit). Dans ce contexte, il est souvent arrivé que la précision d'une mesure isolée dans le chenal mentionnée dans la littérature scientifique soit reportée à celle de toute la série de débit. Les personnes interrogées n'ont donc pas tenu compte des erreurs résultant des erreurs liées au niveau d'eau et à la relation hauteur-débit (relation H-Q). Une brève étude de la littérature scientifique sur le sujet n'a pas non plus permis de trouver des exigences quantitatives en ce qui concerne la précision des données de débit, excepté les recommandations de l'OMM en la matière. Les exigences collectées pour les différents domaines d'application figurent dans les tableaux 14 à 21, à l'annexe 2.

Tab. 6 : Directives générales de l'OFEV concernant les critères de qualité pour le niveau d'eau et le débit

Les termes « optimal », « réel » et « seuil minimum » correspondent à peu près à la nomenclature « but », « avancée décisive » et « seuil » de l'OMM. Ces valeurs peuvent ponctuellement s'écarter dans les deux directions.

Critères de qualité pour le niveau d'eau	Étiages	Eaux moyennes	Crues
Niveau d'eau lacs (réel)	± 2 cm	± 2 cm	± 2 cm
Niveau d'eau lacs (seuil minimum, vent, vagues)	± 5 cm	± 5 cm	± 5 cm
Niveau d'eau cours d'eau (réel)	± 2 cm	± 2 cm	± 10 cm
Niveau d'eau cours d'eau (seuil minimum)	± 2 cm	± 5 cm	± 20 cm
Résolution du limnimètre	2-5 mm	2-5 mm	2-5 mm
Critères de qualité pour le débit			
Débit (optimal)	± 5 %	± 2 %	± 10 %
Débit (réel)	± 10 %	± 5 %	± 20 %
Débit (seuil minimum)	± 30 %	± 10 %	$\pm 30-50$ %
Échelle temporelle			
Résolution temporelle	5 min.	5 min.	5 min.
Délai de mise à disposition après l'achèvement de la mesure	1 h	0,5 h	10 min
Dépannage			
Temps d'intervention avec accès à distance	Quelques heures	Quelques heures	Quelques heures
Temps d'intervention s'il faut se rendre à la station	Quelques jours	Quelques jours	Quelques heures
Installation d'une station de remplacement	Quelques jours	Quelques jours	Quelques jours

Les ressources étant limitées, il est important que la répartition des moyens tienne compte du fait que les exigences de qualité ne sont pas partout identiques dans l'ensemble du réseau. Aux stations n'exigeant pas une qualité de données élevée pour les situations d'étiage ou de crue, il est par exemple possible de réduire sensiblement les coûts de la mesure de débit dans le chenal en diminuant la fréquence des visites à la station par les responsables. En revanche, lorsque la qualité des mesures dans une gamme de débit donnée ne correspond pas aux exigences élevées définies pour une station, il faut essayer de l'améliorer, par exemple en modifiant l'aménagement de la station (p. ex. construction d'un seuil ou d'un chenal d'étiage, cf. fig. 27), en augmentant la fréquence des mesures de débit dans le chenal, en recourant à des modélisations hydrauliques ou en utilisant d'autres appareils et méthodes de mesure.

En raison des mesures de protection contre les crues et de protection des eaux qui seront prises ces prochaines années (revitalisations et connectivité longitudinale des cours d'eau), un nombre croissant de stations vont être transformées et les déversoirs aménagés dans les sections de mesure qui empêchent la migration des poissons seront supprimés, ce qui risque de diminuer la qualité des mesures du niveau d'eau et de la détermination du débit.

Le réseau de mesure étant conçu à long terme, la gestion de la qualité doit garantir que les données resteront comparables dans la durée, ce qui a des implications tant pour leur relevé que pour leur gestion. Le système de gestion de la qualité doit définir quelles bases de données doivent être saisies et archivées, depuis les données brutes jusqu'aux données validées, en passant

Fig. 27: Dans le chenal d'étiage, la largeur du chenal est réduite afin d'augmenter la sensibilité de la mesure du niveau d'eau comme ici à la station Grossbach – Einsiedeln. Cette solution permet d'améliorer le relevé des débits d'étiage, mais elle peut aussi provoquer des problèmes hydrauliques dans d'autres gammes de débit.



Photo: Esther Scheidegger

par les données intermédiaires, les métadonnées et la documentation sur le traitement des données. Une telle procédure est indispensable si l'on veut encore pouvoir comprendre dans plusieurs décennies les manipulations effectuées sur les bases de données.

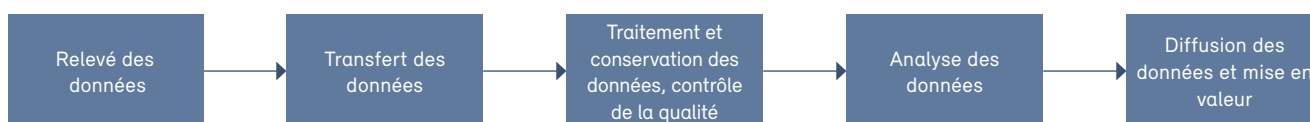
6.2 Couverture spatiale et stations clés

Suivant le domaine d'application, les stations doivent assurer une couverture spatiale de l'ensemble du territoire. Pour le relevé des ressources hydriques (régime des eaux) en Suisse, il faudrait par exemple qu'il y ait une série de mesures pour tous les bassins mesurant 150 km² (cas optimal) et au moins une série de mesures pour tous les bassins mesurant 600 km² (seuil minimum) (OMM 1000 km²). La valeur réelle définie est de 300 km² (cf. chap. 5.1). Pour d'autres domaines d'application comme les engagements internationaux ou la régulation des lacs, ce sont plutôt certaines stations clés qui sont déterminantes. Pour la recherche et la gestion des eaux, il faut par contre avoir une sélection de bassins représentative pour la Suisse, afin de disposer si possible de mesures pour toutes les zones climatiques et toutes les altitudes ainsi que pour tous les types d'écoulement et les différentes caractéristiques de bassin. Pour la prévision des crues, on a besoin d'un mélange incluant couverture spatiale (pour la calibration des modèles et les alertes) et stations clés (p.ex. des stations en amont de zones présentant des dommages potentiels importants). Dans le domaine de la qualité des eaux, la couverture spatiale et les stations clés dans le réseau de base sont données par les stratégies relatives à chaque réseau de mesure (p.ex. température, NAWA TREND, NAWA FRACHT et sédiments).

7 Gestion et qualité des données

Ce chapitre décrit brièvement le traitement des données de mesure, depuis leur relevé jusqu'à leur publication (fig. 28). Il présente les conditions générales qui existent actuellement ainsi que les facteurs qui, au final, ont une influence déterminante sur la qualité des données. La description de ces processus est importante pour évaluer les lacunes existantes (cf. chap. 8) et les mesures à prendre (cf. chap. 9).

Fig. 28: Chaîne du traitement des données au sein de la division Hydrologie



7.1 Relevé des données

Les données sur le niveau d'eau et la vitesse sont relevées en continu. Les mesures de débit aux stations sont effectuées de manière périodique. Dans la plupart des cas, le débit en continu est déterminé à l'aide de la mesure de la hauteur d'eau (niveau d'eau) et de la relation hauteur-débit (relation H-Q).

7.1.1 Niveau d'eau

Les systèmes de mesure du niveau d'eau suivants sont utilisés dans le réseau de base :

- lecture manuelle de l'échelle limnimétrique,
- systèmes de mesure pneumatiques,
- capteurs de pression,
- radar,
- flotteur.

Les systèmes de mesure utilisés sont présentés en détail à l'annexe 3. Au XIX^e siècle, le niveau d'eau a d'abord été relevé à la main une ou plusieurs fois par jour sur une échelle limnimétrique (p.ex. à la station Rhein – Basel, Schiffflände, depuis 1808). À la fin du XIX^e siècle, on a commencé à mesurer et à enregistrer le niveau d'eau en continu à l'aide de limnigraphes à flotteurs. Au cours de la numérisation entreprise à partir des années 1990, ces systèmes ont été remplacés progressivement par des systèmes de mesure pneumatiques avec collecteurs de données puis complétés par des mesures à l'aide de radars et de capteurs de pression. Le but est que chaque station soit toujours équipée de deux systèmes de mesure du niveau d'eau indépendants, ce qui

augmente la sécurité du dispositif en cas de panne grâce à la redondance de l'information et permet de contrôler la plausibilité des mesures en comparant les résultats fournis par les capteurs. Cela simplifie le traitement des données et permet de détecter plus rapidement les dysfonctionnements et de prendre les mesures pour y remédier ou procéder à la maintenance. Aujourd'hui, on utilise surtout des capteurs radars ou des capteurs de pression, car leur installation et leur entretien demandent moins de travail. Ils offrent en outre une plus grande sécurité de fonctionnement, car ils peuvent fonctionner plus longtemps avec le courant de secours que les systèmes pneumatiques.

Les feuilles des limnigraphes produites à partir de l'année 1974 ont été récemment numérisées, ce qui permet de disposer aujourd'hui de données à haute résolution sur les niveaux d'eau. Depuis 2018, toutes les stations sont équipées d'un collecteur de données, si bien que la numérisation n'est plus nécessaire. Il n'existe pas de données à haute résolution sur les niveaux d'eau sous une forme numérique pour la période avant 1974. Les moyennes journalières et les maxima mensuels de chaque station sont toutefois disponibles sous une forme numérique pour toute la période de mesure. Ces valeurs numérisées sont tirées des tableaux annuels qui étaient autrefois publiés dans les annuaires hydrologiques. Des investigations sont en cours pour déterminer s'il est utile de numériser les données antérieures à 1974 sur la base des limnigrammes.

Aujourd'hui, toutes les données sur les niveaux d'eau sont enregistrées en continu sous forme numérique. La

fréquence d'échantillonnage des capteurs est de quelques secondes. Les valeurs sont généralement enregistrées dans le collecteur de données sous forme de moyenne (moyenne sur cinq minutes pour les cours d'eau et moyenne sur dix minutes pour les lacs). Les mesures ne font l'objet d'aucune autre correction dans le collecteur de données. On est toutefois en train d'examiner s'il est par exemple possible de corriger déjà à ce stade certaines valeurs aberrantes liées à la technique de mesure.

Dans la plupart des stations du réseau de base, le niveau d'eau est mesuré plusieurs fois (avec plusieurs systèmes de mesure et/ou plusieurs capteurs pour la redondance) afin de renforcer la robustesse du système, notamment pour être sûr de toujours disposer de données sur le débit en cas de crue. Certaines stations utilisent en outre différents systèmes de mesure pour pouvoir relever certaines gammes de niveau d'eau avec une plus grande précision (p. ex. capteur de pression pour les débits moyens et radar pour les débits de crue). Le relevé des données s'effectue à l'aide de composants standard. Le niveau d'eau peut être mesuré à plusieurs emplacements à une même station ; ces emplacements peuvent être assez éloignés les uns des autres ou de la station. Ce dispositif permet d'utiliser les emplacements qui conviennent le mieux au type de débit. Lors du traitement des données, on décide quelle mesure du niveau d'eau utiliser pour les données validées. La série des niveaux d'eau validée est souvent composée à partir de plusieurs séries temporelles ; on définit toutefois toujours un capteur principal par station et par gamme de niveau d'eau, les autres capteurs n'étant utilisés qu'en cas de panne ou de dysfonctionnement du capteur principal.

Chaque station est équipée d'une échelle limnimétrique ou d'un dispositif servant au contrôle du niveau d'eau. Dans le réseau de base, le niveau d'eau est indiqué en valeur absolue (mètres sur mer), contrairement à ce qui en usage dans d'autres pays européens et dans quelques cantons. Pour chaque station, il est donc nécessaire de procéder régulièrement au nivellement de précision des altitudes du niveau par rapport aux points fixes altimétriques de la mensuration nationale (tous les 5 à 10 ans pour les lacs et tous les 10 à 20 ans pour les cours d'eau). L'altitude du niveau de référence (échelle limnimétrique) est régulièrement contrôlée et corrigée au besoin (p. ex. en cas d'affaissement du terrain, notamment pour les stations

lacustres). Si, dans un cours d'eau, l'altitude du niveau de référence change, les valeurs de mesure des capteurs de niveau et la relation hauteur-débit (relation H-Q) se modifient aussi selon la même valeur.

Les responsables de la station et des observateurs effectuent régulièrement des relevés de référence du niveau, qui servent à vérifier et à valider les mesures automatiques. Suivant les conditions hydrauliques, il peut cependant arriver qu'un relevé manuel soit inexact. Lorsque l'écart entre les mesures de l'appareil et plusieurs mesures de référence successives dépasse 2 cm, les appareils et/ou l'infrastructure de mesure sont révisés. Au besoin, les données sont également corrigées en conséquence.

7.1.2 Débit

Contrairement au niveau d'eau, le débit n'est pas mesuré en continu à la plupart des stations. C'est la raison pour laquelle on procède périodiquement à des jaugeages pour établir des relations hauteur-débit, qui permettront ensuite de déterminer le débit à partir de la mesure en continu de la hauteur d'eau. Il existe différents outils et méthodes pour mesurer le débit. Les méthodes actuellement les plus utilisées par l'OFEV sont :

- la mesure au moyen d'un moulinet courantomètre,
- la mesure par profileur acoustique de vitesse par effet Doppler (ADCP, Acoustic Doppler Current Profiler),
- la mesure au moyen d'un traceur,
- la mesure au moyen d'un radar RP30,
- la mesure au seau.

La vitesse d'écoulement peut être mesurée en continu avec les méthodes suivantes :

- la mesure du débit par ultrasons,
- la mesure sans contact de la vitesse d'écoulement : ADCP positionné horizontalement et méthodes de mesure optiques pour déterminer la vitesse en surface.

Les méthodes de mesure du débit et de la vitesse sont décrites à l'annexe 4.

À la plupart des stations, la relation H-Q n'est pas constante dans le temps mais change par suite de modifications de la section d'écoulement (p. ex. à cause de la sédimentation, de l'érosion, de l'envahissement du chenal par la végétation). Il y a cependant des stations où la

relation H-Q est très stable (p.ex. dans les canaux en béton).

Après avoir réparti l'ensemble des stations en fonction de la stabilité de leur relation H-Q, on a défini le nombre minimum de jaugeages à effectuer chaque année (voir aussi 7.3.2). Aux stations où la relation H-Q change souvent, il faut effectuer des jaugeages mensuels. À la plupart des stations du réseau de base, le débit est mesuré quatre à cinq fois par an ; à certaines stations, une mesure par an suffit. Comme les mesures de débit doivent couvrir toute la gamme des débits (de l'étiage aux crues), des jaugeages supplémentaires en plus des jaugeages réguliers planifiés sont effectués en situation d'étiage ou lors d'événements de crue. Des mesures plus fréquentes peuvent aussi être nécessaires lorsqu'on construit une nouvelle station, transforme une station existante ou effectue des travaux dans le chenal.

La méthode de mesure du débit la plus souvent utilisée est celle du moulinet. Sur les cours d'eau qui présentent un régime d'écoulement turbulent (cours d'eau alpins) et des faibles débits, on utilise aussi – ou parfois seulement – un traceur. Dans les grands et moyens cours d'eau, le débit est aussi mesuré avec des outils ADCP.

Il y a des stations pour lesquelles il n'est pas possible d'établir une relation H-Q précise. C'est notamment le cas des stations installées sur les canaux entre deux lacs, dans lesquels la direction de l'écoulement peut changer selon le niveau des lacs, ainsi que des stations situées dans la zone d'influence de centrales au fil de l'eau. À ces stations, le débit est mesuré avec des appareils à ultrasons. Ces appareils exigent cependant une maintenance complexe et le traitement des données demande un travail considérable.

La vitesse de l'écoulement en surface peut aussi être mesurée en continu avec un ADCP positionné horizontalement ou par analyse d'images. Ces méthodes, encore en voie de développement, sont testées dans plusieurs stations pilotes. L'objectif est de pouvoir les utiliser dans un cadre opérationnel pour augmenter la qualité des données et réduire le travail de mesure manuel.

