

Mesure des débits et probabilité d'occurrence des crues

Pour suivre l'évolution des débits des cours d'eau et des niveaux des lacs, l'Office fédéral de l'environnement (OFEV) a mis en place un réseau de stations de mesure permettant dans la plupart des cas de relever les niveaux d'eau en continu. Dans le cas des cours d'eau, c'est surtout le débit qui intéresse les spécialistes. Comme il n'est pas possible de le mesurer en continu, on le calcule au moyen de la relation liant le débit et le niveau d'eau, établie en mesurant de manière périodique le débit du cours d'eau pour différentes hauteurs d'eau (courbe de tarage). Le débit est donc déterminé à partir du niveau d'eau à un point donné du cours d'eau.

Vitesse d'écoulement et détermination du débit

Le débit correspond au volume d'eau s'écoulant dans une section donnée par unité de temps. L'eau peut être freinée dans sa progression par des frottements au niveau du fond du lit et des berges. Elle s'écoule d'autant plus rapidement que le fond du lit est lisse et incliné. La vitesse d'écoulement la plus grande est mesurée à la surface de l'eau. La vitesse diminue en direction du fond du lit et des berges, et augmente avec l'élévation du niveau de l'eau.

Le débit peut être déterminé approximativement à partir de la largeur du lit et de la profondeur du cours d'eau, mesurées sur un tronçon droit, dans une section la plus régulière possible (= section de mesure), valeurs que l'on multiplie par la vitesse d'écoulement, soit le nombre de secondes que met l'eau pour parcourir 1 m. On part du principe qu'à débit constant, la vitesse augmente aux endroits plus étroits et diminue aux endroits plus larges. Le débit est déterminé selon l'équation de continuité :

$$Q = l * p * v$$

Légende :

<i>Q</i> :	<i>débit</i>	<i>[m³/s] ou [l/s]</i>
<i>L</i> :	<i>largeur du cours d'eau</i>	<i>[m]</i>
<i>p</i> :	<i>profondeur du cours d'eau</i>	<i>[m]</i>
<i>v</i> :	<i>vitesse d'écoulement</i>	<i>[m/s]</i>

Il existe plusieurs outils et méthodes pour mesurer le débit. Les méthodes les plus utilisées par l'OFEV sont décrites ci-après.

Mesure au moyen d'un moulinet

Pour mesurer le débit, on peut utiliser des moulinets munis d'une hélice (cf. Figure 1). 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. La section de mesure doit elle aussi faire l'objet de mesures précises. Cette méthode permet de déterminer le débit avec une précision de $\pm 2\%$ (durée des mesures : 1,5 à 2 heures).

Mesure au moyen d'un traceur

Une autre méthode consiste à injecter dans le cours d'eau une quantité précise de traceur (produit fluorescent ou sel de cuisine, cf. Figure 2) dont on mesure la concentration plus en aval. Le débit est alors calculé à partir de la dilution du traceur. Cette méthode est surtout utilisée pour les petits cours d'eau présentant un profil irrégulier et un régime d'écoulement turbulent (torrents, p. ex.). La mesure précise du traceur ou de la dilution permet de déterminer le débit avec une précision de $\pm 5\%$ (durée des mesures : 1 heure).

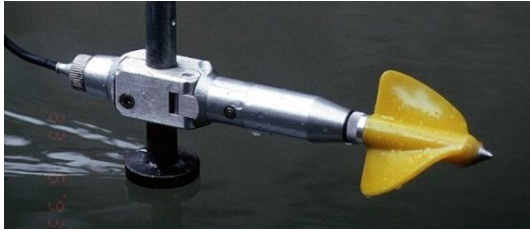


Figure 1 : moulinet hydrométrique



Figure 2 : trace de produit fluorescent (traceur)

Détermination du débit en continu

Le débit est en règle générale déterminé indirectement, à partir du niveau d'eau converti à l'aide de la courbe de tarage. La mesure du niveau d'eau s'effectue à une station de mesure placée à un endroit optimal.

Station de mesure

Idéalement, les stations de mesure doivent être installées à des endroits où la section du cours d'eau est régulière et le fond du lit stable, et où il n'y a pas de risque d'encombrement par des matériaux charriés en cas de crue, en amont de seuils consolidés sur un tronçon rectiligne p. ex. La détermination du niveau d'eau en continu s'effectue au moyen de capteurs (capteurs radars, capteurs pneumatiques ou capteurs de pression) ou de flotteurs. Les valeurs du niveau d'eau sont enregistrées à l'aide d'un collecteur de données, sauvegardées puis transmises à l'OFEV via une connexion à distance. Les mesures toutes les heures, ou toutes les 10 minutes selon les stations.

Relation débit / niveau d'eau

Lorsque l'on dispose d'une série de mesures du débit pour différentes hauteurs d'eau, on peut établir une relation entre le débit et le niveau d'eau (relation NQ). La relation NQ permet de déterminer le débit pour chaque hauteur d'eau. Elle peut être représentée sous la forme d'une courbe ou d'une liste de valeurs (cf. Figure 3).

