

Caractéristiques des débits aux stations de mesure

Résumé

Des données sur les débits sont disponibles pour près de 550 stations de mesure. En règle générale, les séries de données couvrent plus de cinq ans. Elles sont utilisées pour représenter graphiquement les principales caractéristiques des débits d'étiage, des débits moyens et des débits de crue à chaque station, d'une part pour les différentes années civiles et d'autre part, le cas échéant, comme moyenne des périodes standard de l'OMM et de la période de référence 1981–2010. La structure et le contenu des graphiques sont expliqués. Des exemples illustrent le vaste champ d'application du thème de la carte.

Auteurs: Rolf Weingartner¹, Alain Bühlmann¹

¹Atlas hydrologique de la Suisse, Hallerstrasse 12, CH-3012 Berne

1 Introduction

Dans la recherche comme dans la pratique, les observations du débit sont fondamentales pour traiter les problématiques hydrologiques. Elles sont utilisées dans de nombreux domaines tels que les études hydrogéographiques, le dimensionnement des ouvrages de protection contre les crues et la gestion durable de l'eau. Diverses méthodes et procédures sont appliquées, qu'il s'agisse d'analyses descriptives élémentaires ou de modélisations statistiques ou déterministes plus ou moins complexes. Dans tous les cas, il est très important d'avoir une bonne vue d'ensemble des caractéristiques du débit d'un cours d'eau pour comprendre le contexte hydrologique d'une part et pour valider les résultats des recherches et modélisations d'autre part. C'est tout l'enjeu du présent thème, qui permet d'afficher pour chaque station de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV, désigné par « Confédération » dans la légende de la carte) et des cantons ayant fourni des données à l'Atlas hydrologique de la Suisse (HADES) les principales caractéristiques des débits d'étiage, des débits moyens et des débits de crue mesurés au cours d'une année civile ou d'une période choisie. Des graphiques du régime d'écoulement, des hydrogrammes annuels ainsi que différentes courbes des débits classés complètent ces informations et donnent un aperçu complet du comportement hydrologique d'un bassin versant.

2 Données et méthodologie

A l'automne 2019, l'OFEV et les cantons ont été invités à mettre leurs données sur les débits à disposition de l'HADES en vue de la réalisation du présent thème. Dans le tableau 1, les cantons dont les services spécialisés ont transmis des données sont signalés par un ✓. Ces données sont disponibles dans divers formats, principalement sous forme de moyennes journalières, tantôt sous forme de valeurs sur 10 minutes, tantôt sous forme de données brutes validées ou non validées. Les différents formats de données ont été convertis en un format normalisé correspondant aux moyennes journalières. La plupart des livraisons contenaient également des données sur les

maxima mensuels, qui ont aussi été normalisées. Le cas échéant, les valeurs des stations pour lesquelles aucun maximum mensuel n'a été fourni ont été dérivées des valeurs sur 10 minutes ou des données brutes. Les erreurs de mesure évidentes que sont les valeurs négatives ont été supprimées des séries de données dans le cadre de la normalisation. Aucune autre validation n'ayant été effectuée, des erreurs de mesure ne peuvent toutefois pas être exclues.

Le présent thème synthétise sous forme de graphiques les divers aspects du débit pour chaque station de mesure : débit moyen annuel (MQ), régime d'écoulement, courbe des débits classés, débit minimal moyen sur sept jours consécutifs annuel (NM7Q) et débit de pointe annuel (HQ_a). Comme les autres caractéristiques, le NM7Q se rapporte à l'année civile et non à l'année d'étiage (du 1er mai au 30 avril) comme c'est le cas dans la planche 5.11 [1] de l'HADES. En plus des valeurs annuelles, les moyennes des périodes standard de l'OMM 1901–1930, 1931–1960, 1961–1990 et de la période de référence actuelle 1981–2010 [2] sont indiquées pour MQ, NM7Q et HQ_a dans la mesure du possible. Le régime d'écoulement et la courbe des débits classés se rapportent à la fois à la série de mesures complète et aux périodes citées. Les caractéristiques des débits ne sont représentées que si le nombre de valeurs manquantes ne dépasse pas le plafond fixé par caractéristique. Ainsi, le débit moyen annuel ne s'affiche que si moins de 20% des moyennes journalières manquent par année civile.