7.1.3 Gestion des incidents

Les données devant présenter un haut niveau de disponibilité et être si possible sans lacune, l'infrastructure de mesure doit être réparée le plus rapidement possible en cas de panne. Les interventions sont réglées en fonction de l'importance de l'événement de crue et la gestion se fait à l'aide de l'outil de gestion opérationnel « Intervento ». Les réparations peuvent être effectuées par accès à distance ou sur place. La plupart des stations sont équipées de systèmes redondants afin d'assurer les prévisions même en cas d'événement et d'empêcher des pannes de données. L'infrastructure de mesure doit être conçue de façon à pouvoir supporter sans dommage et avec une très grande probabilité une crue survenant tous les 100 ans.

7.1.4 Entretien des stations

En plus des jaugeages régulièrement effectués aux stations du réseau de base, il faut veiller à leur entretien. Le but est de garder les systèmes de mesure du niveau d'eau dans un état technique irréprochable, afin qu'ils soient le plus robustes possible et fournissent des données de haute qualité. Cela permet d'éviter des clarifications ultérieures et des corrections de données généralement complexes. Les travaux d'entretien comportent les groupes de tâches suivants.

1. Contrôle de routine : relevé du niveau et de la température de l'eau, contrôle visuel de la station de mesure et annonce des observations pouvant présenter un intérêt pour la qualité des données (p.ex. dégâts sur l'infrastructure de mesure, modifications dans la section, formation de glace, chantier, etc.).
2. Visite de la station en cas d'incident, lors des mesures de débit et de travaux sur l'infrastructure de mesure (yc. documentation des travaux effectués).
3. Travaux d'entretien et travaux périodiques à la station : par exemple entretien des boisements, fauche, réparation des dégâts techniques, calibration.

Ces travaux sont indispensables pour le bon fonctionnement du réseau de mesure et la qualité des données collectées. À cet égard, il est important de systématiquement consigner les travaux d'entretien qui peuvent avoir une incidence sur les valeurs mesurées ou sur les séries de données en vue du traitement ultérieur des données et des analyses des séries temporelles.

7.1.5 Conditions générales et facteurs d'influence

Le tableau 7 présente une vue d'ensemble des conditions générales existantes ainsi que des facteurs qui ont une influence sur la qualité des données brutes ; il sert de base pour définir des mesures visant à optimiser le réseau de base.

7.2 Transfert des données

Les données sont transférées via le système de mesure et de transmission (système PLC) installé dans chaque station. Ce système saisit les données (une valeur par seconde), les sauvegarde et calcule la moyenne pour une durée donnée ; pour le niveau d'eau, cette durée est généralement de cinq minutes, mais il peut arriver que l'on utilise un autre intervalle (p.ex. deux minutes dans les cours d'eau à forte dynamique d'écoulement). Ces moyennes sont habituellement transmises toutes les dix minutes aux banques de données et aux systèmes de prévision. Ce transfert est assuré par l'installation d'interrogation du Data Warehouse (DWH) de MétéoSuisse (DWH-HydroServices).

Le système PLC permet en outre de surveiller en tout temps les stations à distance et d'assurer dans certains cas une partie de leur maintenance à distance. Les stations raccordées aux réseaux électrique et téléphonique disposent de deux canaux de communication indépendants (téléphonies fixe et mobile) pour transmettre les données. De plus, chaque station est équipée d'une alimentation de secours qui garantit le fonctionnement des composants élémentaires 24V pendant 48 h au maximum. Les systèmes de mesure autonomes en matière d'alimentation électrique remplissent le même objectif en opérant avec une fonctionnalité limitée (transmission horaire des données).

Pour le transfert des données relevées en continu, il existe un canal rapide, qui offre un haut niveau de disponibilité, et un canal normal, un peu plus lent. Pour les modèles de prévisions hydrologiques, la publication des données sur des portails Internet comme « Données et prévisions hydrologiques » de l'OFEV, la plateforme cartographique de la Confédération (map.geo.admin.ch), la plateforme d'informations commune concernant les dangers naturels (GIN) (gin.admin.ch) ainsi que pour certains cantons et clients, les données doivent présenter un haut niveau de disponibilité et être mises à disposition dans les plus brefs

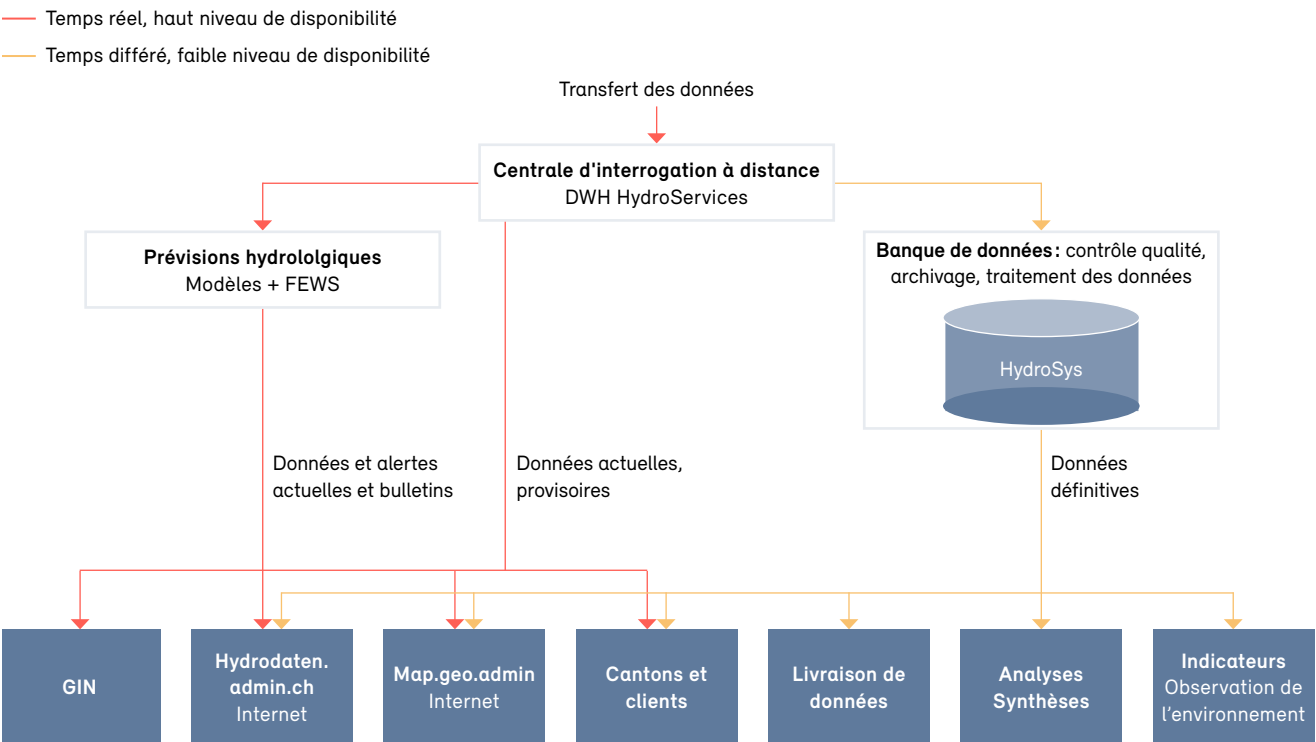
Tab. 7: Conditions générales du relevé des données et facteurs influençant la qualité des données brutes

	Conditions générales	Facteurs influençant la qualité des données
Relevé des données	<ul style="list-style-type: none"> • Conditions liées à l'espace naturel au point de mesure : comportement hydrologique du bassin versant (durée des événements, variation de l'hydrogramme), situation (lieu) de la station de mesure, conditions hydrauliques locales (propriétés du fond du lit, constructions, modification de la section, effets du transport de sédiments, p.ex. érosion/dépôt, etc.) • Exigences relatives à l'infrastructure de mesure : p.ex. résolution de la mesure du niveau d'eau (qualité du capteur) selon les exigences des programmes de mesure • Sécurité des personnes à la station • Emplacement et accessibilité de l'échelle limnimétrique pour le relevé manuel du niveau d'eau • Collaboration avec METAS • Besoins écologiques (p.ex. libre passage des poissons vs précision des mesures) • Ressources humaines et financières à disposition 	<ul style="list-style-type: none"> • Nombre des jaugeages dans le chenal (répartition saisonnière ; dans différentes plages de niveau d'eau) • Gestion des interventions/garantie du fonctionnement • Gestion des écarts du niveau mesuré/correction des données (p.ex. l'influence de la croissance végétale est corrigée à l'aide d'une courbe de l'envahissement par la végétation) • Lecture de contrôle du niveau d'eau • Emplacement du montage du capteur en fonction des influences hydrauliques • Choix du capteur (principe de mesure, plage de mesure) • Type de montage (protection mécanique, support de fixation, fixation sur un pont) • Détection d'incident à l'aide d'un paramètre auxiliaire (p.ex. pression du compresseur) • Entretien et contrôle du capteur (intervalles, qualité d'exécution) • Entretien des abords du dispositif de mesure (écoulement d'approche, ensablement, dépôt de sédiments grossiers) • Choix de la procédure de mesure de débit appropriée en fonction de la station, des conditions environnementales, des variations du niveau d'eau ; utilisation correcte de la procédure ; sécurité au travail

délais. À cet effet, les niveaux d'eau sont convertis en débit dans le DWH à l'aide de relations H-Q actuelles puis directement répartis entre les utilisateurs (fig. 29, canal rapide, flèches rouges). Les données de mesure sont transmises simultanément depuis le DWH au système central d'information sur les eaux HydroSys (fig. 29, canal lent, flèches bleues). Les paramètres secondaires fournissant des informations sur les appareils de mesure et les états du système dans les stations sont également transmis à HydroSys. Une partie des données doivent encore être importées manuellement (p.ex. les données

de tiers, de collecteurs de données autonomes utilisés durant des travaux, etc.). Parallèlement à l'automatisation du traitement des données, il faudra examiner si, à l'avenir, toutes les données seront distribuées via la banque de données HydroSys, auquel cas la distinction entre canal rapide et lent disparaîtrait. Cela aurait l'avantage de pouvoir utiliser aussi des données déjà précorrigées pour les prévisions et pour la publication en ligne.

Fig. 29: Flux et publication des données du réseau de base



Tab. 8: Conditions générales du transfert des données et facteurs influençant la qualité des données brutes

	Conditions générales	Facteurs influençant la qualité des données
Transfert des données	<ul style="list-style-type: none">• Qualité des lignes/infrastructure (DSL/mobile)• Prestations fournies par le fournisseur d'accès (convention de prestations avec délais de réaction définis)• Qualité du développement du programme et déploiement (PLC et Campbell)• Gestion des interventions (y.c. convention de prestations avec délais de réaction définis)• Sécurité informatique (nécessaire à partir de l'accès à la station jusqu'aux produits finaux)	<ul style="list-style-type: none">• Vérification, p. ex. de l'arrivée des données dans HydroSys• Standardisation du réseau de mesure (production) et systèmes test séparés• Calcul de la moyenne dans le système de mesure et de transmission intégré (calcul de la moyenne sur 5 minutes à partir de 300 valeurs individuelles, les valeurs aberrantes peuvent avoir une grande influence)• Saisie redondante des données

7.3 Traitement et conservation des données, gestion de la qualité

Les données du réseau de base sont sauvegardées, traitées et archivées dans la banque de données HydroSys; cette procédure s'applique aussi bien aux données relevées en continu qu'aux valeurs individuelles. Les données relevées en continu comprennent les valeurs de mesure proprement dites (p.ex. le niveau d'eau), mais aussi les paramètres secondaires qui servent à surveiller les systèmes de mesure et peuvent servir d'aide lors du traitement des données (p.ex. la pression du compresseur). Les valeurs individuelles comprennent les niveaux et les températures de l'eau relevés manuellement aux stations (données de référence et de calibration) ainsi que les jaugeages ponctuels dans le chenal. HydroSys stocke aussi une sélection de données historiques et de métadonnées qui fournissent des informations sur le bassin versant ainsi que sur l'équipement et l'histoire de la station. Une stratégie relative aux métadonnées a été définie pour le réseau de base.

Lorsqu'elles passent du statut de « données brutes » à celui de « données validées », les données sur le niveau d'eau et le débit sont soumises à plusieurs contrôles de qualité. Au besoin, ces contrôles sont automatisés ou effectués manuellement. La figure 30 présente une vue d'ensemble du déroulement de la gestion des données, y compris les délais de mise à disposition, les types de données traités et les contrôles de la qualité implémentés.

7.3.1 Contrôle de la qualité et correction des données sur le niveau d'eau

Le contrôle de la qualité commence par la vérification automatique de l'actualité des données. Il s'agit de contrôler si les données d'une station sont transmises ou si leur transfert est perturbé (fig. 29, CQ I a). À l'étape suivante, les données brutes sont contrôlées hebdomadairement dans la banque de données pour détecter et, le cas échéant, annoncer les dérangements du système de mesure; le contrôle, effectué de manière visuelle ou automatique, porte entre autres sur la complétude, les valeurs aberrantes et les sauts (CQ I b). Les erreurs détectées sont, si possible, corrigées dans un délai de deux mois; au cours de ce même intervalle, on vérifie la cohérence interne (comparaison de deux capteurs dans la même station ou relevé manuel du niveau d'eau) et spatiale des

données (comparaison avec des stations en aval/en amont) (CQ II). Au terme de cette étape, les données sur les niveaux d'eau sont considérées comme vérifiées et il existe ce que l'on appelle des données de débit « vérifiées ». La figure 31 présente les erreurs les plus fréquentes en ce qui concerne les données sur les niveaux d'eau ainsi que les méthodes utilisées pour les corriger.

Les valeurs aberrantes et les lacunes constituent des situations particulièrement délicates pour la correction des données. S'agissant des valeurs aberrantes, seules celles qui sont clairement dues à une erreur de mesure sont à corriger (p.ex. une erreur dans le signal de mesure, un capteur de mesure gelé). Les valeurs aberrantes qui sont provoquées par des processus dans le cours d'eau (p.ex. embâcle dans le chenal avec hausse du niveau d'eau, éclusées) ne doivent pas être corrigées. Suivant la situation, la distinction n'est pas toujours évidente. Concernant les lacunes, celles de moins de quinze minutes sont automatiquement comblées dans la banque de données. Les lacunes plus longues sont, lorsque c'est possible, complétées avec des séries de mesures comparables. La série comparable sera choisie selon l'ordre de priorité suivant :

1. autre capteur au même point de mesure,
2. autre capteur à la même station,
3. autre capteur à une station en aval/en amont,
4. autre capteur de tiers (canton, centrale, etc.).

S'il n'existe pas de série comparable, il faut, suivant la situation hydrologique et la durée de la lacune, décider si elle peut être complétée par interpolation linéaire. Des études sont en cours pour savoir si, le cas échéant, les lacunes pourraient être comblées à l'aide de modèles « pluie-débit ». Jusqu'à fin 2024, la plupart des erreurs ont encore été détectées et corrigées manuellement. Depuis la mise en service d'un validateur de données dans la banque de données au début de l'année 2025, ce travail est le plus possible automatisé.

