

Planche 5.12 Débits de crue – caractéristiques statistiques, 1971–2007

Introduction

Pour de nombreuses tâches relevant du génie hydraulique, de l'utilisation ou de la protection des eaux, il est très important de connaître les caractéristiques des débits de crue. Cette feuille de l'Atlas reprend la thématique traitée à la planche 5.6 (Débits de crue – analyse de longues séries de mesures) et l'approfondit. D'une part, on peut utiliser des séries de mesures bien plus longues et d'autre part analyser des paramètres supplémentaires, en plus des pointes de crue annuelles moyennes et des coefficients de variation. On trouvera une introduction générale à la thématique des débits de crue dans le texte de la planche 5.6. La statistique des crues des différentes stations de mesure étant actualisée chaque année et disponible sur Internet, on a décidé de ne plus représenter la liste des caractéristiques [3].

Le choix de la période allant de 1971 à 2007 offre divers avantages: les données peuvent être comparées à celles de la planche 5.6, les grands événements de crue de 1999, 2005 et 2007 sont pris en considération, un grand nombre de séries de mesures sont disponibles et la période, qui s'étend sur 37 ans, est suffisamment longue pour des analyses statistiques. De plus, puisque c'est chaque fois la même période qui est examinée pour toutes les stations, il est aussi possible de faire des comparaisons entre les stations.

Le choix des stations représentées s'est fait sur la base des données disponibles et du degré d'influence des débits de crue. Les stations subissant une influence anthropique moyenne à forte n'ont été prises en considération que pour la carte des pointes de crue annuelles moyennes. La classification de l'influence se base sur celle de la planche 5.6.

Pointes de crue annuelles moyennes

La première carte représente les pointes de crue annuelles moyennes (période 1971–2007). Le bassin versant correspondant aux stations peu ou non influencées y est mis en évidence, le bassin versant global d'une station résultant de l'ensemble des bassins situés en amont. Les valeurs classées du débit spécifique, représentées par un triangle de couleur, s'appliquent chaque fois au bassin versant global. A côté du débit spécifique, un chiffre indique le débit de la pointe de crue annuelle moyenne [m³/s]. Cette valeur est également donnée pour les stations moyennement à fortement influencées. Le numéro de la station de mesure renvoie à la planche 5.12, qui contient des informations générales sur les stations.

Il est globalement difficile de dégager de grandes régions ayant un débit spécifique de crue semblable. Les bassins versants des Grisons et du nord-ouest de la Suisse, dans lesquels on n'observe généralement que de faibles débits spécifiques, constituent une exception. Notons cependant que les débits spécifiques issus de très petits bassins, même s'ils sont normalisés sur la surface du bassin, ne sont que partiellement comparables aux débits spécifiques provenant de bassins beaucoup plus étendus. Dans les petits bassins versants, les débits spécifiques peuvent être beaucoup plus élevés que dans les grands.

Variation des pointes de crue annuelles

La deuxième carte représente la variation des pointes de crue annuelles (période 1971–2007) pour les stations choisies sous forme de boxplots. Ceux-ci indiquent la moyenne, le quantile à 25 %, le quantile à 75 % ainsi que le maximum et le minimum des pointes de crue annuelles. Afin que l'on puisse comparer les plots des différentes stations, ce sont les valeurs normalisées, et non les valeurs absolues, qui sont inscrites, la moyenne correspondant chaque fois à la valeur 1. Les boxplots mettent en évidence la grande variabilité entre les stations. La différence entre la moyenne et le maximum varie notamment considérablement: à certaines stations de mesure, la

crue annuelle maximale n'est qu'environ 1.5 fois plus grande que la crue annuelle moyenne, alors qu'à d'autres elle est 3 à 4 fois plus importante.

La couleur des boxplots est une mesure supplémentaire de la variation qui indique l'ordre de grandeur du coefficient de variation (quotient de l'écart type par la moyenne). En réalité, ce dernier convient mieux à l'interprétation des distributions symétriques qu'aux distributions asymétriques [1]. Pour savoir si la distribution des crues annuelles est symétrique, il faut observer les différents boxplots. Seules quelques stations présentent cependant une distribution très irrégulière. La carte montre que le coefficient de variation se comporte différemment d'une station à l'autre. Aucun schéma spatial ne ressort; même les stations situées tout près l'une de l'autre peuvent présenter des coefficients de variation très différents.