3 Résultats

Au total, 565 stations de mesure sont représentées, dont 204 fédérales (OFEV) et 361 cantonales. Comme le montre la figure 1, les séries de données de la Confédération sont nettement plus longues (médiane de 56 ans) que celles des cantons (médiane de 18 ans). Les stations cantonales couvrant plusieurs périodes standard sont donc très peu nombreuses. Pour chaque station, les caractéristiques des débits apparaissent dans six graphiques. Quatre d'entre eux sont présentés dans la figure 2. Si le régime d'écoulement ou la courbe des débits classés sont basés sur des séries de moins de 5 ans, ils sont tracés en pointillés.

Tableau 1. Sources d'informations et de données pour les métadonnées relatives aux stations hydrométriques. Les services spécialisés indiqués par un ✓ ont également fourni des séries chronologiques des débits (situation au printemps 2020).

Code de la station	Service / Source d'informations et de données	
CH-CHAG-	Bundesamt für Umwelt BAFU, Abteilung Hydrologie	✓
	Kanton Aarau, Departement Bau, Verkehr und Umwelt, Abteilung Landschaft und Gewässer	✓
CHAR-CHBE-	Kanton Appenzell Ausserrhoden, Departement Bau und Volkswirtschaft, Tiefbauamt	✗
	Canton de Berne, Direction des travaux publics et des transports, Office des eaux et des déchets	✓
CHBL-	Kanton Basel-Landschaft, Tiefbauamt bzw. Amt für Umweltschutz und Energie	✓
CHFR-	Etat de Fribourg, Service de l'environnement	✓
CHGE-	République et Canton de Genève, Direction générale de l'eau	✓
CHGL-	Kanton Glarus, Departement Bau und Umwelt	✓
CHGR-	Kanton Graubünden, Amt für Natur und Umwelt	✓
CHLU-CHNE-	Kanton Luzern, Bau-, Umwelt- und Wirtschaftsdepartement, Umwelt und Energie	✓
	République et Canton de Neuchâtel, Département du développement territorial et de l'environnement	✓
CHSG-	Kanton St. Gallen, Amt für Wasser und Energie	✓
CHSH-	Kanton Schaffhausen, Baudepartement, Tiefbau	✓
CHSO-	Kanton Solothurn, Bau- und Justizdepartement, Amt für Umwelt	✓
CHTG-	Kanton Thurgau, Departement für Bau und Umwelt, Amt für Umwelt	✓
CHTI-	Repubblica e Cantone Ticino, Ufficio dei corsi d'acqua	✓
CHVD-	Canton de Vaud, Direction générale de l'environnement	✓
CHVS-	Canton du Valais, Service des forêts, des cours d'eau et du paysage	✗
CHZG-	Kanton Zug, Baudirektion, Amt für Umweltschutz	✓
CHZH-	Kanton Zürich, Baudirektion, Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft	✓

En revanche, la ligne est traitillée pour les séries de 5 à 15 ans, ou continue pour les séries de plus de 15 ans.

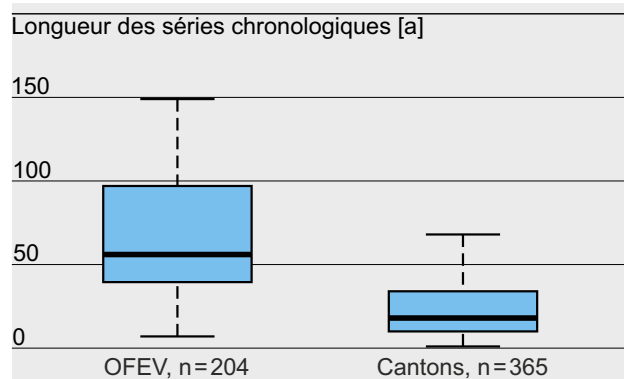


Figure 1. Longueur des séries chronologiques fédérales et cantonales

Les caractéristiques des débits à l'échelle de toutes les stations donnent un aperçu général des conditions d'écoulement en Suisse, comme le montrent ces deux exemples : la figure 3 met en regard le débit spécifique (c.-à-d. le débit par unité de surface du bassin versant) moyen pluriannuel et l'altitude moyenne des bassins versants nord-alpins. A l'exception de quelques valeurs aberrantes, le graphique indique que le débit spécifique augmente en moyenne de près de $2 \text{ l}/(\text{s km}^2)$ par 100 m d'élévation. Les bassins versants alpins (altitude moyenne $\geq 1550 \text{ m}$) présentent des débits spécifiques de $40 \text{ l}/(\text{s km}^2)$ et plus, tandis que

les débits spécifiques les plus faibles observés sont inférieurs à $10 \text{ l}/(\text{s km}^2)$.