Toutes les modifications apportées aux données brutes doivent être accompagnées de commentaires de manière à pouvoir toujours comprendre les corrections effectuées. Depuis 2004, les données corrigées sont enregistrées dans la banque de données sous la forme de nouvelles séries, ce qui permet de conserver les données brutes sous

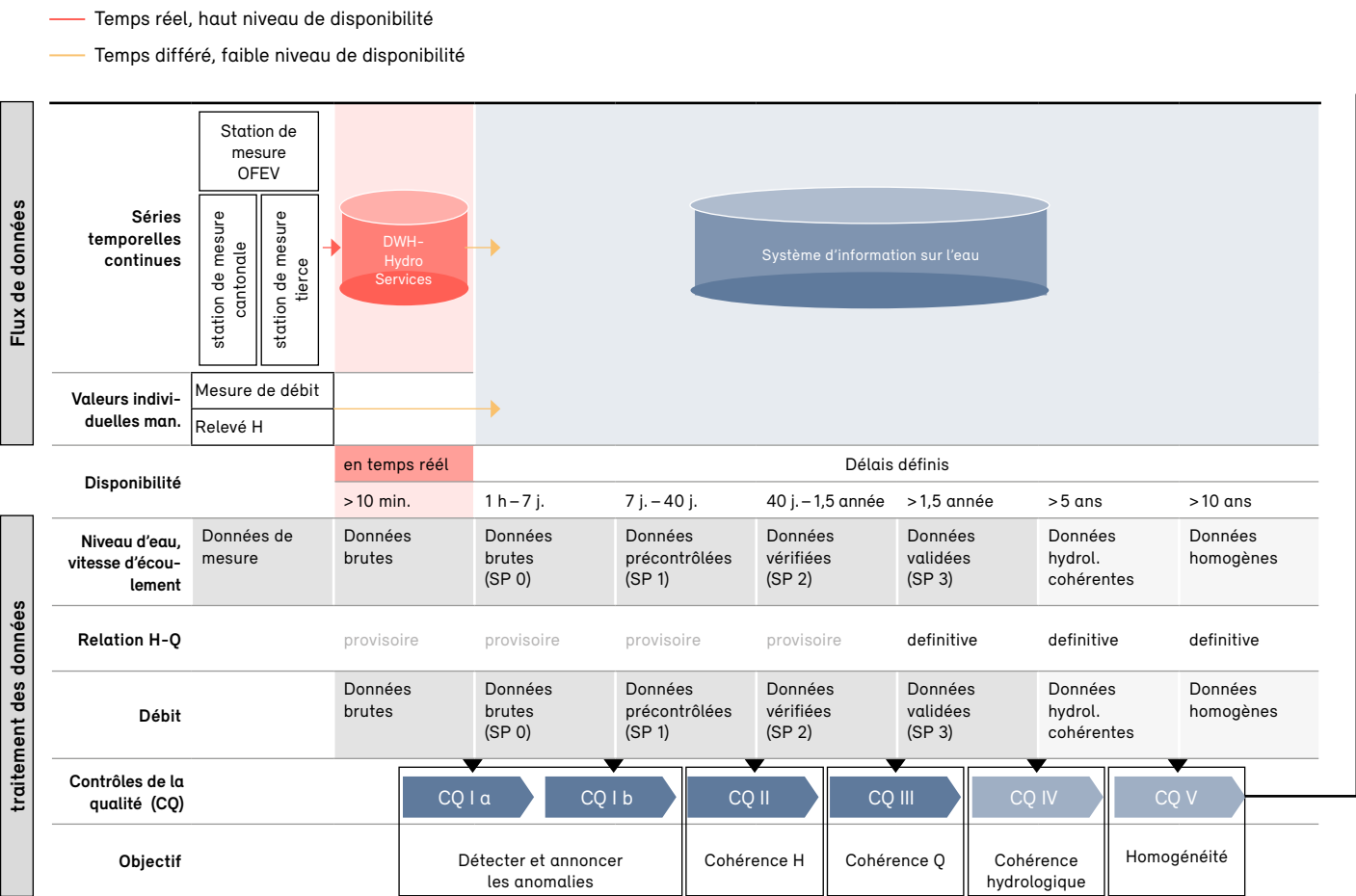
une forme inchangée. Avant cette date, les données brutes n'étaient pas archivées ou existent seulement sous une forme analogue (limnigramme). On trouvera notamment des bonnes recommandations générales sur la gestion des données dans CEN/TC (2017).

7.3.2 Établissement de la relation hauteur-débit

Après avoir procédé à des jaugeages manuels en présence de différents niveaux d'eau, on peut établir une relation H-Q sur la base des données sur la hauteur d'eau (H) et le débit (Q), qui permet ensuite de déterminer le débit en fonction de chaque hauteur d'eau. La relation H-Q peut être traduite graphiquement sous la forme d'une courbe, appelée courbe de tarage (fig. 32), ou se présenter sous la forme d'une liste de valeurs.

La qualité de la relation H-Q dépend, d'une part, des conditions naturelles (p.ex. les conditions hydrauliques locales à l'emplacement de mesure comme les caractéristiques du fond du lit, des aménagements, l'invasissement par la végétation, etc.) et, d'autre part, du nombre des jaugeages effectués dans une station donnée. De plus, il est important de procéder à des mesures de débit lors d'événements statistiquement rares (situations d'étiage ou de crue) pour obtenir une relation H-Q qui soit fiable pour une large gamme de débits. Cela n'est cependant pas toujours possible, surtout en cas de crue, lorsque le courant est trop rapide ou que la situation ne permet pas de réaliser une mesure de qualité avec toute la sécurité requise (p.ex. en cas d'orage ou durant la nuit). À cela peuvent encore s'ajouter d'autres facteurs susceptibles de

Fig. 30 : Flux de travail pour la gestion des données et le contrôle de la qualité « Données du réseau de base » avec mention de la disponibilité des données, des types de données et du contrôle de la qualité



compliquer la situation tels que des variations du niveau d'eau pendant la mesure, des modifications de la cote de fond et du bois flottant. C'est ce qui explique pourquoi la relation H-Q doit le plus souvent être extrapolée au-delà de la plage effectivement mesurée, pour aller de l'altitude de l'installation au niveau d'eau mesurable maximum.

La qualité de la relation H-Q actuelle est vérifiée par les responsables de la station selon le principe des quatre yeux, puis par un contrôle ponctuel effectué par la cheffe ou le chef de la section Hydrométrie de l'OFEV. Si l'écart entre la mesure de contrôle et la relation H-Q est inférieur à 20 mm pour le niveau d'eau et à 2 % pour le débit, on n'établit actuellement pas de nouvelle relation. Si le débit mesuré s'écarte davantage de la valeur déduite, on vérifie d'abord s'il s'agit d'une « mesure aberrante » (p. ex. une erreur de mesure lors du jaugeage) et si les mesures suivantes correspondent à nouveau aux valeurs déduites

de la relation H-Q avant d'établir une nouvelle courbe de tarage. Des essais sont en cours dans le but de modifier et d'optimiser l'établissement des relations H-Q selon les méthodes proposées dans Darienzo et al. (2021) et Puechberty et al. (2017).

Dans le cadre de projets de recherche ou d'aménagement des cours d'eau, on a notamment procédé à des calculs hydrauliques visant à améliorer l'extrapolation de la relation H-Q à quelques stations. À l'avenir, cette méthode devrait être systématiquement utilisée pour l'extrapolation des relations H-Q. Dans quelques petites stations équipées de déversoirs en V, la relation H-Q n'est aujourd'hui plus que calculée, sans jaugeage in situ, car celui-ci n'améliore nullement la qualité des données (p. ex. aux stations Schwändlibach et Rotenbach). Dans le cadre de projets de recherche en matière de protection contre les crues, le Laboratoire de recherches hydrauliques, hydrologiques et

CQ	Intervalle	Objectif	Contrôle des données	Correction des données/mesures
CQ I a	quotidien	Garantie du flux de données	<ul style="list-style-type: none"> • Contrôle technique du flux de données • contrôle de l'actualité 	<ul style="list-style-type: none"> • Gestion des interventions (fonctionnement système) ; responsabilité section Informations hydrologiques de l'OFEV
CQ I b	hebdomadaire	Détecter et annoncer les anomalies	<ul style="list-style-type: none"> • Reconnaissance hydrologique des perturbations et des erreurs • contrôle de l'intégralité • valeurs aberrantes, sauts, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> • Gestion des interventions (dépannage)
CQ II	mensuel	Cohérences interne et spatiale H	<ul style="list-style-type: none"> • Contrôle de l'intégralité • valeurs aberrantes • sauts • validation des données • comparaisons avec d'autres capteurs • tiers 	<ul style="list-style-type: none"> • Corrections des données sur le niveau d'eau (supprimer les valeurs aberrantes, combler les lacunes, corriger les dérives, etc.) • Établissement de nouvelles relations H-Q provisoires
CQ III	annuel	Cohérences interne et spatiale Q	<ul style="list-style-type: none"> • Comparaisons avec des stations en amont et en aval • bilans, différences • contrôle de la relation H-Q 	<ul style="list-style-type: none"> • Corrections des données sur le niveau d'eau, commentaires • contrôle de la cote zéro de l'échelle • relations H-Q définitives (→ accent mis sur le débit)
CQ IV <i>en cours de planification</i>	tous les 3 à 5 ans	Cohérence hydrologique	<ul style="list-style-type: none"> • Comparaison avec les bassins versants • calcul des paramètres hydrologiques • comparaison débit-précipitation 	<ul style="list-style-type: none"> • Corrections des données sur le niveau d'eau • adaptation des relations H-Q
CQ V <i>en cours de planification</i>	lors de projet	Données homogènes	<ul style="list-style-type: none"> • Analyse de l'homogénéité • vérification des périodes d'évaluation 	<ul style="list-style-type: none"> • Corrections des données sur le niveau d'eau • adaptation des relations H-Q

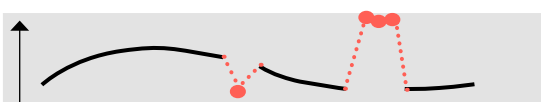
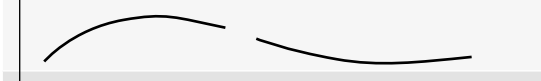
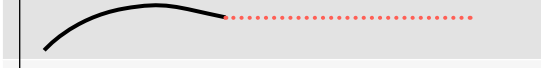



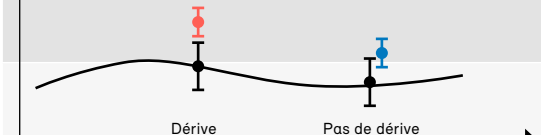
glaciologiques (VAW) de l'EPFZ a construit des modèles physiques hydrauliques pour certaines stations (p.ex. Schächen – Bürglen) pour améliorer la relation H-Q en cas de crues.

7.3.3 Contrôle de la qualité et correction des données de débit

Lorsque les relations H-Q définitives sont établies, on vérifie encore la cohérence interne et spatiale des données de débit qui en résultent. Il convient notamment de s'assurer que les données de débit ne présentent pas de sauts lorsque la relation H-Q pour une station donnée se modifie. On vérifie aussi si le débit présente des lacunes qui proviendraient du fait que tous les niveaux d'eau mesurés ne sont pas couverts par la relation H-Q. Pour terminer, on compare les débits avec les stations voisines et les stations en amont et en aval. Lorsque ces contrôles de la qualité sont achevés (CQ III dans fig. 30), les données de niveau d'eau et de débit sont désignées comme « validées ».

À plus longs intervalles, les données font encore l'objet d'analyses hydrologiques (p.ex. analyses des séries temporelles des paramètres hydrologiques statistiques et calcul des bilans hydriques) et d'analyses d'homogénéité (CQ IV et CQ V fig. 30). Ces analyses sont encore effectuées pour le moment dans le contexte de projets et ne sont pas encore intégrées dans le processus opérationnel de traitement des données. Il arrive aussi que la qualité des données soit revérifiée à l'occasion d'études réalisées par des tiers (p. ex. le calcul hydraulique de la relation H-Q lors de projets de protection contre les crues) et que les erreurs détectées soient communiquées à l'OFEV. Il reste encore à examiner comment gérer ces erreurs détectées après coup ; à cet égard se pose la question de savoir si elles doivent être corrigées et s'il est vraiment possible de les corriger. Pour les données antérieures à 2018 et en particulier pour celles datant d'avant 1974, de telles corrections sont techniquement difficiles, très coûteuses, voire irréalisables.

Fig. 31: Erreurs survenant fréquemment dans les séries de mesures et corrections possibles

	Observation	Mesure
	Valeur aberrante	<ul style="list-style-type: none"> • Supprimer • Combler la lacune
	Lacune	<ul style="list-style-type: none"> • Combler la lacune
	Signal bloqué	<ul style="list-style-type: none"> • Supprimer • Combler la lacune
	Valeur inférieure (valeurs négatives)	<ul style="list-style-type: none"> • Supprimer • Combler la lacune
	Écart	<ul style="list-style-type: none"> • Dérive linéaire
	Écart	<ul style="list-style-type: none"> • Dérive constante
	<p>Valeurs au-delà de l'intervalle d'incertitude</p> <p>Valeurs à l'intérieur de l'intervalle d'incertitude</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Dérive vers les valeurs de référence • Pas de dérive

7.4 Analyses des données et publication

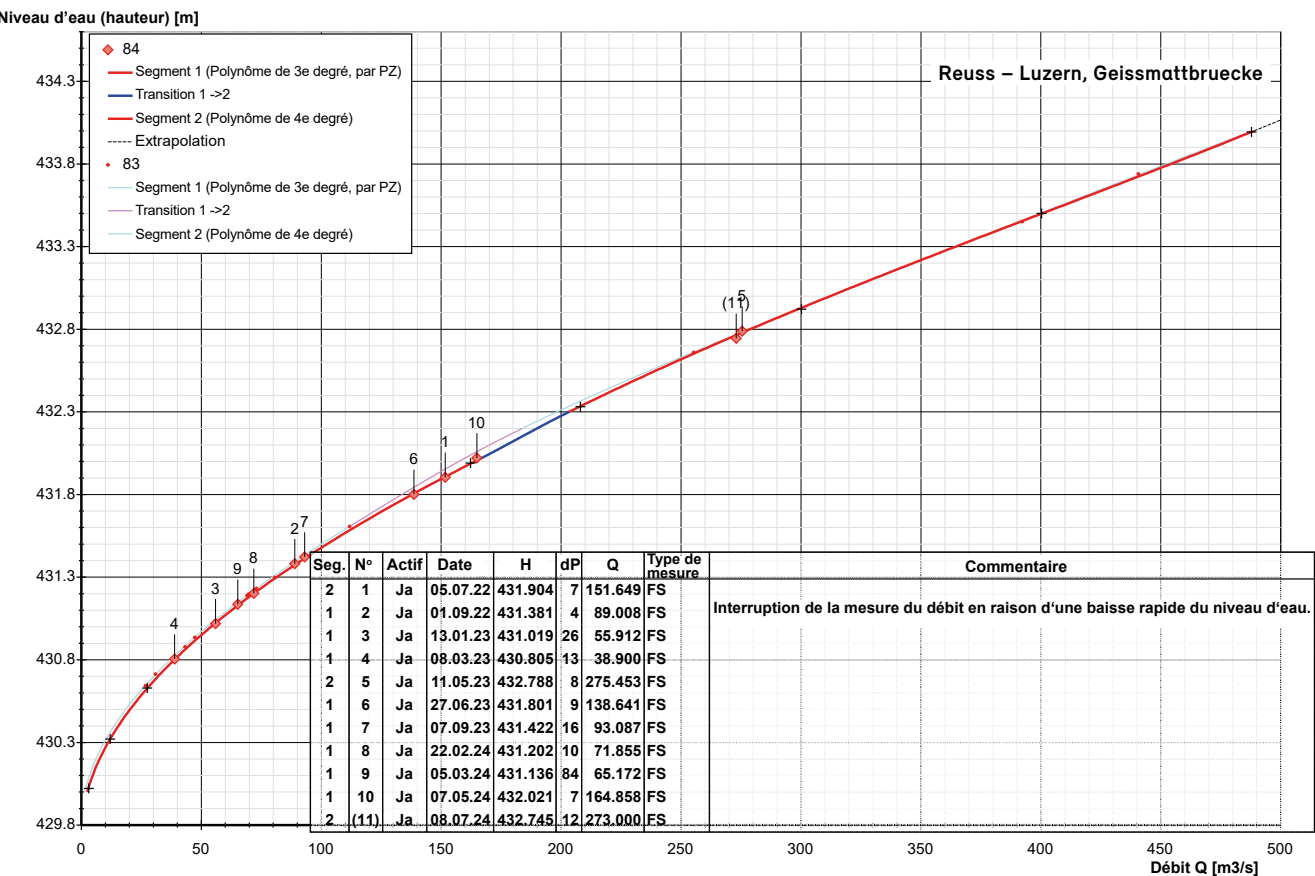
La division Hydrologie de l'OFEV est tenue d'analyser et de publier les données sous une forme appropriée en intégrant les possibilités techniques actuelles. Par le passé, les données étaient publiées principalement dans l'Annuaire hydrologique. L'OFEV a édité il y a quelques années une publication qui résume bien l'histoire de l'Annuaire hydrologique et de ses contenus (OFEV 2017). Parmi les produits qui sont aujourd'hui régulièrement établis ou actualisés, on peut citer l'Annuaire hydrologique, les indicateurs du monitoring environnemental, les statistiques relatives aux débits, la version numérique de l'Atlas hydrologique de la Suisse (HADES) ainsi que les données et les indicateurs fournis à des acteurs externes (p. ex. AEE, GRDC, SMOC). À cela s'ajoutent les analyses de données effectuées à

intervalles irréguliers, par exemple lors de recherches ou pour l'étude de questions spécifiques. En vertu de la nouvelle législation sur les données publiques en libre accès, toutes les données du réseau de base doivent être mises à disposition en ligne sous une forme lisible par machine. Les solutions techniques pour garantir l'accès public à ces données sont en voie d'élaboration.