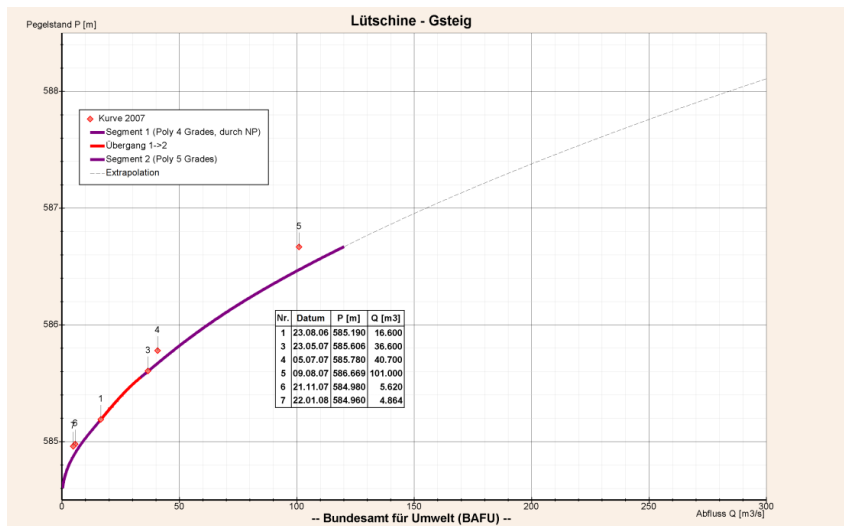


Figure 3 : relation débit / niveau d'eau pour la Lüttschine au niveau de Gsteig

En cas d'épisode de crue, il n'est pas toujours possible de déterminer la vitesse d'écoulement, soit parce que l'on ne se trouve pas sur place au bon moment, soit parce que la force de l'eau ne permet pas la mesure. La relation NQ doit donc souvent être extrapolée pour la hauteur d'eau maximale. Pour que les valeurs extrêmes soient les plus réalistes possibles, on utilise des informations complémentaires qui aident à la reconstruction des hydrogrammes de crues (niveaux extrêmes observés, modifications du lit du cours d'eau, mesure sans contact de la vitesse d'écoulement à la surface de l'eau, vidéos, photos, etc.).

Données provisoires / définitives

L'OFEV et certains cantons gèrent de vastes réseaux de stations de mesures hydrométriques. Les données collectées sont mises à disposition sur Internet et actualisées régulièrement. Ces données sont provisoires dans la mesure où elles sont relevées et calculées automatiquement. Elles ne sont ni contrôlées ni plausibilisées avant leur mise en ligne (en cas de crue, priorité est donnée à la publication rapide des informations). Ces données doivent donc être utilisées avec prudence.

Pendant un épisode de crue, divers événements peuvent occasionner des erreurs dans la détermination du débit : panne des équipements à la suite d'une coupure de courant, dysfonctionnement dû à l'encombrement des équipements par des matériaux flottants ou charriés, ensablement ou érosion du lit du cours d'eau, obstruction d'un passage, débordement, inondation, etc. La plupart des valeurs établies sont néanmoins correctes compte tenu du grand nombre de stations de mesure disponibles. Les stations de mesure sont conçues pour fournir des données de qualité pour des niveaux d'eau critiques. En cas de crue, il faut cependant toujours s'attendre à des imprécisions dans les mesures. Dans les situations extrêmes, le taux d'erreur dans la détermination du débit est de 20 à 30 %.

Statistique des crues

Si, pour un bassin versant, on dispose de séries de mesures du débit assez longues, on pourra les évaluer au moyen de statistiques des valeurs extrêmes. Il est ainsi possible de déterminer, à partir des pointes de crue annuelles et de fonctions de distribution empiriques et théoriques, la probabilité que le débit de crue ne soit pas atteint ou soit dépassé.

Si le débit se produisant statistiquement tous les 30 ans (HQ_{30}) est de $230 \text{ m}^3/\text{s}$ à une station de mesure donnée, la probabilité d'observer ce débit sur une année est de 3,33 %. Attention : un HQ_{30} n'implique pas nécessairement que ce débit intervient tous les 30 ans. Un HQ_{30} peut être observé trois fois en cinq ans puis plus du tout pendant 100 ans.

Le site de l'OFEV indique pour chaque station de mesure du débit les valeurs suivantes : HQ_2 , HQ_{10} , HQ_{30} , HQ_{100} et HQ_{300} . Selon la méthode d'extrapolation et la fonction de distribution choisies, les résultats peuvent varier sensiblement. L'extrapolation au-delà de la période de mesure est entachée de grandes incertitudes.

Les statistiques des valeurs extrêmes sont d'autant plus fiables que la période de mesure est longue. C'est pourquoi les stations de mesure installées de longue date sont précieuses pour la statistique des crues. À noter que la statistique des crues ne prend pas en considération les mesures de protection contre les crues, les améliorations ou les dérivations effectuées durant la période de mesure, ni les incidences du changement climatique. La survenance d'événements extrêmes, comme en 2005 dans de nombreuses régions de Suisse, modifie sensiblement les données statistiques.