La figure 4 montre les différences régionales importantes en matière de crues. Elle représente la dispersion des crues annuelles moyennes des stations de mesure, qui sont différenciées selon leur emplacement (nord des Alpes, sud des Alpes) et l'altitude moyenne du bassin versant. Il en ressort deux constats :

1. Au sud qu'au nord des Alpes, le débit spécifique des crues annuelles moyennes est généralement plus élevé. Cette différence est particulièrement marquée en dessous de 1000 m d'altitude, la médiane étant plus que deux fois plus élevée au sud qu'au nord des Alpes. La forte propension des bassins versants sud-alpins aux processus d'écoulement rapide en surface est liée aux grandes quantités de précipitations (masses d'air humide méditerranéennes), au relief escarpé et au sous-sol cristallin peu perméable.
2. Au nord des Alpes, les débits de crue spécifiques moyens les plus élevés s'observent souvent dans la zone préalpine (entre 1000 à 1550 m d'altitude), du fait des précipitations intenses (orages fréquents), de la topographie et de la présence d'une roche souvent peu perméable (molasse).

4 Exemples d'application

Le thème de la carte peut être exploité de manière optimale grâce à diverses possibilités interactives. Des

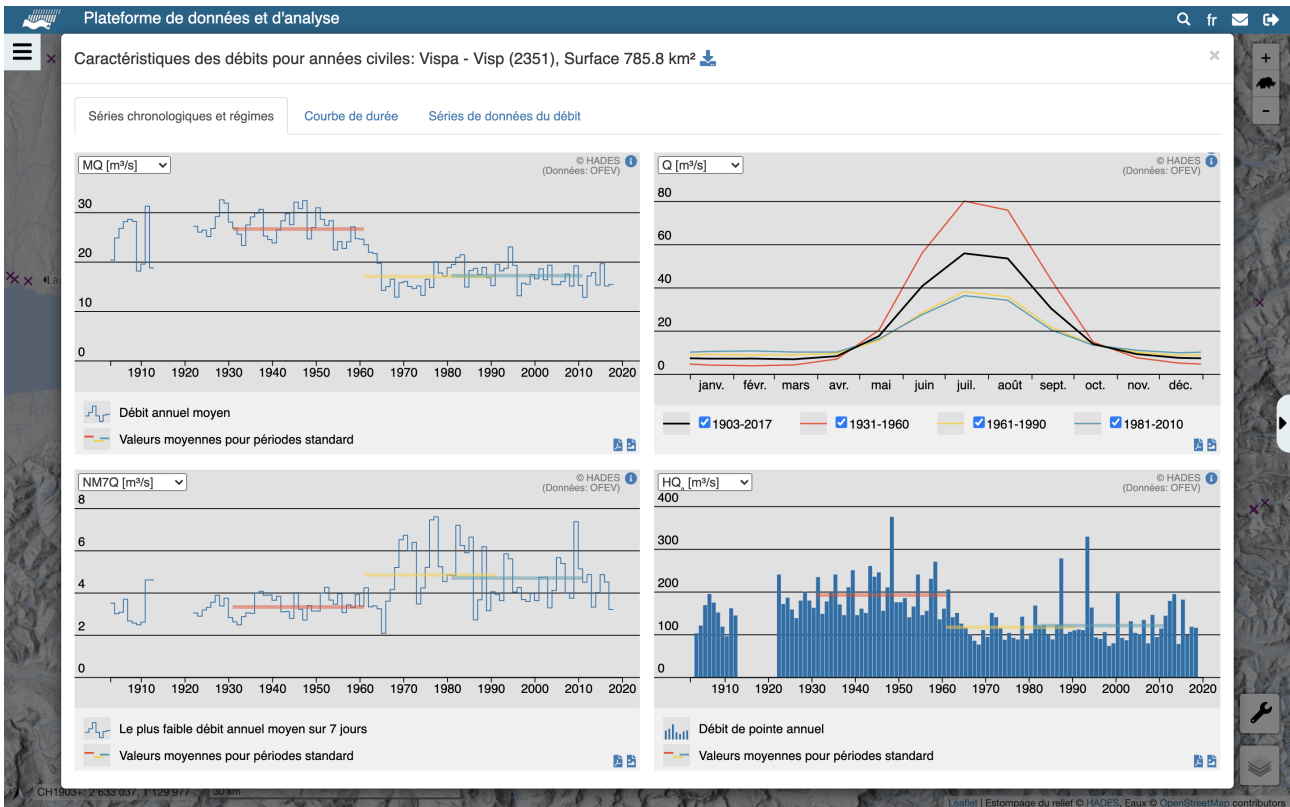


Figure 2. Caractéristiques des débits à la station de mesure Vispa–Visp