7.5 Conditions générales et facteurs d'influence

Le tableau 9 présente une vue d'ensemble des conditions générales existantes ainsi que des facteurs qui ont une influence sur la qualité des données ; il peut sert de base pour définir des mesures visant à optimiser le réseau de base.

Fig. 32: Relation entre la hauteur d'eau et le débit de la Reuss près de Lucerne



8 Comparaison entre état actuel et état visé, identification des lacunes existantes

8.1 Qualité des données

La qualité des données brutes dépend considérablement de la station de mesure et elle est influencée par divers facteurs hydrologiques et hydrauliques. Si l'on veut pouvoir déduire des mesures d'amélioration de manière ciblée et économique, il faut évaluer pour chaque station la qualité de l'emplacement et des données sur le niveau d'eau et le débit dans les différentes gammes de débit (NQ, MQ et HQ). À ce jour, une telle évaluation systématique – qui permettrait une comparaison détaillée entre l'état actuel et l'état visé au niveau des stations – n'est pas réalisée. Elle fournirait cependant une bonne base pour des améliorations ciblées, en particulier pour les situations d'étiage et de crue, par exemple des jaugeages plus fréquents, une modélisation hydraulique, des adaptations techniques au niveau du point de mesure ou un changement de la méthode de mesure.

Il n'existe actuellement pas de précontrôle/contrôle automatisé des valeurs aberrantes pour les données brutes qui présentent un haut niveau de disponibilité. Or un tel contrôle

pourrait apporter des améliorations sensibles dans le domaine de la prévision des crues.

Il faudrait aussi renforcer la validation hydrologique des données (p. ex. la comparaison avec des modélisations, la comparaison transversale et longitudinale avec d'autres stations); des analyses d'homogénéité sont aussi nécessaires pour s'assurer que les données de différentes périodes sont comparables.

8.2 Fréquence des mesures, délai de mise à disposition et durée de panne maximale

Les exigences posées à la fréquence des mesures, au délai de mise à disposition et à la durée de panne maximale sont remplies dans la plupart des cas pour tous les domaines d'application. Les données provisoirement validées sont mises à disposition après environ trois mois. Pour différentes raisons, le processus de mise à disposition des données validées est actuellement trop long, ce qui fait

Tab. 9 : Conditions générales du relevé des données et facteurs influençant la qualité des données

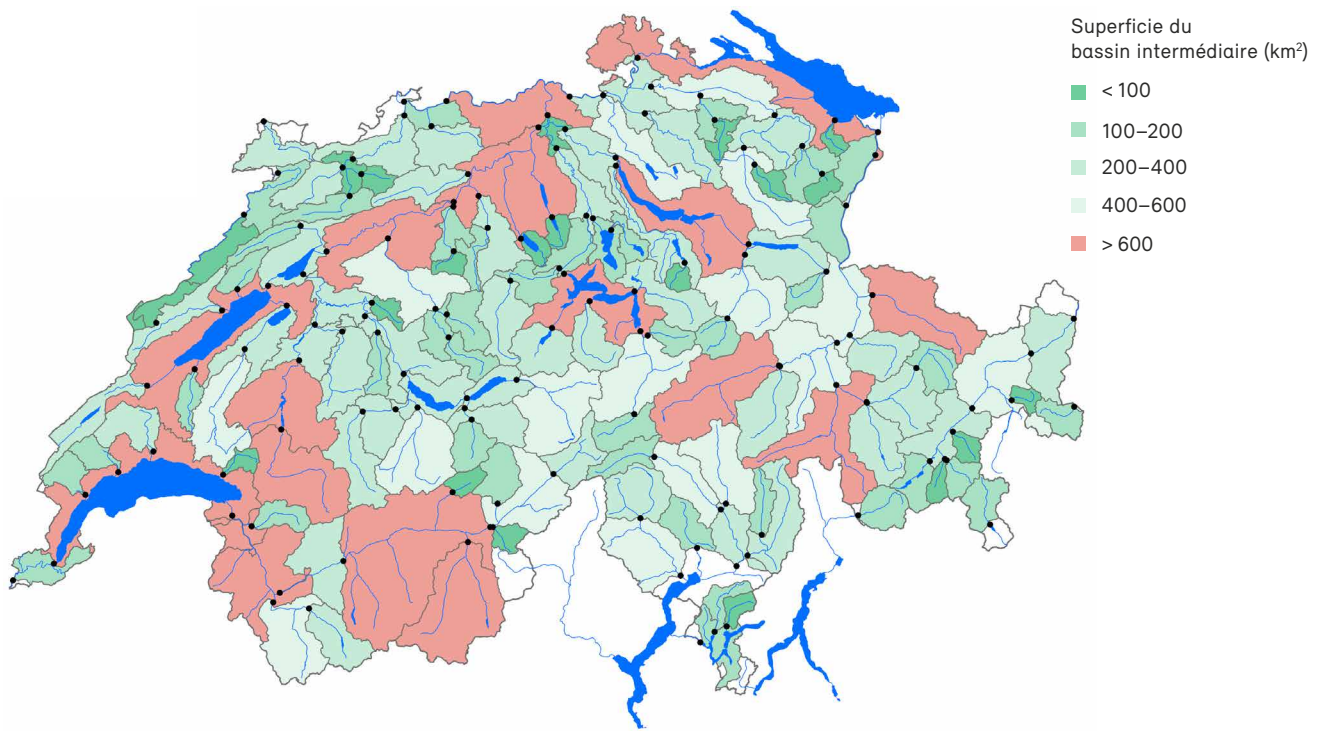
	Conditions générales	Facteurs influençant la qualité des données
Gestion des données et assurance de la qualité	<ul style="list-style-type: none"> • Sécurité informatique • État et possibilités techniques du développement des logiciels HydroSys et DWH • Infrastructure informatique : exploitation • Ressources humaines et financières à disposition 	<ul style="list-style-type: none"> • Documentation des métadonnées (éventuellement paramètres secondaires) • Contrôle automatisé des données lors de l'importation des données • Standardisation selon des critères clairs pour le contrôle manuel des données, la correction des données et le contrôle de la cohérence • Respect des recommandations du Comité européen de normalisation (CEN) (CEN/TC, 2017), p. ex. sur la conservation des données brutes • Homogénéisation (longues séries de mesures)
Analyses des données et publication	<ul style="list-style-type: none"> • Besoins des utilisateurs et besoins des domaines d'application • Sécurité informatique • Performance des systèmes informatiques • Législation fédérale sur les données ouvertes 	<ul style="list-style-type: none"> • Agrégation : calcul des moyennes, analyse des séries temporelles • Calcul d'analyses standardisées (p. ex. statistique des étiages et des crues, tendances), préparation des indicateurs • Garantir le libre accès aux données • Formats/interfaces standardisés, dans l'idéal seulement avec des API modernes (Application Programming Interface) • Métadonnées relatives aux stations standardisées (numéro de la station, nom des paramètres) • Examen du coût et de l'utilité de la numérisation de données historiques supplémentaires

qu’elles ne sont disponibles qu’après environ trois ans pour toutes les stations de mesure de débit. Selon le processus de planification, les données validées de l’année sous revue devraient être mises à disposition à l’automne de l’année suivante. En vertu de la LMETA, toutes les données hydrologiques doivent en outre être mises à disposition en libre accès sous une forme lisible par machine.

8.3 Couverture spatiale et stations clés

Le réseau de mesure du niveau d’eau et du débit des eaux de surface représente bien les conditions hydrologiques et liées à l’espace naturel existant en Suisse. Suivant le domaine d’application, une densification ciblée du réseau de mesure serait cependant souhaitable.

Fig. 33: Tailles des bassins versants des 138 stations du réseau de base d’une surface supérieure à 50 km², les parts appartenant à des bassins versants dont l’eau s’écoule vers l’étranger ne sont pas représentées.



Tab. 10: Bassins versants pour la détermination du régime hydrique

Pour ces sept bassins, il faut examiner s’il existe un besoin de densification ou prendre des mesures en conséquence lorsque ce besoin est établi.

No de la station	Nom de la station	Grande région	Superficie [km²]
2150	Landquart – Felsenbach	Vallées alpines internes	614
2033	Vorderrhein – Ilanz	Vallées alpines internes	774
2351	Vispa – Visp	Vallées alpines internes	778
2011	Rhône – Sion	Vallées alpines internes	1611
2387	Hinterrhein – Fürstenu	Vallées alpines internes	681
2009	Rhône – Porte du Scex	Vallées alpines internes	659
2160	Sarine – Broc, Château d’en bas	Préalpes	636

8.3.1 Domaine d'application « Régime hydrique »

L'actuel réseau de mesure du niveau d'eau et du débit des eaux de surface permet de disposer d'un système de stations de mesure ayant chacune un bassin versant (intermédiaire) mesurant en moyenne 300 km². L'amplitude entre les tailles des bassins versants utilisés pour le calcul du régime hydrique est cependant très importante (de 51 km² à 1611 km²). La superficie maximum ne devrait si possible pas dépasser 600 km² (fig. 33) (Schädler, 2015). Une partie des stations de mesure des plus grands bassins versants utilisés pour le calcul du régime hydrique sont situées sur l'effluent des grands lacs. Si l'on soustrait la surface du lac à celle du bassin versant intermédiaire, la superficie de ce dernier passe souvent en dessous de la marque des 600 km². Comme on mesure les niveaux d'eau sur tous les grands lacs et que l'on peut quantifier les variations de leur volume d'eau, le réseau de base ne doit pas être densifié pour ces bassins; cela serait d'ailleurs difficile, car beaucoup de stations devraient être construites sur des petits affluents des lacs. Les grands bassins versants intermédiaires des stations Rhein – Rheinfelden, Sarine – Fribourg, Aare – Murgenthal et Aare – Brugg ne sont pas non plus trop critiques, puisque les débits sont largement déterminés par les barrages situés sur les lacs en amont et/ou puisque le bassin intermédiaire est petit par rapport à l'ensemble du bassin versant. Pour sept stations, qui sont toutes situées dans des vallées alpines internes à l'exception de la station Sarine – Broc, il faut en revanche examiner s'il est nécessaire de densifier le réseau ou prendre des mesures correspondantes lorsque le besoin de densification est déjà établi (cf. tab. 10). Dans ces sept bassins versants, la forte influence due à l'utilisation de la force hydraulique et aux dérivations et adductions du bassin qui lui sont associées complique passablement le calcul du régime hydrique ou le rend parfois irréalisable. À noter que c'est aussi le cas dans certaines stations du réseau de base (p.ex. Hinterrhein – Fürstenu). À cet égard, il faudrait examiner s'il serait possible de mieux relever les dérivations et les adductions pour pouvoir les utiliser dans le calcul du régime hydrique. Il faudrait aussi examiner si la prise en compte des stations de mesure cantonales existantes permettrait de diminuer la taille des bassins versants intermédiaires.

8.3.2 Domaine d'application « Prévion et alerte en cas de crue »

Les plus grandes lacunes en matière de prévion des crues dans l'actuel réseau de mesure de l'OFEV et des cantons se trouvent dans les régions alpines, notamment en Valais et aux Grisons. La qualité des prévions de crue pourrait être considérablement améliorée si l'OFEV pouvait relever des données de débit aux lieux suivants :

- Rhone – Region Leuk,
- Hinterrhein – Andeer.

Le canton du Valais est en train de mettre en place son propre réseau de mesure. Plusieurs stations ont été installées ces dernières années et d'autres sont à l'étude. Parmi les stations déjà en place, celle de Matter Vispa – St. Niklaus présente en particulier un grand intérêt pour l'OFEV. Les stations La Navisence – Chippis, Lonza – Gampel, Saaser Vispa – Saas-Balen, Drance d'Entremont – Orsières et Drance de Ferret – Orsières pourraient en outre être utiles. Parmi les stations prévues, les stations suivantes seraient intéressantes pour la prévion des crues: Rhône – Sierre, Binna – Binn, La Vièze de Champéry – Troistorrents, Salentse – Saillon, La Losentse – Chamoson, La Fare – Riddes, La Rèche – Chalais, La Dixence – Hérémence, Wysswasser – Fiesch, La Printse – Nendaz, Salanfe – Vernayaz.

Le canton des Grisons a également développé son réseau de mesures, qui compte désormais 32 stations de mesure du niveau d'eau et/ou de débit, dont treize pourraient présenter un intérêt pour la prévion des crues. Les investigations nécessaires à cet effet sont en cours. Un échange régulier avec tous les cantons est souhaitable, en particulier lorsqu'ils développent leur réseau de mesure.

La prévion des crues a également besoin des données de mesures relevées sur les principaux affluents étrangers. À cet effet, l'OFEV a conclu des conventions avec les services partenaires étrangers. Il en va de même pour les données de mesures de particuliers (p.ex. les centrales hydroélectriques). Ces conventions doivent être régulièrement adaptées et, au besoin, renouvelées.

8.3.3 Autres domaines d'application

Pour tous les autres domaines d'application, le besoin de nouvelles stations de mesure de débit est nul ou faible ; il se peut toutefois que le besoin ne soit pas encore suffisamment concret pour qu'il soit déjà possible d'en déduire les mesures à prendre. Le tableau 11 présente une vue d'ensemble des éventuels besoins des différents domaines d'application.

8.3.4 Stations de mesure superflues

Lorsque des stations du réseau de base ne servent plus à aucun domaine d'application, il faut examiner à

l'aide d'une planification stratégique si elles peuvent être supprimées et, le cas échéant, quelles démarches sont à entreprendre, notamment auprès des cantons et de l'étranger (p.ex. adaptation des contrats, transfert de la station au canton, etc.).

8.3.5 Évaluation globale

La comparaison des exigences susmentionnées avec le réseau de base existant (état 2023) montre qu'il forme une très bonne base pour remplir les exigences minimales des domaines d'application en ce qui concerne la quantité des eaux de surface.

Tab. 11: Besoin éventuel de stations de mesure de débit supplémentaires pour différents domaines d'application

Domaine d'application	Besoin éventuel	Évaluation
Information, prévision et alerte précoce en cas d'étiage	Nouvelles stations éventuellement nécessaires	Il doit y avoir des stations de mesure représentatives pour chacune des 38 régions d'alerte. Comme les stations du réseau de base n'y suffisent pas, il faut donc intégrer des stations cantonales. Le développement de la plateforme nationale sur la sécheresse permettra de déterminer quelles stations cantonales pourront être intégrées et si des nouvelles stations seront éventuellement nécessaires.
Gestion des eaux, protection contre les crues et recherche	Aval des glaciers	Dans le passé, les chercheurs ont souhaité avoir des stations de mesure en aval des glaciers. Ce type de station ne présente cependant plus d'intérêt pour la plupart des petits glaciers en raison de leur fonte rapide. Toutefois, les stations existantes situées en aval de glacier (p.ex. Massa – Blatten ou Rhone – Gletsch) doivent être absolument maintenues.
	Petits bassins du Plateau en territoire agricole	Les petits bassins du Plateau sont importants pour les questions portant sur la qualité de l'eau et l'assèchement des cours d'eau. À cet égard, il convient d'examiner dans quelle mesure les stations cantonales pourraient compléter le réseau de mesure existant.
	Bassins en zone urbaine	La gestion des eaux dans les zones urbaines revêt une importance croissante (p.ex. en raison de l'augmentation des fortes précipitations et du ruissellement). À cet égard, il faut aussi examiner si certaines stations cantonales pourraient compléter le réseau de mesure existant.
	Stations de mesure de débit temporaires	Du point de vue de la recherche, il serait intéressant de disposer de stations de mesure de débit temporaires (quelques années) dans le plus de bassins possible afin de pouvoir mieux calibrer les modèles hydrologiques. Des mesures temporaires de qualité ont cependant un coût très élevé. Il n'existe pas de projet visant à définir quel bassin doit être mesuré avec quel niveau de qualité.
	Bassins de recherche universitaire	Quelques hautes écoles exploitent des stations de mesure dans des bassins versants de recherches, parfois depuis plusieurs décennies. Par le passé, l'OFEV a intégré certaines de ces stations dans le réseau de base pour assurer leur fonctionnement à long terme. La prise en charge d'une station doit toujours être évaluée et décidée au cas par cas.
Qualité de l'eau	Stations NAWA cantonales	Il serait souhaitable que toutes les stations du programme NAWA procèdent à des mesures du débit et de la température de l'eau afin de faciliter l'interprétation des mesures chimiques et biologiques. À l'avenir, les données des stations cantonales de mesure de débit et de la température de l'eau seront intégrées dans la banque de données fédérale pour simplifier les analyses des données NAWA.
	Stations cantonales de mesure de la température	Le réseau de mesure des températures de la Confédération doit être complété par des stations de mesure cantonales. Dans l'idéal, ces stations relèvent aussi des données sur le débit.
Exécution	Aux stations d'épuration	Des stations de mesure de débit seraient utiles pour déterminer l'influence des stations d'épuration, en particulier le degré de dissolution des eaux usées dans les eaux en aval des stations d'épuration.