Saisonnalité des pointes de crue annuelles

La troisième carte illustre la répartition saisonnière des pointes de crue annuelles. Trois aspects différents y sont représentés: la couleur du secteur de cercle indique la saison de la date moyenne d'apparition (calcul voir [7]), les rayons montrent le nombre de pointes de crue annuelles par demi-mois et le triangle figurant sur le bord du cercle extérieur représente la date d'apparition de la pointe de crue annuelle maximale de l'ensemble de la période, deux événements de même importance pouvant exceptionnellement avoir lieu.

Si l'on examine uniquement à quelle saison la date moyenne d'apparition vient se placer, on obtient une image très nette: sauf dans le Jura et à quelques autres stations de Suisse occidentale, cette date théorique tombe pratiquement toujours en été. Pour une analyse plus précise, il faut cependant faire appel au nombre d'événements de crue par demi-mois, puisque la saison de la date moyenne d'apparition n'est pas toujours représentative. Ceci s'applique surtout aux stations pouvant enregistrer des crues à n'importe quel moment de l'année (par ex. n° 549, Töss–Neftenbach).

La date d'apparition des crues annuelles est liée aux processus qui déclenchent l'événement [4,5]. Ainsi, [8] révèle qu'au Jura la plupart des crues annuelles ont lieu durant le semestre d'hiver en raison du type de processus auquel elles sont dues. Par contre, c'est généralement en été que les stations fortement influencées par la fonte des glaciers et de la neige enregistrent leurs débits les plus élevés. La pointe de crue annuelle maximale peut cependant tomber à une autre saison suite à des précipitations extrêmes (par ex. n° 866, Rhône–Brig).

Tendances des pointes de crue annuelles et saisonnières

La quatrième carte décrit les tendances des pointes de crue annuelles et saisonnières pour la période 1971–2007. La plage intérieure des signes indique les tendances calculées sur la base des pointes de crue annuelles, alors que les quatre ailes représentent les tendances aux quatre saisons. Les tendances saisonnières ont été déterminées à partir des maxima saisonniers. L'orientation de la tendance est définie via la valeur linéaire et la signification de la tendance. Le calcul de la valeur linéaire s'est fait à partir de l'équation de régression selon la méthode des moindres carrés [1]. Il n'y a pas de tendance si la valeur absolue du gradient atteint moins de 0.25 % par année par rapport à la crue annuelle moyenne. La signification de la tendance a été calculée à l'aide du test de Mann-Kendall [6] pour une probabilité d'erreur de 5 %.

A certaines saisons, quelques stations de mesure n'enregistrent que de très petites crues. Pour le signaler, on a varié la longueur des différentes ailes, en comparant pour chaque station les quatre crues saisonnières moyennes. La valeur la plus élevée correspond aux 100 %; les pourcentages des trois saisons restantes résultent du rapport à cette valeur maximale. Les pourcentages supérieurs à 66 % correspondent à une longue aile, les pourcentages inférieurs ou égaux à 33 % à une courte. Il en ressort que pour la station n° 1143, Engelberger Aa–Buochs, par exemple les crues augmentent certes de façon significative durant l'hiver, mais qu'en moyenne, par rapport aux crues saisonnières du printemps, de l'été et de l'automne, il ne s'agit que de petits débits ($mHQ_{\text{hiver}}: 20.8 \text{ m}^3/\text{s}$; $mHQ_{\text{printemps}}: 44.3 \text{ m}^3/\text{s}$; $mHQ_{\text{été}}: 81.5 \text{ m}^3/\text{s}$; $mHQ_{\text{automne}}: 44.0 \text{ m}^3/\text{s}$).

En comparant les différentes stations, on remarque qu'il est souvent possible de déduire la tendance des pointes de crue annuelles des tendances des principales saisons de crue (représentées par de longues ailes). Il ne s'agit toutefois pas d'une règle absolue, car les séries temporelles des maxima annuels peuvent se composer de diverses saisons. Bien que globalement ce soient les tendances positives qui prédominent, on constate en comparant les stations entre elles qu'il règne une grande variabilité spatiale. Ceci est notamment le cas pour les stations du bassin versant de la Thur.