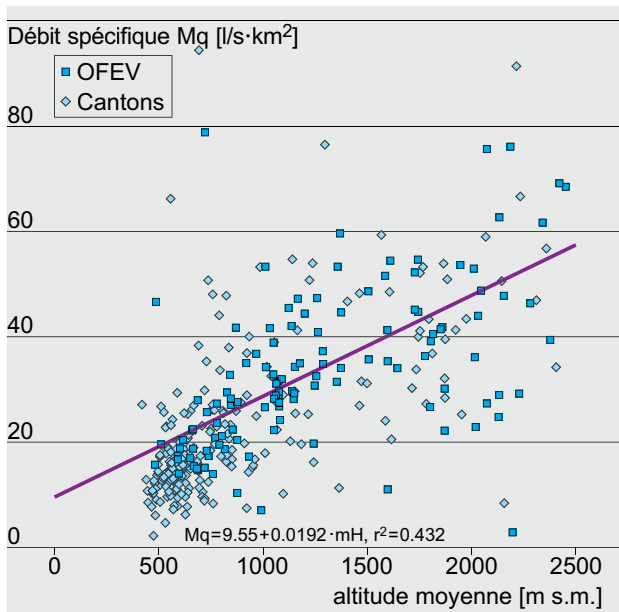


Figure 3. Débit spécifique moyen par rapport à l'altitude moyenne pour les bassins du versant nord des Alpes (bassin versant du Rhin). Mq est dérivé de la série chronologique complète à disposition.

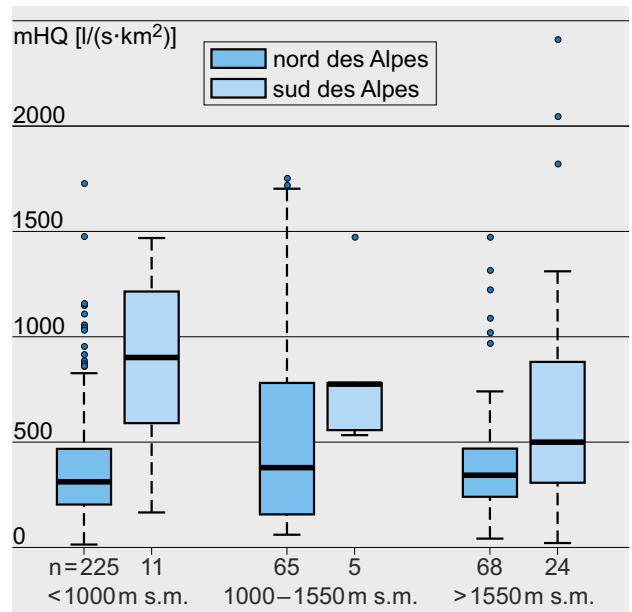


Figure 4. Crues annuelles moyennes mHQ pour les bassins versants du nord des Alpes (bassin versant du Rhin) et du sud des Alpes (Ticino, Adda, Adige), dérivées de la série chronologique complète à disposition

fonctions de filtrage permettent de sélectionner des stations de mesure satisfaisant à certains critères. Des critères de sélection autres que la période de mesure peuvent être choisis sous « Appliquer des filtres supplémentaires ». Par exemple, il est possible de restreindre son choix aux bassins versants alpins situés à une altitude moyenne de ≥ 1550 m (voir [3]).

Un clic sur une station de la carte fait apparaître les trois options suivantes dans une fenêtre pop-up :

1. Affichage du bassin versant correspondant, dont la géométrie peut être téléchargée sous forme de fichier shape.
2. Représentation graphique des caractéristiques des débits à cette station.
3. Lien direct vers le site internet de l'OFEV ou du canton concerné. Des informations complémentaires sur la station s'y trouvent également, souvent accompagnées des valeurs actuelles.