Tab. 12: Vue d'ensemble du niveau de réalisation des exigences dans le réseau de mesure existant

■ = exigences majoritairement réalisées [exigences minimales]; ■ = partiellement réalisées, des améliorations sont encore possibles.

Domaines d'application								
	Régime hydrique	Prévision des crues	Étiage	Qualité des eaux	Régulation des lacs	Gestion des eaux et recherche	Exécution LEaux	International
Qualité des mesures	■ Il manque un contrôle hydrologique systématique de la qualité des longues séries de mesures.	■ Il manque un précontrôle automatique. Les relations H-Q sont en partie trop imprécises dans la gamme des débits de crue.	■ Il manque un précontrôle automatique. Les relations H-Q sont en partie trop imprécises dans la gamme des étiages.	■	■ La qualité des mesures des stations à ultrasons est insuffisante, p. ex. Aare – Brügg et Aare – Ringgenberg.	■ Il manque un contrôle hydrologique systématique de la qualité des longues séries de mesures.	■	■
Fréquence des mesures	■	■	■	■	■	■	■	■
Délai de mise à disposition	■	■	■	■ Les données validées doivent être disponibles au plus tard en juin de l'année suivante.	■	■ Les données validées doivent être disponibles au plus tard en juin de l'année suivante.	■	■ Les données validées doivent être disponibles au plus tard en juin de l'année suivante.
Couverture spatiale	■ Lacunes en Valais et aux Grisons.	■ Lacunes en Valais et en lien avec le Rhin postérieur.	■ Toutes les régions d'alerte ne sont pas suffisamment couvertes.	■ Lacunes dans les stations pour NAWA Biologie et NAWA TREND.	■	■ Il manque des bassins en zone urbaine et des petits bassins sur le Plateau.	■ Lacunes en lien avec les stations d'épuration	■
Traitement des données	■ Bonnes méta-données nécessaires. Importance des longues séries homogènes.	■ Contrôle de plausibilité automatique pour les prévisions.	■ Bonnes méta-données nécessaires. Importance des longues séries homogènes.	■	■	■ Bonnes méta-données nécessaires. Importance des longues séries homogènes.	■	■

S'agissant des critères de qualité tels que la couverture spatiale, les stations clés et la continuité des séries temporelles, la comparaison globale entre l'état actuel et l'état visé montre avant tout des lacunes dans la couverture spatiale en Valais et aux Grisons et l'importance croissante de disposer de longues séries temporelles homogènes pour réaliser des analyses à une étape ultérieure du processus (p.ex. étiage, modification du régime hydrique) (tab. 12). Il y a aussi des stations dont la présence n'est plus indispensable pour aucun des domaines d'application et qui pourront être supprimées une fois les clarifications de rigueur terminées.

Si l'on veut disposer de données de débit de haute qualité, il faut absolument réaliser un nombre suffisant de mesures sur le terrain (jaugeages et lectures de contrôle du niveau d'eau) et bien entretenir les stations. En outre, il convient d'améliorer l'établissement des relations H-Q, notamment dans le domaine de l'extrapolation (p.ex. par des calculs hydrauliques ou des mesures sans contact de la vitesse). S'agissant de la prévision des crues et des étiages, il est primordial que les données de mesure soient transmises et mises à disposition de manière fiable. Les lacunes de mesure doivent si possible être évitées.

Les données validées doivent être mises à disposition plus rapidement qu'aujourd'hui. Cet objectif devrait pouvoir être atteint en adaptant le processus d'établissement des relations H-Q. Les données doivent en outre être en libre accès sous une forme lisible par machine, ce qui devrait à l'avenir être le cas pour les données de l'OFEV.

Le déroulement des opérations et les processus existants pour le relevé et le traitement des données sont bien établis, même s'ils ne sont pas encore suffisamment documentés. Il manque en outre une stratégie systématique relative aux métadonnées portant sur le relevé et le traitement des données. Ces métadonnées systématiques sont indispensables pour les domaines d'application qui ont besoin d'analyses précises réalisées ultérieurement (p.ex. estimation des étiages, tendances).

Le pilotage du réseau de mesure, incluant une attribution claire des tâches, des compétences et des responsabilités, a été formalisé dans le cadre du projet récemment achevé de la division Hydrologie de l'OFEV intitulé « Établissement des responsabilités pour les réseaux de mesure ».

Les résultats de ce projet doivent maintenant être mis en œuvre au niveau de l'exploitation ; une stratégie à cet effet est en voie de préparation. Le groupe de pilotage, en collaboration avec le groupe d'accompagnement externe qui sera mis sur pied à moyen terme (pour les représentants possibles voir 3.1), est aussi chargé de la planification stratégique et du développement du réseau de mesure.

La bonne collaboration avec les cantons doit se poursuivre, en particulier en raison du rôle crucial que jouent les données provenant en temps quasi réel des stations cantonales pour les activités de prévision de la division Hydrologie de l'OFEV. Le rôle du GHQ pour la conception du réseau de base doit être clarifié.

La coordination avec les pays riverains du Rhin est assurée par la « Commission Internationale de l'Hydrologie du Bassin du Rhin » (CHR) et la « Commission Internationale pour la Protection du Rhin » (CIPR). Des instances équivalentes sont en train d'être mises en place pour les bassins versants du Rhône et des cours d'eau du sud des Alpes.

9 Mesures nécessaires

Ce chapitre contient des recommandations en vue de possibles améliorations.

Couverture spatiale

Priorité	Mesures nécessaires
1	Préserver le réseau de mesure actuel. Préserver et garantir en particulier les stations avec des longues séries temporelles et celles situées dans des bassins versants peu influencés par les activités humaines (p. ex. pour étudier l'impact des changements climatiques, pour l'utilisation de l'eau et pour le développement de méthodes). Cela concerne en particulier aussi les bassins de recherches hydrologiques, les bassins versants non influencés de très petite taille et les bassins avec un taux de glaciation élevé.
1	Une réflexion approfondie est à mener pour savoir où des nouvelles stations seraient opportunes pour le nouveau domaine d'application « Information, prévision et alerte précoce en cas d'étiage ». Les bases à cet égard sont pour l'instant tenues à disposition sur la Plateforme nationale sur la sécheresse.
1	Examiner l'utilisation des stations de mesure cantonales pour tous les domaines d'application. Intégrer ces données dans le système d'information sur les eaux de la Confédération.
1	Identifier périodiquement les stations de mesure superflues et supprimer ces stations ou les exclure d'un domaine d'application. La suppression des stations doit être discutée au sein du groupe de pilotage.
2	Du point de vue des prévisions des crues, des nouvelles stations de mesure de l'OFEV sont nécessaires sur le Rhône (région de Loèche) et sur le Rhin postérieur. Une collaboration avec les cantons du Valais et des Grisons doit être recherchée.
3	Réviser le programme des HUG et les mesures dans les bassins versants naturels de petite taille, en particulier en vue de l'intégration des bassins versants en zone urbaine et des petits bassins versants du Plateau ainsi que des bassins cantonaux.
3	Examiner l'utilisation de stations de mesure de débit temporaires (p. ex. pour la calibration des modèles, etc.).
3	Vérifier régulièrement l'attribution des stations aux domaines d'application.

Constructions et infrastructures de mesure

Priorité	Mesures nécessaires
1	Transformer ou déplacer des stations de mesure en raison de renaturations, du rétablissement de la migration piscicole ou du charriage, de projets de protection contre les crues ou d'installations hydroélectriques.
1	Garantir l'entretien technique des stations et des constructions dans le chenal et s'assurer en particulier que les ressources financières nécessaires soient disponibles.
1	Améliorer les systèmes de mesure là où c'est nécessaire (tenir compte de la plage de mesure des capteurs, aménager un bon accès aux installations pour la maintenance, etc.) et veiller à ce que la technique de mesure corresponde à l'état de la technique (communication et collecteur de données).
2	Procéder à des améliorations techniques des stations pour améliorer la qualité des mesures (en particulier aussi les chenaux d'étiage).
3	Examiner l'utilisation des données sur la température et la conductivité pour la correction des données sur le niveau d'eau et le débit.

Fréquences des mesures, délai de mise à disposition et redondance

Priorité	Mesures nécessaires
1	Optimiser le processus d'établissement des données validées pour qu'elles soient mises à disposition plus rapidement (au cours de l'année suivante).
3	Équiper toutes les stations de manière à garantir la redondance des données.

Qualité et distribution des données

Priorité	Mesures nécessaires
1	Évaluer de manière détaillée et standardisée la qualité de chaque station de mesure par gamme de débit (qualité de l'emplacement, fiabilité et exactitude de la relation H-Q) afin de disposer d'une base pour des mesures ciblées, p.ex. la détermination du nombre de jaugeages annuels nécessaires. Améliorer les connaissances sur l'influence que les constructions dans le chenal, mais aussi la maintenance et les travaux d'entretien ont sur la qualité des données.
1	<ul style="list-style-type: none"> • Élaborer et mettre en œuvre une gestion systématique des métadonnées : • élaborer une stratégie relative aux métadonnées et les relever en conséquence, • documenter les étapes du traitement des données, • enregistrer les paramètres secondaires (p.ex. la pression du compresseur).
1	Standardiser et automatiser les contrôles de données actuellement effectués à la main et la vérification de la cohérence dans le système d'information sur l'eau (le traitement technique/thématique devrait suivre des critères clairement fixés à l'avance). Élaborer des règles pour la correction du niveau d'eau et du débit (reconstitution des données en cas de lacune, gestion des valeurs aberrantes, etc.).
1	Examiner s'il est possible de faire passer à l'avenir également les flux rapides de données par la banque de données pour mettre des données automatiquement précorrigées à la disposition de la prévision et des publications en ligne.
1	Optimiser le processus d'établissement de la relation H-Q (y.c. intégration du potentiel des modélisations hydrauliques) comme base pour l'amélioration de l'emplacement de mesure ou des relations H-Q, avant tout pour les valeurs extrêmes.
1	Données ouvertes (obligation légale selon la LMETA) : mettre à disposition les données hydrologiques en libre accès sous une forme lisible par machine.
2	Élaborer une stratégie pour la gestion des corrections ayant un effet rétroactif sur les données.
2	Examiner s'il est possible d'automatiser le contrôle de plausibilité et la correction des données brutes pour les prévisions (valeurs aberrantes et lacunes).
2	Examiner s'il est possible de déjà calculer la moyenne au niveau du collecteur de données et l'incidence que cela aurait sur les valeurs de mesure stockées (réduction des débits de pointe).
2	Examiner s'il est nécessaire de numériser d'autres données historiques.
3	Procéder à des analyses d'homogénéité pour s'assurer que les données qui couvrent différentes périodes sont comparables.
3	Examiner le potentiel des modélisations du régime hydrique pour contrôler les données et introduire une validation hydrologique des données.

Mesures organisationnelles

Priorité	Mesures nécessaires
1	Maintenir un groupe interne pour le pilotage du réseau de mesure.
1	Mettre sur pied un groupe d'accompagnement externe pour le pilotage du réseau de mesure avec les cantons (ou confier ce pilotage à un groupe de travail au sein du GHO).
1	Contrôler régulièrement la stratégie (tous les cinq ans) ainsi que les mesures à prendre et leur priorisation (chaque année).
2	Établir une stratégie « Gestion des données cantonales ».
3	Actualiser et compléter les ouvrages « Handbuch der Pegelmessung » (Wyder, 1998) et « Handbuch der Abflussmessung » (Landeshydrologie, 1982).

Liste des abréviations

ADCP

Acoustic Doppler Current Profiler

AEE

Agence européenne pour l'environnement

CHR

Commission Internationale de l'Hydrologie du Bassin du Rhin

CIPR

Commission Internationale pour la Protection du Rhin

DWH

Data Warehouse MétéoSuisse

EPFZ

École polytechnique fédérale de Zurich

GHO

Groupe d'Hydrologie Opérationnelle de Suisse

GIN

Plateforme commune d'information sur les dangers naturels

GRDC

Global Runoff Data Center

H

Hauteur, niveau d'eau

HADES

Atlas hydrologique de la Suisse

HUG

Bassins de recherches hydrologiques en Suisse

HydroSys

Système d'information sur l'eau

METAS

Institut fédéral de métrologie

NQ, MQ, HQ

Étiage, eaux moyennes, crue

OFEN

Office fédéral de l'énergie

OFEV

Office fédéral de l'environnement

OMM

Organisation météorologique mondiale

Q

Débit

SMOC

Système mondial d'observation du climat

WSL

Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage

Bibliographie

Atlas hydrologique de la Suisse HADES (1999): Version imprimée Planche 5.1 Réseaux hydrométriques – Bassins versants et séries de données. Berne.

Baud, O. (2002): Hybride Methode zur Abflussbestimmung. VAW Mitteilungen 176. (P. D.-I.-E. Minor, Hrsg.) Zürich: Eigenverlag der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie ETHZ.

CEN/TC (2017): Management of Observed Hydrometric Data – Recommendations.

Dariento, M., Renard, B., Le Coz, J., et Lang, M. (2021): Detection of stage discharge rating shifts using gaugings: A recursive segmentation procedure accounting for observational and model uncertainties. *Water Resources Research*, 57(e2020WR028607). doi :<https://doi.org/10.1029/2020WR028607>

EHB, E. H. (1907): Die Entwicklung der Hydrometrie in der Schweiz. Bern: Eidgenössisches Departement des Innern.

Ghezzi, C. (1926): Die Abflussverhältnisse des Rheins in Basel. Bern: Mitteilungen des Eidgenössischen Amtes für Wasserwirtschaft 19.

Hydromaps (2019): Plateforme de données et d'analyse. Consulté sur https://hydromaps.ch/#fr/8/46.830/8.193/bl_hds

Kasser, P., et Schnitter, G. (1967): Hydrologie. In J. C. THAMS: The Development of Geodesy and Geophysics in Switzerland (p. 84–93). Zürich: Berichtshaus.

Landeshydrologie Hrsg. (1982): Handbuch für die Abflussmessung, Mitteilungen Nr.4. Bern: Bundesamt für Umweltschutz.

LUBW, Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (2014): Pegelbetrieb und Unterhaltung: Handlungsempfehlung Pegel- und Datendienst.

Lustenberger, F., Zappa, M., Liechti, K., Barben, M. (2023): Wasserhaushalt der Schweiz 2022: Einordnung. *Wasser Energie Luft*, 2, S. 80–84.

Morgenschweiss, G. (2010): Hydrometrie: Theorie und Praxis der Durchflussmessung in offenen Gerinnen. Berlin Heidelberg: Springer Verlag.

OFEV (2013): NAWA – Observation nationale de la qualité des eaux de surface. Cours d'eau. Berne: Office fédéral de l'environnement. Téléchargeable sous : www.bafu.admin.ch/fr/publication?id=uiS9MmdCgdBM

OFEV (2017): L'Annuaire hydrologique de la Suisse fête ses 100 ans. L'annuaire hydrologique au fil du temps: formats et contenus de la publication de ses débuts à aujourd'hui. Téléchargeable sous : www.bafu.admin.ch/fr/publications-eaux

Office fédéral des eaux et de la géologie, OFEG (2003): Histoire de la protection contre les crues en Suisse, Bienne: Rapport de l'OFEG, Série Eaux.

