

2.7. Les crues

Armin Petrascheck

Les précipitations, la température et l'état du bassin versant concourent à la formation des crues. L'ampleur des crues extrêmes dépasse nettement les pointes des crues ordinaires. En Suisse, les pointes des crues ne présentent ni augmentation ni diminution uniforme pendant le 20^e siècle. Mais les changements climatiques peuvent influencer sur les crues par l'augmentation de la température, par des modifications du régime des précipitations et par des transformations du bassin versant. Un accroissement du danger est probable dans des régions du Plateau où des crues se produisent aujourd'hui déjà en hiver. Dans les bassins versants des hautes Alpes, certains facteurs ont pour effet d'augmenter et d'autres de diminuer les débits des cours d'eau, aussi des changements du danger de crue sont-ils difficilement prévisibles.

Introduction et définition

Une crue est un débit d'un cours d'eau nettement supérieur à la moyenne. Les données hydrologiques sur les maxima annuels permettent d'associer une probabilité (un temps de retour) aux débits de pointe et d'identifier ainsi des crues décennales ou centennales (HQ10 ou HQ100). HQ100 est certes un événement rare, mais n'est un sinistre que si le débit est très nettement supérieur à la plupart des valeurs observées d'ordinaire. A cet égard, la comparaison des pointes des crues de l'Albula à Tiefencastel et du Rhin à Domat Ems (figure 39) illustre bien l'importance des variations naturelles. Dans le cas du Rhin, le débit d'une crue centennale est de 40% supérieur à celui d'une crue décennale et le niveau du fleuve de 1.5 m plus élevé. Alors que pour l'Albula, le débit est seulement de 20% supérieur et le niveau de 25 cm plus élevé.

La mention de la probabilité est nécessaire pour plusieurs raisons, mais ne dit rien sur l'ampleur du débit ni sur sa portée pour l'environnement et l'être humain. Du point de vue de l'environnement naturel, l'attention porte sur les écoulements qui provoquent un débit de charriage, inondent les zones alluviales ou modifient le lit du cours d'eau. Ce sont-là des événements relativement fréquents, avec un temps de retour de moins de 2 à 10 ans. Le plus

souvent, ils ne causent pas de dommages et passent presque inaperçus – l'écosystème et l'homme se sont adaptés à ces événements relativement fréquents. Du point de vue de l'homme, l'intérêt porte sur des écoulements pour lesquels le cours d'eau sort de son lit et pénètre dans des zones affectées à l'habitat ou à d'autres utilisations.

Les événements extrêmes dépassent en général nettement les crues observées d'ordinaire. En 1987 par exemple, la Reuss uranaise a atteint un débit plus de 50% plus élevé qu'au cours des nonante années précédentes. La situation fut encore plus extrême lors des crues de la Langeten à Lotzwil en novembre 1975 (figure 40), où toutes les pointes des crues survenues depuis 1924 furent dépassées d'un multiple. De tels événements transforment le système hydrologique et inondent des surfaces qui s'étendent bien au-delà du lit du cours d'eau. Pour la natu-



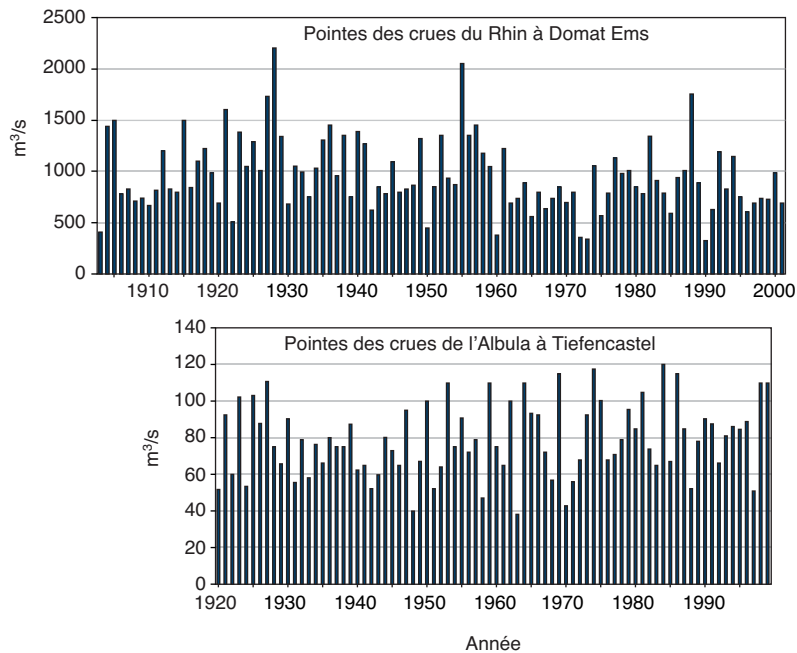


Figure 39: Les pointes des crues du Rhin à Domat Ems présentent une très grande variabilité. De 1899 à 1962, une crue décennale correspondait à un débit de 1550 m³/s et à un niveau du fleuve de 10.1 m. Une crue centennale avait un débit de 43% plus important (2200 m³/s) et un niveau de 1.5 m supérieur (12.6 m). En revanche, les pointes des crues de l'Albula à Tiefencastel sont réparties de façon plus régulière et une crue centennale n'est guère perçue comme extrême. Une crue décennale correspond à un débit de 105 m³/s et à un niveau de 8.2 m; lors d'une crue centennale, le débit s'élève à 130 m³/s et le niveau à 8.45 m.

re, ces événements font partie de la dynamique du paysage. Pour l'homme, ils représentent d'importants dommages, voire des catastrophes naturelles.