Lorsqu'on clique sur « Caractéristiques des débits », l'onglet « Séries chronologiques et régimes » s'affiche par défaut avec les graphiques correspondants. Pour commencer, concentrons-nous sur le graphique du débit moyen annuel (MQ) : la dimension de l'ordonnée – débit [m^3/s], débit spécifique [$l/(s \text{ km}^2)$] et lame d'eau écoulée [mm/a] – peut être modifiée à volonté. Il suffit de survoler le graphique avec la souris pour lire les valeurs numériques des débits moyens annuels. Si nécessaire, l'extrait de l'axe temporel affiché peut en outre être agrandi ou réduit par défilement. Enfin, les deux icônes placées dans le coin inférieur droit permettent d'exporter le graphique en format svg et png.

L'onglet « Courbe des débits classés » contient les courbes des débits classés des périodes disponibles. Les valeurs des abscisses peuvent être affichées en jours ou en %. La fonction de survol permet, par exemple, de lire le débit Q_{347} , c'est-à-dire le débit qui est atteint ou dépassé pendant 347 jours dans l'année (95 % des jours).

Le graphique de l'onglet « Séries de données » offre également de nombreuses possibilités d'application. Après avoir sélectionné une année, on peut comparer les moyennes journalières avec les indicateurs statistiques de la série de mesures complète et, ainsi, les évaluer. La comparaison graphique directe des hydrogrammes de deux années, par exemple des deux années de crue 1999 et 2005, livre des informations supplémentaires. Le cas échéant, un lien permet de télécharger le tableau annuel correspondant, dans lequel figurent les valeurs numériques.

Examinons maintenant l'exemple concret présenté dans la figure 2 : la station de mesure Vispa–Visp possède une série de mesures particulièrement longue. A partir des années 1960, l'influence de l'utilisation de la force hydraulique sur les conditions d'écoulement devient particulièrement évidente : diminution du débit moyen (MQ) suite à la dérivation de l'eau dans le lac des Dix (voir [4]), modification du régime d'écoulement avec des débits plus élevés en hiver et plus faibles en été en raison de la production d'électricité dans le

bassin versant (centrales de Mattmark) et diminution des pointes de crue, les grandes crues de 1987, 1993 et 2000 restant toutefois bien visibles. L'accroissement du NM7Q après 1960 est lié à la production d'électricité en hiver, qui augmente considérablement les débits naturellement faibles à cette saison. L'influence de l'utilisation de la force hydraulique se reconnaît aussi dans la courbe des débits classés à la forte réduction des grands débits et à l'augmentation des petits, ainsi que dans les hydrogrammes annuels (onglet « Série de données ») au rythme hebdomadaire du débit induit par la production d'électricité.

Cet exemple montre la grande variété des possibilités d'application du présent thème.

5 Versions

Tableau 2. Versions

Version	Description
v1.0 (2020)	Caractéristiques des débits basés sur l'ordre des données de l'automne 2019.

Références

- [1] Helbling, A., Kan, C. et Marti, P. (1992). Etiages – débits moyens minimaux sur plusieurs jours. In : *Atlas hydrologique de la Suisse*. Sous la dir. d'Office fédéral de l'environnement OFEV. T. 1. Planche 5.11. <https://atlashydrologique.ch/produits/version-imprimee/cours-d-eau-et-lacs/planche-5-11>. Berne : Office fédéral de topographie swisstopo.
- [2] Begert, M., Frei, C. et Abbt, M. (2013). *Einführung der Normperiode 1981-2010*. Fachbericht Meteoschweiz 245. <https://www.meteoschweiz.admin.ch/home/service-und-publicationen/publikationen.subpage.html/de/data/publications/2013/9/einfuehrung-der-normperiode-1981-2010-.html>.
- [3] Weingartner, R. et Aschwanden, H. (1992). Régimes d'écoulement comme base pour l'estimation des valeurs moyennes des débits. In : *Atlas hydrologique de la Suisse*. Sous la dir. d'Office fédéral de l'environnement OFEV. T. 1. Planche 5.2. <https://atlashydrologique.ch/produits/version-imprimee/cours-d-eau-et-lacs/planche-5-2>. Berne : Office fédéral de topographie swisstopo.
- [4] Margot, A., Sigg, R., Schädler, B. et Weingartner, R. (1992). Influence sur les cours d'eau des aménagements hydro-électriques (≥ 300 kW) et de la régularisation des lacs. In : *Atlas hydrologique de la Suisse*. Sous la dir. d'Office fédéral de l'environnement OFEV. T. 1. Planche 5.3. <https://atlashydrologique.ch/produits/version-imprimee/cours-d-eau-et-lacs/planche-5-3>. Berne : Office fédéral de topographie swisstopo.