OMM (2006): Règlement technique, Volume III: Hydrologie. Document de base no 2. Téléchargeable sur https://library.wmo.int/fr/records/item/31949-reglement-technique-volume-iii-hydrologie?language_id=15&offset=30

OMM (2012): Guide des pratiques hydrologiques (OMM-No 168), volume I. Hydrologie – De la mesure à l'information hydrologique. Téléchargeable sur <https://library.wmo.int/records/item/32206-guide-des-pratiques-hydrologiques-volume-i>

OMM (2023, mise à jour en 2024): Manuel du Système mondial intégré d'observation de l'OMM. Annexe VIII du Règlement technique de l'OMM. Téléchargeable sur <https://library.wmo.int/records/item/54739-manuel-du-systeme-mondial-integre-des-systemes-d-observation-de-l-omm?offset=9>

Puechberty, R., Perret, C., Poligot Pitsch, S., Battaglia, A. (2017): Charte qualité de l'hydrométrie. Guide de bonnes

pratiques. France: Ministère de l'environnement, de l'énergie et de la mer.

Salvador P-H., Lukes R., Carrel M., Lüthi B. (2021): Image-based flow measurements in wide rivers using a multi-view approach. Interpreavent. www.photrack.ch/images/Pena_etal_Montlingen_IP2021.pdf

Schädler, B. (2015): Überprüfung Messkonzept Wasserrhaushalt Datensatz WHH300km². Analyse im Auftrag des BAFU, Universität Bern Oeschger Centre for Climate Change Research, Bern.

Schüepp, M., Gensler, G. (1980): Klimaregionen der Schweiz. In G. Müller: Die Beobachtungsnetze der Schweizerischen Meteorologischen Anstalt. Konzept 1980. Zürich: Arbeitsbericht der Schweiz. Met. Zentralanstalt Arbeitsbericht Nr. 93, Anhang Ib.

Service hydrologique et géologique national (éd.) (1988): 125 ans d'hydrométrie en Suisse: Symposium. Berne: Communication du Service hydrologique et géologique national 9.

Steeb, N., Lustenberger, F., et Zappa, M. (2024): Beurteilung der Beeinflussung des Abflusses an NAWA-Messstellen. Studie im Auftrag des BAFU. Creative-Commons-Lizenz CC BY 4.0, Birmensdorf. doi:<http://doi.org/10.55419/wsl:3779>

Vischer, D. (2000): Tulla und die Schweiz. Wasserwirtschaft 90/10, S. 472–478.

WMO (2025a). OSCAR. Consulté sur <https://space.oscar.wmo.int/variables>

WMO (2025b): WMO Integrated Global Observing System (WIGOS). Consulté sur <https://community.wmo.int/en/activity-areas/WIGOS>

Wyder, D. (1998): Handbuch der Pegelmessung. Bern: Schweizer Landeshydrologie und -geologie.

Annexe 1 Nomenclature du réseau de base

L'appellation d'une station suit le schéma suivant : nom du cours d'eau/lac – nom de la commune, (facultativement un nom local ou une précision) (p.ex. : Aare – Bern, Schönaue). Le nom demeure même si celui de la commune ou le nom local change au cours du temps (p.ex. par suite d'une fusion de commune). Avant 1965, l'emplacement exact de la station était encore décrit dans les annuaires avec des indications topographiques comme « 100 m en amont du pont ». Ce n'est qu'à partir de l'annuaire de 1965 que les coordonnées nationales de l'emplacement des stations en service ont été relevées et publiées. Les anciennes indications relatives au lieu ont par contre continué à être publiées dans la liste des stations supprimées⁷. Les coordonnées des stations qui avaient déjà été supprimées à cette époque ont été déterminées après coup (lors de la création de la banque de données du Service hydrologique national [DBLH], vers 1986, ou de l'établissement du panneau 5.1 HADES en 1989). Depuis l'Annuaire hydrologique de 1917, la distance entre la station et l'embouchure ou la frontière suisse est aussi indiquée en km de cours d'eau. Il n'est pas possible d'indiquer avec certitude jusqu'à quand ces indications ont été fournies. Lors de la correction des données de base en 2020, il a été décidé de ne plus corriger et de ne plus indiquer ces valeurs⁸.

Avant 1960, il n'existait pas de numérotation fixe pour les stations. Jusqu'en 1963, la numérotation dans les annuaires changeait chaque année selon une clé hydrographique de la source à l'embouchure et selon le bassin versant. Lors de la mise en place du traitement numérique des données, en 1964, un numéro de station fixe (Histstat_nr) a été introduit. Ce numéro figure dans les anciens dossiers établis pour chaque station. Les numéros ont probablement été attribués dans l'ordre chronologique de la mise en service des stations, avec le n° 1 donné à la plus ancienne station (Rhein – Basel, Schifflände). On ne sait pas si un numéro a été attribué seulement aux stations actives ou si les stations déjà hors service à cette époque ou les stations de mesure des eaux souterraines en ont aussi reçu un.

Vers 1978, un nouveau numéro de trois chiffres a été introduit, appelé numéro TED. On ne connaît pas les critères utilisés pour la première attribution des numéros TED, mais la numérotation s'oriente probablement sur la liste des stations en service à cette époque, établie selon la date du début de l'exploitation. La numérotation ne faisait aucune distinction entre les différents réseaux de mesure (lacs, cours d'eau et eaux souterraines). Les stations qui étaient déjà supprimées à cette époque ne reçurent pas de numéro TED. Les numéros TED et les numéros Histstat ne concordent donc pas. Lors de la création de la banque de données du Service hydrologique national (DBLH) en 1986, les stations reçurent un nouveau numéro de banque de données (numéro DBLH), composé de cinq chiffres au maximum, qui devint l'identifiant unique (unique identifier). Un numéro DBLH a aussi été attribué aux séries temporelles des stations qui étaient déjà supprimées à cette époque, aux stations secondaires et aux séries de données relatives aux eaux souterraines, indépendamment de la sauvegarde de leurs données dans la banque de données. Les seules stations qui ne reçurent pas de numéro DBLH furent celles pour lesquelles il n'était plus possible de trouver des données. Les règles utilisées pour l'attribution des numéros figurent au point 3.3.2 du manuel DBLH. Il n'existe pas de rapport entre les numéros TED et les numéros DBLH. Les numéros des nouvelles stations ont été attribués dans l'ordre chronologique, indépendamment du bassin versant ou de leur emplacement le long d'un cours d'eau.

Les premières stations automatisées enregistrant des données en continu ont été mises en service à partir de 1991. Un numéro TED de quatre chiffres a alors été introduit afin de pouvoir distinguer entre les données provenant d'enregistrements analogiques (limnigraphe) et les données automatisées. À cet effet, l'ancien numéro TED de trois chiffres a simplement été complété par un quatrième chiffre ou code placé au début du numéro. Les stations sans relevé automatique ont gardé leur numéro de trois chiffres et les stations automatisées ont reçu un numéro de quatre chiffres. À partir de 1992, le numéro TED de quatre chiffres a aussi été publié dans l'Annuaire hydrologique afin de simplifier la commande électronique des données. Les stations qui avaient déjà été supprimées n'avaient d'abord pas reçu de numéro TED. Ce n'est que lors de la migration dans la banque de données WISKI en 2020 que les numéros TED sont

⁷ C'est le cas jusqu'au dernier annuaire avec les tableaux annuels 2010. La liste des stations supprimées ne contient des coordonnées que pour les stations qui ont été supprimées après 1965.

⁸ Cette décision se fonde sur le constat qu'avec l'utilisation des coordonnées, l'objectif initial de cette indication (à savoir la localisation exacte de la station sur le terrain) est devenu obsolète.

devenus les numéros de station et que toutes les stations supprimées ont encore reçu après coup un numéro de station et un code ⁹. Les stations historiques dont les données ne figurent pas dans la banque de données continuent à ne pas avoir de numéro de station. Le tableau 13 indique l'ancienne et l'actuelle signification du code du numéro TED/numéro de station. Le numéro de station est aujourd'hui le seul numéro utilisé pour identifier une station.

Au cours de la numérisation de l'archive à partir de 2020, on a trouvé des documents sur d'autres stations et emplacements de mesure qui n'avaient pas de numéro DBLH. Pour l'archivage, on leur a attribué un numéro DBLH entre 02000 et 03xxx (tous les numéros DBLH existants sont ≤ 01500). Ces stations et emplacements de mesure ne possèdent pour l'instant pas de numéro de station, mais il serait simple de leur en attribuer un (avec le code 9 et 10 selon la règle : numéro de station = n° DBLH + 7000).

Depuis l'introduction de la banque de données Wiski, le numéro de station est l'identifiant unique (unique identifier) des stations du réseau de base ; le numéro DBLH est

encore indiqué comme métadonnée pour permettre l'accès aux documents historiques. Le numéro histstat n'a pas été repris dans la banque de données et n'a aujourd'hui plus aucune signification.

⁹ La base utilisée était le numéro DBLH, auquel le chiffre 7000 a été ajouté.

Tab. 13: Signification du code des numéros TED introduits en 1978 et des numéros de station utilisés aujourd'hui pour les stations de mesure de la Confédération

Les numéros TED et les numéros de station sont identiques.

Code	Signification initiale pour le numéro TED	Signification actuelle du numéro de la station	Remarque
0XXX	Station totale	Station totale	Code 0, suivi des trois derniers chiffres du numéro de la station principale
1XXX	Stations redondantes	Niveau historique des crues avec limnigraphe	Par le passé, une station équipée de systèmes de mesure redondants pouvait avoir deux numéros (code 1 et 2 suivis du même numéro de trois chiffres). Lors de l'introduction des points de mesure dans la banque de données Wiski, les séries temporelles des stations redondantes ont été attribuées aux stations principales. Les stations restantes avec le code 1 sont des anciens limnimètres à maximum pour les crues équipés de limnigraphe.
2XXX	Stations principales, stations secondaires et stations ordinaires pour la mesure du niveau d'eau et du débit	Toutes les stations de mesure du niveau d'eau et du débit qui ont été actives à partir de 1965 commencent aujourd'hui avec le chiffre 2.	
3XXX	Pas utilisé	Pas utilisé	
4XXX	Kantonale Stationen	Wird nicht mehr verwendet	Les stations cantonales qui figurent dans la banque de données portent aujourd'hui le numéro cantonal précédé de l'abréviation du canton. Il y a encore quelques stations historiques avec ce code dans la banque de données. ¹
5XXX	Pas utilisé	Pas utilisé	
6XXX	Station d'observation des eaux souterraines à proximité de station de mesure pour quantifier le débit souterrain à côté de la station.	N'est plus utilisé.	Les stations ont été intégrées en 2006 dans le réseau de l'Observation nationale des eaux souterraines NAQUA ou supprimées. Les stations d'observation NAQUA ont aujourd'hui une autre numérotation. Il y a encore quelques stations historiques avec ce code dans la banque de données.
7XXX	Pas utilisé	Stations historiques supprimées avant 1965 avec numéro DBLH 00001 à 00999 avec des données dans la banque de données	Pour attribuer après coup un numéro TED aussi aux stations historiques supprimées avant 1965, les numéros TED ont été établis selon la règle: Numéro TED = numéro DBLH + 7000.
8XXX	Pas utilisé	Stations historiques supprimées avant 1965 avec numéro DBLH 01000 à 01999 avec des données dans la banque de données.	
9XXX	Station test	Seules trois stations ont pour le moment un numéro commençant par 9. Il ne s'agit pas de stations test.	Deux des trois stations devront à l'avenir être considérées comme emplacement de mesure. La station 9632 Untertorer Mühlbach – Chur, Kantonsschule va recevoir un nouveau numéro avec le code 2. Ainsi, les numéros commençant par 9 pourraient aussi être utilisés pour les stations historiques qui ont reçu un numéro DBLH lors de la numérisation de l'archive et dont les données ne sont pas (encore) dans la banque de données.

¹ Stations qui ont un lien thématique avec les stations de mesure de débit, par exemple les emplacements de mesure des eaux souterraines exploités à proximité d'une station de mesure de débit pour établir un profil transversal de vallée.

Tab. 15: Exigences du domaine d'application « Prédiction et alerte en cas de crue »

	Exigence minimale (RRR: Seuil [Threshold])				Exigence optimale (RRR: Avancée décisive [Breakthrough])				Exigence idéale (RRR: But [Goal])			
	NQ	MQ	<HQ ₃₀	>HQ ₃₀	NQ	MQ	<HQ ₃₀	>HQ ₃₀	NQ	MQ	<HQ ₃₀	>HQ ₃₀
Qualité des mesures												
Précision de la mesure H lacs [mm]*	50	50	50	50	20	50	20	50	10	20	10	20
Précision de la mesure Q cours d'eau [%]* (bons emplacements = fond du lit stable)	10	5	10	20	5	2	5	10	5	1	2	5
Précision de la mesure Q cours d'eau [%]* T orrens/fond du lit variable	20	10	15	30	10	5	10	15	5	1	2	5
Fréquence des mesures												
Fréquence des mesures H cours d'eau [min]	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Fréquence des mesures H lacs [min]	60	60	60	60	10	10	10	10	10	10	10	10
Délai de mise à disposition												
Délai de mise à disposition après l'achèvement de la mesure [min]			30	30			20	20			10	10
Durée de panne max./temps d'intervention [h]			6	6			4	4			0	0
Panne en situation normale [h]			48	48			16	16			0	0
Critères de qualité												
Exigences												
Couverture spatiale	<ul style="list-style-type: none"> • Cours d'eau d'intérêt national (station par tronçon) ainsi que les principaux affluents • Au moins trois stations pour les petits et moyens cours d'eau dans chaque région d'alerte • En aval des glaciers qui génèrent un débit important pour le bassin versant • En aval des lacs d'accumulation importants • Là où il y a des déficits dans le modèle hydrologique 											
Stations clés	–											
Continuité de la série temporelle	Longues séries temporelles pour la calibration des modèles											
Influence sur les stations	L'influence doit être connue et documentée; dans l'idéal elle pourrait être quantifiée											
Traitement des données	Nécessité d'un précontrôle/contrôle des valeurs aberrantes pour les données brutes											
Remarques/principales mesures à prendre	<ul style="list-style-type: none"> • En aval des glaciers • Matternal (Vispa), Leuk (Rhône), Sembrancher (Drance), Andeer (Hinterrhein), Rabiusa (Safiental) • Éventuellement des stations mobiles pour la calibration des modèles 											

* Pour le moment, il n'est par exemple pas possible de s'appuyer sur une base scientifique pour définir la précision de mesure nécessaire pour le domaine d'application « Prédiction des crues ».