Tendances des pointes de crue à diverses périodes

Les figures 1 et 2 représentent les tendances des pointes de crue annuelles, respectivement des pointes de crue durant le semestre d'été (d'avril à septembre), pour diverses périodes. Les catégories utilisées pour l'orientation de la tendance correspondent à celles de la carte des tendances annuelles et saisonnières. Les tendances sont analysées pour quatre périodes de différente durée se terminant chacune en 2007: 1926–2007, 1941–2007, 1956–2007 et 1971–2007. La période la plus courte coïncide ainsi avec la période utilisée sur la page des cartes. Seules les stations présentant des données au moins pour la période 1956–2007 restent indiquées. La figure 3 représente les séries temporelles des pointes de crue estivales et hivernales pour un choix de stations. Les séries temporelles de gauche concernent des stations situées sur de grandes rivières qui figuraient déjà à la planche 5.6, mais qui ont pu être actualisées avec les données de 17 années supplémentaires. Il s'agit en partie aussi de stations moyennement à fortement influencées. Les séries temporelles de droite ont été choisies en fonction de résultats intéressants relatifs à l'évolution des tendances des pointes de crue annuelles, respectivement des pointes de crue du semestre d'été (cf. fig. 1 et 2).

Les figures 1 et 2 révèlent que l'analyse des tendances peut donner des résultats différents suivant la période choisie. Selon la station considérée, la tendance peut aussi être plus ou moins stable. Par exemple, la tendance de la station n° 284, Muota–Ingenbohl, ne change pas d'orientation – autant en ce qui concerne les pointes de crue annuelles que les pointes de crue du semestre d'été – pour les quatre périodes représentées, ce qui ressort également de la série temporelle correspondante de la figure 3. Par contre de nombreuses autres stations voient leur tendance changer d'orientation au moins une fois lorsque les quatre périodes sont analysées. Si une analyse de tendance se limite à une seule période, il faut en interpréter les résultats avec prudence, surtout lorsque la série de mesures est très courte. En outre, les analyses de tendance ne montrent pas si les fréquences de crues évoluent de façon cyclique [2].

Bibliographie

- [1] **Bahrenberg, G., Giese, E., Nipper, J. (1999):** Statistische Methoden in der Geographie. Band 1: Univariate und bivariate Statistik, Stuttgart.
- [2] **Bezzola, G.R., Hegg, Ch. (Hrsg.) (2008):** Ereignisanalyse Hochwasser 2005, Teil 2 – Analyse von Prozessen, Massnahmen und Gefahrengrundlagen. Umwelt-Wissen Nr. 0825, Bern.
- [3] **Bundesamt für Umwelt BAFU (2009):** Hydrologische Daten: www.hydrodaten.admin.ch
- [4] **Diezig, R., Weingartner, R. (2007):** Hochwasserprozesstypen in der Schweiz. In: Wasser und Abfall 4. Jg., Heft 1–2:18–26, Wiesbaden.
- [5] **Helbling, A., Kan, C., Vogt, S. (2006):** Dauerregen, Schauer oder Schmelze – welche Ereignisse lösen in der Schweiz die Jahreshochwasser aus? In: Wasser–Energie–Luft 98. Jg., Heft 3:249–254, Baden.
- [6] **Helsel, D.R., Hirsch, R.M. (1992):** Statistical Methods in Water Resources. Amsterdam.
- [7] **Pfaundler, M., Wüthrich, T. (2006):** Saisonalität hydrologischer Extreme. Das zeitliche Auftreten von Hoch- und Niedrigwasser in der Schweiz. In: Wasser–Energie–Luft 98. Jg., Heft 2:77–82, Baden.
- [8] **Piock-Ellena, U. et al. (2000):** Saisonalitätsanalyse als Basis für die Regionalisierung von Hochwässern. In: Wasser - Energie - Luft 92. Jg., Heft 1/2:13–21, Baden.