Les ouvrages de protection ont une influence sur la perception des crues comme événements dévastateurs. En septembre 1993 par exemple, la Saltina a causé pour environ 500 millions de francs de dommages; son débit avait atteint 90 m³/s. En octobre 2000, son débit s'est élevé à 125 m³/s. Mais les ouvrages de protection érigés entre-temps ont limité les dégâts. La crue la plus dévastatrice à Brigue reste celle de 1993.

Les conditions de la formation des crues

Les crues résultent de l'action conjointe des précipitations, de la température et de l'état du bassin versant.

Dans les grands bassins versants (>300 km²), les crues extrêmes sont associées à des fronts amenant des précipitations de longue durée qui se déversent abondamment sur l'ensemble du bassin

(cf. chapitre 2.5.). Les crues de grande étendue de 1910 et 1999 résultent de situations météorologiques à grande échelle centrées au Nord des Alpes et celles de 1987, 1993 et 2000 de situations de barrage sur le versant sud. Dans les petits bassins versants (<100 km²), les orages constituent le plus grand danger (exemples Sachseln 1997, Gantrisch 1990).

Il n'y a pas de lien direct entre le volume ou l'intensité des précipitations et l'ampleur des pointes des crues, car les quantités d'eau stockées dans le bassin versant diffèrent selon les antécédents. Dans l'exemple de la Langeten (figure 40), ce ne sont pas seulement des précipitations exceptionnelles qui ont conduit à une pointe de débit extrême, mais aussi le fait que les capacités de stockage étaient épuisées.

Sous d'autres conditions, des précipitations d'ampleur comparable ont été largement résorbées par les débordements.

La température joue un rôle important dans les régions alpines. Quand la limite du zéro degré est basse, une partie des précipitations tombe sous forme de neige et ne s'écoule donc pas immédiatement. Lors de la crue d'octobre 2000 par exemple, le fait que la limite du zéro degré soit descendue de 3000 à 2600 m pendant la dernière phase des précipitations a épargné au Valais des conséquences encore plus dramatiques. Le stockage temporaire des précipitations sous forme de neige diminue les écoulements. Inversement, la fonte des neiges accroît les écoulements, auquel cas il s'ensuit avant tout des débits importants pendant une à deux semaines, plutôt que de grosses pointes de crue. Au printemps 1999 par exemple, la fonte des neiges, associée à des précipitations importantes mais pas exceptionnelles, a fait monter fortement le niveau des lacs des Préalpes et provoqué des crues du Rhin, de la Thur et de l'Aare.

Tendances au 20^e siècle

Aucune tendance uniforme ne se dessine à propos des pointes de débit des crues des cours d'eau suisses. Cela tient en partie aux interventions humaines. Près de Domat Ems par exemple (figure 39), le développement de la capacité hydroélectrique entre 1955 et 1970 a conduit à une diminution des pointes de débit du Rhin. D'autres facteurs, tels que les boisements et le renforcement de la protection contre les hautes eaux influent aussi sur les débits. Une étude systématique de l'office bavarois d'économie hydraulique² n'a relevé aucune tendance dans 73 stations; seules deux stations ont présenté une tendance, l'une positive, l'autre négative.

Il n'est pratiquement pas possible de mettre en évidence des événements extrêmes très rares sur une base statistique (cf. chapitre 1.4.). On relève actuellement une accumulation de gros sinistres (1987, 1993, 1999, 2000, 2002). Toutefois, de telles accumulations se sont produites aussi au 19^e siècle (1834, 1838, 1852, 1868). Les longues séries de mesures et les chroniques font apparaître aussi des périodes sans crues notables, par exemple de 1940 à 1950. Il n'y a pour l'heure que des spéculations et pas d'explications au sujet de ce déroulement épisodique.

Influence des changements climatiques sur les crues

Les changements climatiques peuvent influencer sur la formation des crues par différents processus:

Influence de l'augmentation de température

En Suisse, le danger de crue ne peut pas être abordé indépendamment de la position de la limite du zéro degré. Les bassins versants des Alpes ayant leurs racines à haute altitude, la neige y joue un rôle très important – d'une part en retenant les précipitations, d'autre part en restituant de l'eau lors de la fonte. Sous l'effet des changements climatiques, la limite du zéro degré montera, ce qui peut conduire à un accroissement de pluies sur de vastes parties des bassins. La probabilité que de fortes précipitations aient