Tab. 16 : Exigences du domaine d'application « Information, prévision et alerte précoce en cas de sécheresse »

	Exigence minimale (RRR : Seuil [Threshold])				Exigence optimale (RRR : Avancée décisive [Breakthrough])				Exigence idéale (RRR : But [Goal])			
	NQ	MQ	<HQ ₃₀	>HQ ₃₀	NQ	MQ	<HQ ₃₀	>HQ ₃₀	NQ	MQ	<HQ ₃₀	>HQ ₃₀
Qualité des mesures												
Précision de la mesure H cours d'eau [mm]	Qual 2	Qual 2			Qual 1	Qual 1			Qual 1	Qual 1		
Précision de la mesure H lacs [mm]	Qual 2	Qual 2			Qual 1	Qual 1			Qual 1	Qual 1		
Précision de la mesure Q cours d'eau [%]	Qual 2	Qual 2			Qual 1	Qual 1			Qual 1	Qual 1		
Fréquence des mesures												
Fréquence des mesures H cours d'eau [min]	10	10			10	10						
Fréquence des mesures H lacs [min]	60	60			60	60						
Délai de mise à disposition												
Délai de mise à disposition après l'achèvement de la mesure [h]	24				24							
Durée de panne maximale/temps d'intervention grands bassins versants [h]	24				24							
Critères de qualité	Exigences											
Couverture spatiale	Stations de référence pour la plateforme nationale sur la sécheresse, eaux d'intérêt national ; les petits cours d'eau présentent aussi un grand intérêt ; couvrir si possible tous les régimes d'écoulement (pour les estimations du Q347)											
Stations clés	Stations de référence, stations frontalières ; stations importantes pour la navigation, stations en aval de centrales hydroélectriques (p.ex. Julia – Tiefencastel)											
Continuité de la série temporelle	Dans l'idéal : séries aussi longues que possible en raison de leur grande importance pour l'analyse des tendances (p.ex. changements climatiques)											
Influence sur les stations	L'influence doit être connue et documentée ; les « stations de référence » pour la plateforme nationale sur la sécheresse devraient être le moins influencées possible. Lorsque la station est dans la zone d'influence de centrales hydroélectriques, la quantification des prélèvements par les centrales serait souhaitable.											
Traitement des données	Données brutes et données traitées (moyenne journalière ou minimum journalier)											
Remarques/principales mesures à prendre	Améliorer les mesures en situation d'étiage, améliorer l'extrapolation ou la détermination des relations H-Q pour les situations d'étiage, élaborer des bases sur les débits souterrains au niveau de la station, améliorer les informations sur l'envahissement par la végétation et la formation de glace ; densification du réseau de mesure (p.ex. Hinterrhein, Taschinasbach, Prättigau)											

Tab. 18 : Exigences du domaine d'application « Mise à disposition de bases de données pour la gestion de l'eau, la protection contre les crues et la recherche »

	Exigence minimale (RRR : Seuil [Threshold])				Exigence optimale (RRR : Avancée décisive [Break-through])				Exigence idéale (RRR : But [Goal])			
	NQ	MQ	<HQ ₃₀	>HQ ₃₀	NQ	MQ	<HQ ₃₀	>HQ ₃₀	NQ	MQ	<HQ ₃₀	>HQ ₃₀
Qualité des mesures												
Précision de la mesure H cours d'eau [mm]	Qual 2	Qual 1	Qual 2	Qual 2	Qual 1	Qual 1	Qual 1	Qual 1				
Précision de la mesure H lacs [mm]	Qual 2	Qual 1	Qual 2	Qual 2	Qual 1	Qual 1	Qual 1	Qual 1				
Précision de la mesure Q cours d'eau [%]	Qual 2	Qual 1	Qual 2	Qual 2	Qual 1	Qual 1	Qual 1	Qual 1				
Fréquence des mesures												
Fréquence des mesures H cours d'eau [min]	10	10	10	10	5	5	5	5				
Fréquence des mesures H lacs [min]	60	60	60	60	10	10	10	10				
Délai de mise à disposition												
Délai de mise à disposition après l'achèvement de la mesure	Année suivante											
Durée de panne maximale/temps d'intervention	Si possible pas de lacune ; les lacunes doivent être bien documentées et les données manquantes doivent être dans la mesure du possible reconstituées											
Critères de qualité												
Couverture spatiale	• Pour la recherche, les bassins qui, regroupés, couvrent une grande diversité de caractéristiques des bassins • HUG/petits bassins versants : couvrir si possible tous les régimes d'écoulement suisses, toutes les altitudes, informations sur le régime hydrique pour les bassins versants de petite à moyenne échelle											
Stations clés	Massa – Blatten, Rhone – Gletsch (les deux sont très importantes pour la recherche glaciaire)											
Continuité de la série temporelle	Longues séries de mesures homogènes (plus longues que 60 ans)											
Influence sur les stations	Pour les HUG : bassins le moins possible influencés par les activités humaines ou alors il faut relever les adductions et les dérivations du bassin pour pouvoir calculer le débit naturel											
Traitement des données	Données traitées, métadonnées ; évaluations statistiques											
Remarques/principales mesures à prendre	• État idéal HUG : enregistrement à haute résolution et sur l'ensemble du bassin des variations à long terme des composants pertinents du bilan hydrique. Des informations sur la qualité de l'eau et sur le transport des sédiments et le charriage dans le chenal principal peuvent être fournies à titre complémentaire. • Réviser la stratégie du réseau de mesure des HUG											

Tab. 21: Exigences du domaine d'application « Respect des engagements internationaux »

	Exigence minimale (RRR : Seuil [Threshold])				Exigence optimale (RRR : Avancée décisive [Breakthrough])				Exigence idéale (RRR : But [Goal])			
	NQ	MQ	<HQ ₃₀	>HQ ₃₀	NQ	MQ	<HQ ₃₀	>HQ ₃₀	NQ	MQ	<HQ ₃₀	>HQ ₃₀
Qualité des mesures												
Précision de la mesure H cours d'eau [mm]	Qual 2	Qual 1	Qual 2	Qual 2	Qual 1	Qual 1	Qual 1	Qual 1				
Précision de la mesure H lacs [mm]	Qual 2	Qual 1	Qual 2	Qual 2	Qual 1	Qual 1	Qual 1	Qual 1				
Précision de la mesure Q cours d'eau [%]	Qual 2	Qual 2	Qual 2	Qual 2	Qual 1	Qual 1	Qual 1	Qual 1				
Fréquence des mesures												
Fréquence des mesures H cours d'eau [min]	10	10	10	10	5	5	5	5				
Fréquence des mesures H lacs [min]	60	60	60	60	10	10	10	10				
Délai de mise à disposition												
Délai de mise à disposition après l'achèvement de la mesure	Année suivante											
Durée de panne maximale/temps d'intervention grands cours d'eau	Si possible pas de lacune ; les lacunes doivent être bien documentées et les données manquantes doivent être dans la mesure du possible reconstituées											
Critères de qualité												
Couverture spatiale	Anforderungen (nur ausfüllen, wo relevant für Anwendungsgebiet)											
	• Stations frontalières • Stations mentionnées dans les traités internationaux • Toutes les stations dont les données sont fournies au GRDC, au SMOC ou à l'AAE											
Stations clés	Rhein – Basel, Rheinhalle (2289) ; Rhein – Basel, Klingenthalfähre (2615, seulement H) ; Liechtensteiner Binnenkanal – Ruggell (2410) ; Doubs – Sortie du lac des Brenets (2247) ; Doubs – Combe des Sarrasins (2270) ; Doubs – Le Noirmont (2370) ; Maggia – Locarno, Solduno (2368) ; Derivazione Alto Spöl – San Giacomo di Fraële (2329)											
Continuité de la série temporelle	Particulièrement importante pour les stations SMOC, y.c. les métadonnées											
Influence sur les stations												
Traitement des données	Données brutes ; données traitées pour le GRDC, le SMOC et l'AAE											
Remarques/principales mesures à prendre	Examiner si des stations pourraient être supprimées, car les partenaires internationaux n'ont plus besoin des données											

Annexe 3 Méthodes de mesure du niveau d'eau

Les méthodes de mesure du niveau d'eau sont décrites en détail et en allemand dans Wyder (1998) et Morgenschweis (2010). Les systèmes suivants sont utilisés dans le réseau de base.

Appareils de mesure pneumatiques et capteurs de pression

Mode de fonctionnement :

Mode de fonctionnement : les appareils de mesure pneumatiques mesurent en général le niveau d'eau avec un capteur de pression, dont le tube de bullage est plongé dans le cours d'eau. Ce système mesure la pression hydrostatique au niveau de l'extrémité du tube de bullage. Le tube de bullage doit être protégé du gel et sa pente doit être constante pour éviter que de l'eau de condensation s'y accumule. Il doit être nettoyé régulièrement à l'air comprimé pour éviter qu'il s'engorge (fig. 34).

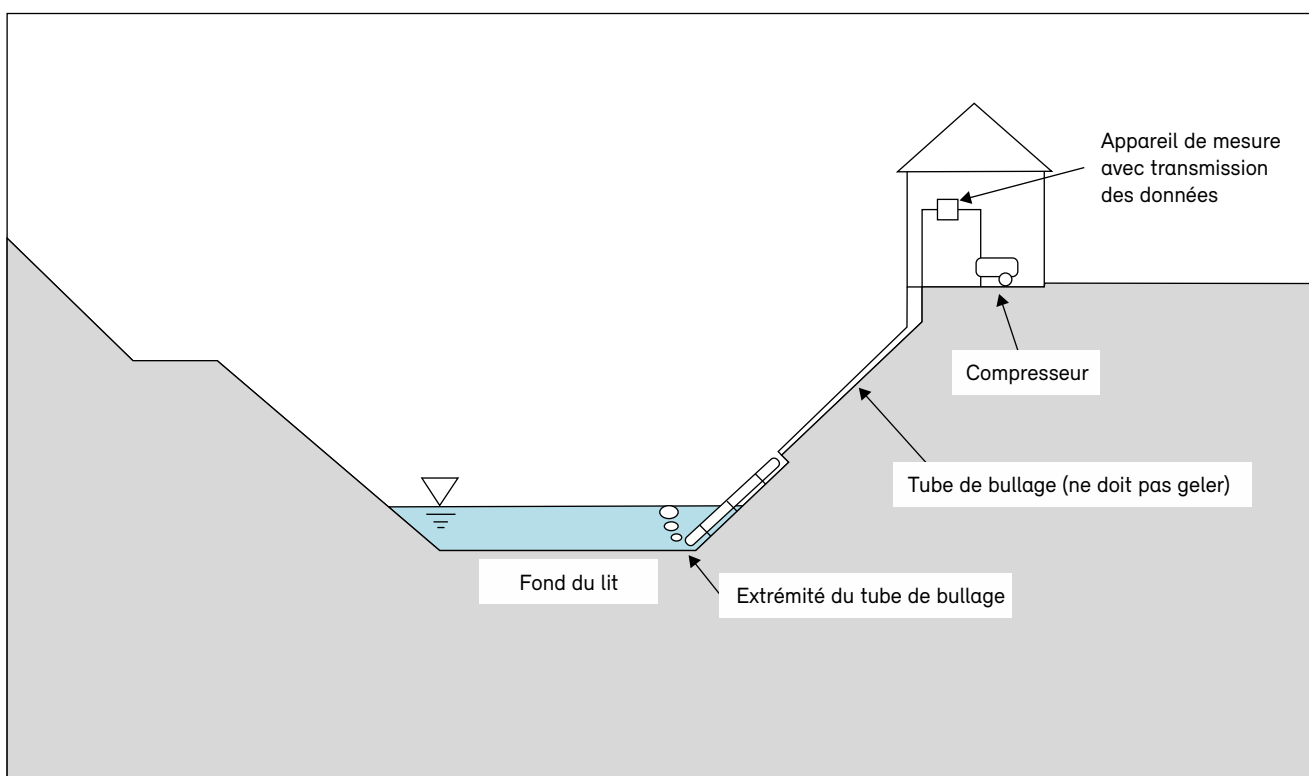
Les capteurs de pression peuvent aussi être immergés directement dans l'eau. L'installation est plus simple que celle

d'un système pneumatique, mais la maintenance demande davantage de travail (risque de dépôts fins sur le capteur) et dépend du niveau d'eau.

Incertitude de mesure :

L'incertitude de mesure d'un capteur de pression dépend de sa plage de mesure. De manière générale, plus la plage de mesure est grande, moins la mesure est précise. Le niveau d'eau peut être mesuré avec une incertitude de < 1 cm, mais seulement avec une petite plage de mesure (en situation d'étiage). La précision des mesures effectuées avec les capteurs de pression dépend aussi de la maintenance. Si le tube de bullage est sale, obstrué, gelé ou non étanche, des erreurs peuvent survenir. Des contrôles et un entretien réguliers sont donc très importants. Lorsque le talus de rive est plat, il peut en outre arriver qu'en cas de crue, les remous sur la berge, les différentes vitesses d'écoulement et la rugosité du lit provoquent des variations du niveau d'eau de l'ordre du décimètre.

Fig. 34 : Représentation schématique d'un appareil de mesure pneumatique



Radar

Mode de fonctionnement :

les radars mesurent la hauteur qui sépare le capteur de la surface de l'eau à l'aide du temps de transit aller-retour de l'onde émise par l'appareil (fig. 35).

Incertitude de mesure :

avec une plage de mesure de 1 m, le niveau d'eau peut être mesuré avec une incertitude d'environ 1 cm (mesure en situation d'étiage). Si la plage de mesure est plus grande, l'incertitude de mesure augmente aussi. Des erreurs peuvent également se produire lorsque la surface de l'eau est agitée. En cas de crue, une poussière de gouttelettes

Fig. 35: Représentation schématique d'un capteur radar

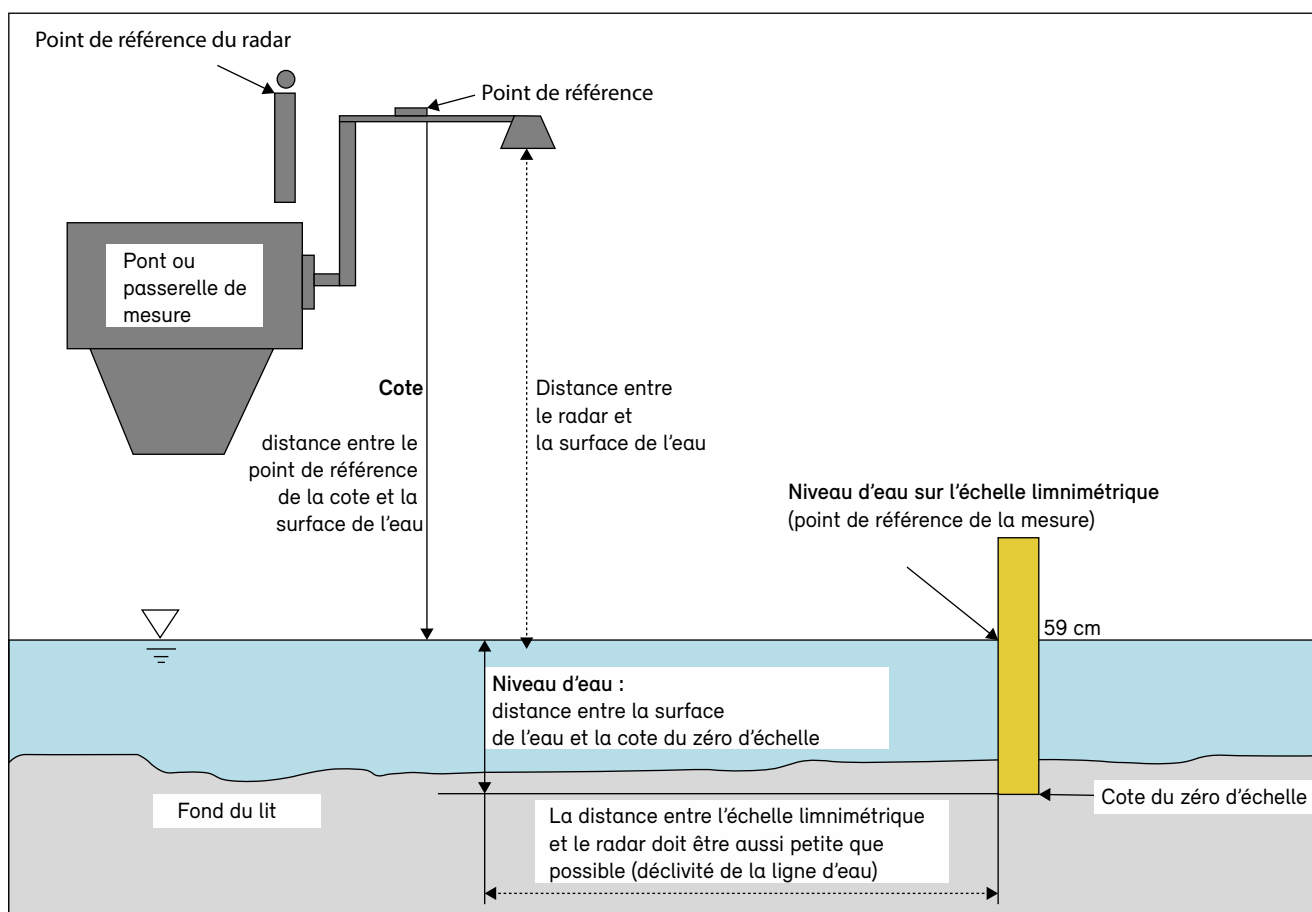


Illustration: LUBW (2014)

peut se former au-dessus de la surface et l'interface air-eau devenir diffuse pour le radar, ce qui fait qu'il n'est plus possible de clairement savoir ce qui est mesuré.

Limnimètre à flotteur

Mode de fonctionnement :

un flotteur sur l'eau suit les mouvements de la surface de l'eau et enregistre le niveau d'eau, qui est transmis par une chaîne perlée sur une poulie. Il est ainsi possible

d'enregistrer électroniquement les mouvements des niveaux d'eau (dispositif d'enregistrement) à l'aide d'un codeur angulaire. La chaîne perlée (ou ruban perforé) est lestée par un contre-poids (fig. 36).

Incertitude de mesure :

les flotteurs de plus grande taille sont plus exacts que les flotteurs de petit diamètre.

Fig. 36 : Représentation schématique d'un limnimètre à flotteur

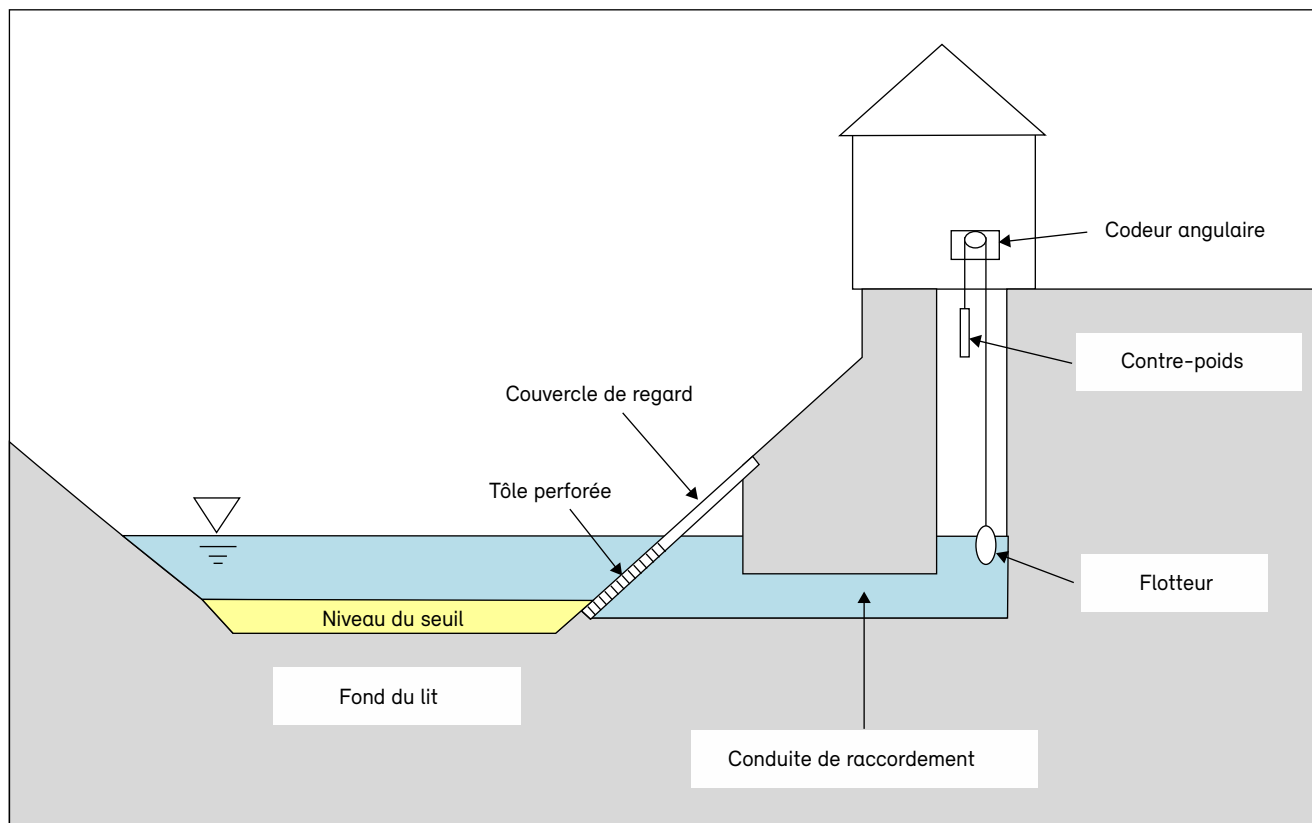


Illustration: LUBW (2014)

Annexe 4 Méthodes de mesure de débit

Les méthodes de mesure de débit sont expliquées en détail et en allemand dans Landeshydrologie (1982), Baud (2002) et Morgenschweis (2010). Les méthodes suivantes sont actuellement utilisées dans le réseau de base.

Mesure au moyen d'un moulinet courantomètre

Un moulinet hydrométrique (fig. 37) mesure la vitesse d'écoulement. Pour garantir la précision des mesures dans la section de mesure, la vitesse d'écoulement est relevée en plusieurs endroits répartis sur toute la largeur et toute la profondeur du cours d'eau; dans les grands cours d'eau, on utilise une installation de câble-grue (fig. 38). La section de mesure doit elle aussi faire l'objet de mesures précises. Une mesure de bonne qualité au moyen d'un moulinet permet de déterminer le débit avec une précision de $\pm 2\%$; la durée des mesures varie entre 1,5 à 2,5 heures.

Mesure au moyen d'un traceur

Cette méthode consiste à injecter une quantité précise de traceur (produit fluorescent [uranine] ou sel de cuisine) dans le cours d'eau (on peut aussi injecter de manière continue une concentration connue de produit) et à en mesurer la concentration plus en aval. Le débit est alors calculé à partir de la dilution du traceur (fig. 39). Cette méthode est surtout utilisée pour les petits cours d'eau présentant un profil irrégulier et un régime d'écoulement turbulent (p.ex. les torrents). La mesure précise du traceur ou de la dilution

permet de déterminer le débit avec une précision de $\pm 5\%$ (durée des mesures: une heure).

ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler)

Le profileur acoustique de vitesse par effet Doppler (ci-après ADCP, de l'anglais Acoustic Doppler Current Profiler) est un sonar actif qui utilise le décalage fréquentiel des impulsions réfléchies par les matières solides en suspension dans l'eau pour déterminer la vitesse locale du courant. Les appareils émettent à intervalle fixe des impulsions ultrasonores dans la gamme de fréquences de 500 kHz à 10 MHz. À l'aide de la détection du fond du lit (bottom tracking) ou du GPS, il est possible de calculer la vitesse absolue de l'eau des différentes couches situées sous l'appareil. Pour des raisons techniques, il n'est pas possible de déterminer la vitesse à la surface et à proximité du fond du lit. Cette méthode est particulièrement appropriée pour les grands cours d'eau avec une profondeur d'eau suffisante et peu de turbulences. Dans des bonnes conditions extérieures, elle permet de déterminer le débit avec une précision de $\pm 2\%$ ¹⁰; on procède pour cela à plusieurs séries de mesures (durée du mesurage: une heure).

¹⁰ Une série de comparaisons entre des mesures effectuées en automne 2012 avec des ADCP et des moulinets dans des conditions difficiles a montré un écart de $\pm 2\%$ au maximum pour près des deux tiers des mesures et un écart de $\pm 3\%$ au maximum pour un cinquième des mesures (étude interne menée par l'OFEV).

Fig. 37: Moulinet hydrométrique pour mesurer la vitesse d'écoulement

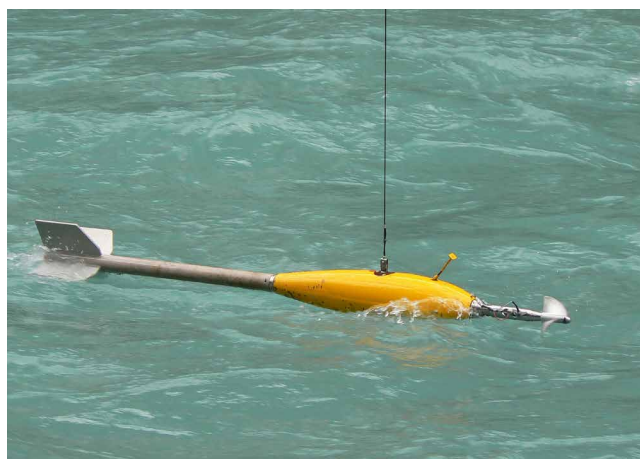


Photo: OFEV

Fig. 38: Quantité d'eau qui coule chaque seconde à travers la section de mesure

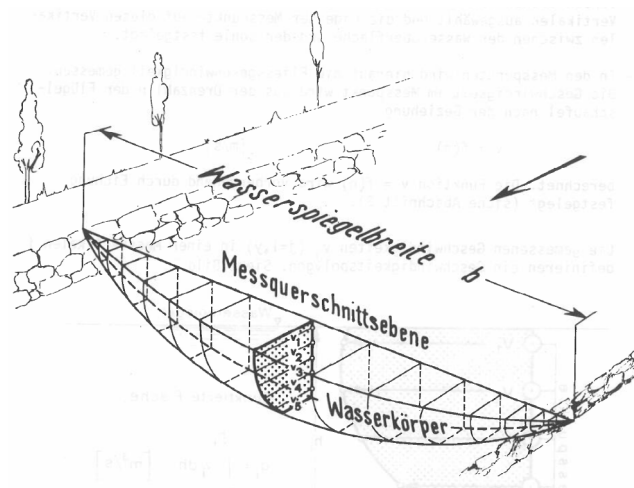


Photo: Landeshydrologie (1982)

Système par ultrasons

Dans cette méthode, des capteurs à ultrasons installés de manière fixe mesurent le temps de parcours de signaux acoustiques dans l'eau entre deux capteurs. Une onde sonore qui se propage dans un cours d'eau contre la direction de l'écoulement a besoin de plus de temps qu'une onde sonore qui se propage dans le sens de l'écoulement. La différence des temps de parcours est directement proportionnelle à la vitesse d'écoulement le long de la ligne utilisée pour la mesure et donc – lorsque la géométrie de la section et du courant est connue – proportionnelle au débit. La précision de la mesure dépend de nombreux facteurs (p.ex. la part des matières en suspension dans le cours d'eau, la vitesse d'écoulement ou des facteurs de perturbation comme les plantes aquatiques ou des dépôts de matière sur les capteurs) et il est difficile d'indiquer dans quelle plage elle se situe. Dans la pratique, on constate fréquemment une imprécision élevée et le mesurage présente un grand risque d'erreur. En outre, les coûts de maintenance pourraient fortement augmenter à l'avenir en raison de la propagation de la moule quagga dans les lacs suisses. Cette méthode de mesure de débit est utilisée aujourd'hui seulement dans six stations, notamment sur les canaux qui relient deux lacs et dans lesquels l'eau peut couler dans les deux directions selon le niveau d'eau des lacs et pour lesquels où il n'y a pas de courbe de tarage univoque.

Mesure de débit sans contact

Les systèmes optiques (caméras vidéo) et les systèmes de radar permettent de mesurer le niveau d'eau et la vitesse

d'écoulement à la surface de l'eau en continu et sans contact (fig. 40). À partir de ces informations, il est également possible de calculer le débit en continu et en temps réel, ce qui rend l'établissement d'une courbe de tarage superflu. Ces systèmes de mesure de débit sont actuellement testés à quelques stations du réseau de base. Le but est d'étudier leur adéquation pour une utilisation opérationnelle ainsi que la qualité des données des débits mesurés dans différents types de cours d'eau et différentes conditions d'écoulement. Ces systèmes pourraient notamment être intéressants pour les stations ou les gammes de débit pour lesquelles les méthodes de mesure de débit classiques touchent à leurs limites (p.ex. les événements de crue dans les torrents ou pour les larges cours d'eau renaturés avec plusieurs chenaux d'écoulement changeant en fonction du niveau d'eau). Ils pourraient en outre nettement réduire la charge de travail aujourd'hui nécessaire pour déterminer le débit.

Fig. 40 : Graphique vectoriel du niveau d'eau et de la vitesse de surface déterminés avec des moyens optiques dans un cours d'eau

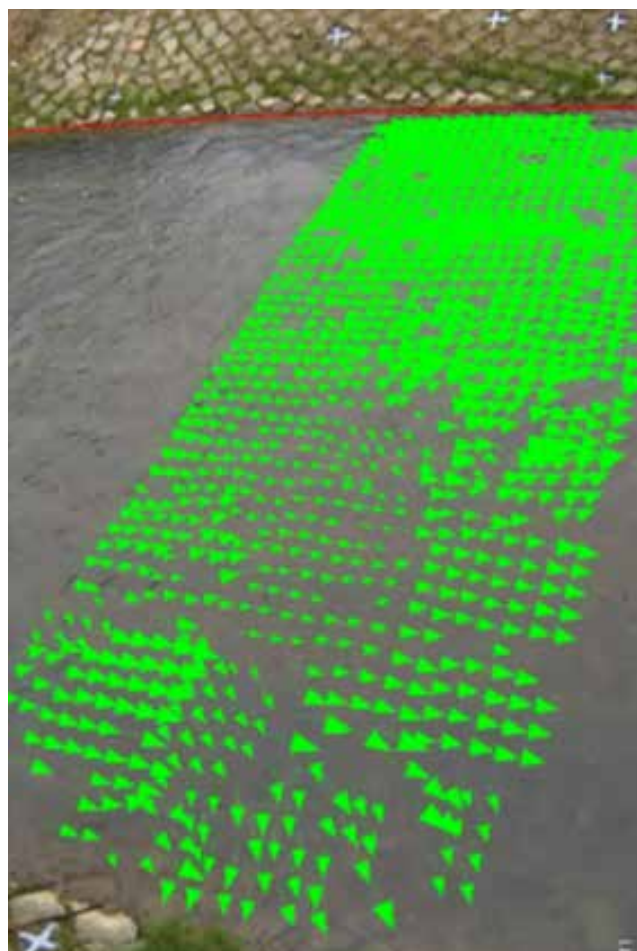


Photo : Salvador et al. (2021)

Fig. 39 : Trace du colorant lors d'une mesure au moyen d'un traceur fluorescent.



Photo : OFEV

Annexe 5 Stations de mesure du réseau de base et leurs attributions en fonction des domaines d'application

Le tableau (en allemand) sur l'attribution des stations actuelles aux domaines d'application

« Zuordnung aktuelle Stationen zu Anwendungsgebieten MNK 2022.xlsx » www.bafu.admin.ch/fr/reseau-de-base-niveau-deau-et-debit-des-eaux-de-surface

Annexe 6 Stations de mesure du réseau de base et des cantons rattachées au domaine d'application « Régulation des lacs »

Tab. 22 : Lacs d'intérêt national et stations de mesure sur les affluents et les effluents utilisées pour la régulation

N° de station	Station limnimétrique lacustre	Stations de mesure de débit de l'OFEV (pertinentes pour la régulation)	Station limnimétrique lacustre fournissant des informations redondantes (OFEV)	Station(s) limnimétrique(s) lacustre(s) redondante(s) cantonales ou à l'étranger
2032	Bodensee (Obersee) – Romanshorn*			Friedrichshafen (D), Bregenz (A)
2043	Bodensee (Untersee) – Berlingen*			Radolfzell (D)
2093	Thunersee – Spiez	<ul style="list-style-type: none"> • Aare – Ringgenberg • Aare – Thun • Gürbe – Belp • Kander – Emdthal • Simme – Oberwil • Simme – Lätterbach • Aare – Bern 		Oberhofen (BE)
2023	Brienzersee – Ringgenberg	<ul style="list-style-type: none"> • Aare – Brienzwiler • Aare – Ringgenberg • Lütschine – Gsteig 		Iseltwald (BE)
2149	Lac de Neuchâtel – Neuchâtel	• Zihlkanal – Gampelen	Grandson	
2004	Murtensee – Murten	• Canal de la Broye – Sugiez		
2208	Bielersee – Ligerz	<ul style="list-style-type: none"> • Aare – Hagneck • Aare – Brügg • Emme – Emmenmatt • Emme – Wiler • Saane – Laupen • Aare – Murgenthal 		Biel/Bienne (BE)
2207	Vierwaldstättersee – Luzern	<ul style="list-style-type: none"> • Reuss – Luzern • Kleine Emme – Emmen 	Brunnen	
2118	Walensee – Murg*		–	–
2209	Zürichsee – Zürich	<ul style="list-style-type: none"> • Sihl – Zürich • Limmat – Zürich 	Schmerikon	
2027	Lac Léman – St-Prex	<ul style="list-style-type: none"> • Rhône – Genève • Rhône – Porte du Scex • Arve – Genève 	Genève	
2021	Lago di Lugano – Ponte Tresa	• Tresa – Ponte Tresa	Melide	Morcote
2022	Lago Maggiore – Locarno ¹	<ul style="list-style-type: none"> • Ticino – Bellinzona • Maggia – Locarno 	Brissago	
2097	Hallwilersee – Meisterschwanden	• Aabach – Hitzkirch		
2137	Baldeggersee – Gelfingen*			
2088	Sarnersee – Sarnen	<ul style="list-style-type: none"> • Sarner Aa – Sarnen • Abfluss Hochwasser-Stollen 		

* lac non régulé

¹ Affluents italiens et effluent (Sesto Calende) disponibles. Les données italiennes sur le niveau du lac (Verbania – Pallanza et Luino) sont disponibles en temps réel (peuvent être transmises à l'OFEV si intérêt).