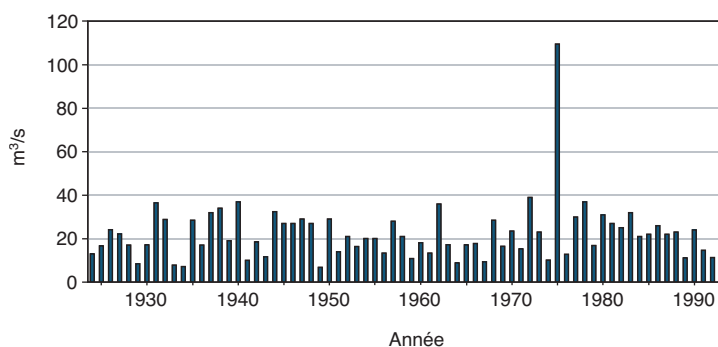


Figure 40: Débits maximaux des crues d'été et d'hiver de la Langeten de 1924 à 1993.¹

lieu quand la limite du zéro degré est élevée et soient la cause de débits extrêmes en haute montagne augmente. Et si la pluviosité s'accroît également sous l'effet des changements climatiques, tant les débits de pointe que la probabilité des crues augmenteront. A défaut de prendre des mesures de protection, le danger de crues peut s'accroître dans le sens de sinistres plus nombreux et plus importants.

Changements des précipitations

Selon les calculs au moyen des modèles les plus récents, une augmentation des précipitations sous l'effet des changements climatiques est probable en hiver dans l'arc alpin. Il pleuvra davantage et neigera moins aux basses et moyennes altitudes, raison pour laquelle les crues seront plus fréquentes en hiver sur le Plateau. Le Rhin en aval de Bâle est particulièrement concerné. En Suisse, des aires limitées dans les cantons d'Argovie, de Thurgovie, de Bâle-Campagne, du Jura et de Zurich sont menacées. La question de savoir si cette augmentation concerne seulement les événements fréquents ou aussi les événements extrêmes dépend des changements de la fréquence du passage des fronts et de leur intensité.

Des crues se produisent au printemps lorsque la fonte des neiges coïncide avec des précipitations. L'apport de chaleur au printemps variera probablement peu avec les changements climatiques. C'est pourquoi les modifications des précipitations influenceront davantage sur les crues que la fonte des neiges. Certes, l'augmentation des précipitations d'hiver moyennes entraînera un enneigement plus important dans les hautes Alpes. Mais simultanément, la cou-

verture de neige diminuera à plus basse altitude en raison des températures d'hiver plus élevées. Lequel de ces effets est plus important dans la formation des crues dépend de la structure en altitude du bassin versant, de l'accroissement quantitatif des précipitations d'hiver et de la fréquence de l'alternance entre chute et fonte de neige. Mais quoi qu'il en soit, les périodes dépourvues de crues en raison de basses températures seront plus courtes.

C'est le plus souvent lors des orages d'été que les petits bassins versants sont touchés par des crues. La thermique locale est alors déterminante pour l'intensité et le volume des précipitations. Les hypothèses ayant trait à une augmentation ou à une diminution tiennent de la spéculation. Des changements de fréquence dus aux situations météorologiques sont cités à propos des dégâts de grêle plutôt que des crues (cf. chapitre 2.6.).

Changements dans le bassin versant

Une conséquence des changements climatiques est le recul des glaciers et du permafrost dans les hautes Alpes. Il s'ensuit que davantage de terre, pierres et autres débris sont charriés. En outre, des changements de la végétation, tels que la montée de la limite des arbres, exercent une influence sur la formation des sols. Ces processus peuvent transformer les lits des cours d'eau et modifier le danger de crue. Mais ils sont très lents: les changements du permafrost prennent des décennies à des siècles, ceux de la formation du sol durent des siècles à des millénaires.

On se rendra compte plus vite du fait qu'à plus hautes températures, les plantes évaporent davantage d'eau. L'eau stockée dans le sol sera plus rapidement consommée, ce qui peut avoir un effet de modération sur les crues. Un effet perceptible surtout là où les hautes eaux sont fréquentes ainsi que dans des régions des Alpes et des Préalpes où des crues se produisent en été sans que l'on s'attende à des changements significatifs des précipitations pendant cette saison.

En résumé, une augmentation du danger de crues menace avant tout dans les régions du Plateau où les crues d'hiver jouent aujourd'hui déjà un rôle déterminant. L'accroissement prévu des précipitations d'hiver et l'enneigement plus faible aux altitudes comprises entre 1000 et 1500 m augmentent le risque de crues. Dans des sites des hautes Alpes, où des crues d'été sont coutumières, la montée de la limite du zéro degré peut prolonger la période sans précipitations sous forme de neige, pendant laquelle ces crues peuvent survenir. Jusqu'où l'activation de l'évapotranspiration à plus basse altitude compense ces effets est difficile à prévoir.

- 1 Spreafico M. und K. Stadler, Hochwasserabflüsse in schweizerischen Gewässern: Abflussmessreihen mit mehr als 30 Jahren in den Einzugsgebieten des Rheins und der Aare. Band I, Mitteilung der Landeshydrologie und -geologie Nr. 7, Berne, 1986.
- 2 Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft [Hrsg.], Hochwasser, SpektrumWasser 1, 80 S., Munich 1998.