

5.9 Atténuation des pointes de crue dans les cours d'eau

Introduction

Les crues sont des événements naturels impressionnants. Les inondations qui recouvrent souvent de vastes surfaces lors de fortes crues (fig. 3) rappellent que l'homme n'a pas encore gagné le combat qu'il mène depuis des siècles contre ce danger naturel. Au cours des deux derniers siècles, de nombreuses rivières ont été endiguées et leur cours rectifié. On a réussi à sécuriser des surfaces qui étaient autrefois inondées régulièrement et on les a transformées en zones résidentielles ou industrielles de valeur. Mais après chaque grande crue, on se demande dans quelle mesure celle-ci a été renforcée par la suppression de zones inondables. Les vastes inondations impressionnent tant qu'on pense que leur effet d'atténuation est important. Cependant, les volumes retenus sur ces surfaces doivent toujours être mis en relation avec les quantités d'eau qui s'écoulent lors des crues. Ces quantités d'eau sont le produit de l'écoulement et du temps et ne peuvent pas être appréciées directement; elles sont souvent sous-estimées. Ainsi, lors de la crue de mai 1999, quelque 600 millions de m³ se sont écoulés en 14 jours dans l'Aar à Berne [1]. Un tel volume aurait submergé le canton de Zoug, d'une surface de 240 km², sous 2.5 m d'eau. Si on avait cherché à atténuer le débit maximum enregistré à Berne en mai 1999 en le faisant passer de 620 m³/s à 400 m³/s, il aurait fallu stocker quelque 106 millions de m³ d'eau entre Thoune et Berne. Cela aurait nécessité – par une accumulation d'eau de 2.5 m de profondeur – une surface inondable de 40 km². Cependant, pour obtenir une atténuation de cette ampleur, il faudrait une surface bien plus grande, car sur de telles zones inondables l'eau s'écoule en général lentement vers l'aval.

Il est difficile d'estimer l'effet de la rétention sur les débits de crue. En effet, la rétention est influencée par les processus d'écoulement dans le chenal ainsi que dans le lit majeur et la plaine d'inondation (hydraulique), mais aussi par l'évolution de la crue, et donc par sa genèse (hydrologie) (fig. 1). Cette planche montre à l'aide de cas concrets comment les effets de la rétention peuvent varier; les rivières chez lesquelles on peut s'attendre à une importante atténuation apparaissent sur une vue d'ensemble.

On distingue différents types de rétentions selon leur mode d'action respectif: la rétention dans le chenal, la rétention dynamique avec inondation de la plaine avoisinante ainsi que la rétention statique avec inondation de la plaine avoisinante.

Rétention dans le chenal

Les chenaux à forte pente présentent des vitesses d'écoulement si élevées qu'on n'y observe aucune atténuation. Bien plus, après une distance suffisamment longue, un front d'eau vertical peut même se former, se révélant catastrophique pour les personnes surprises par une onde si brutale.

Par contre, dans les chenaux peu inclinés, les ondes de crue diminuent même si aucune inondation ne se produit. La réduction du débit de pointe est influencée par les caractéristiques du chenal ainsi que par la forme de l'onde de crue [2,3]. La rétention ne peut avoir un effet perceptible que lorsque la pente du lit est inférieure à 1 % (fig. 8). Si le fond du chenal est rugueux, cette rétention augmente (fig. 9). Cependant, l'atténuation dépend surtout du temps de montée de la crue (fig. 10): plus le débit augmente rapidement et plus sa pointe est atténuée dans le chenal. A partir d'une certaine durée, on ne constate plus aucun effet de rétention.

On retient donc que la rétention dans le chenal n'est importante que dans les cours d'eau de pente inférieure à 1 % et qu'elle n'atténue que les crues de courte durée accusant une pointe de débit élevée. La première carte indique les conditions de pente des cours d'eau. On remarque que les ruisseaux et les rivières situés dans la région des Alpes et des Préalpes ne déploient aucun effet de rétention important.

Rétention statique et dynamique

L'atténuation des crues par l'inondation des plaines avoisinantes est plus efficace que la rétention dans le chenal. La rétention statique se produit lorsque l'eau déborde du chenal en s'écoulant dans la plaine d'inondation, où elle s'accumule au fond de dépressions (naturelles ou créées par des mesures d'aménagement) ou par exemple derrière des remblais routiers, et qu'elle est donc soustraite à la crue (fig. 3) [6]. Ce qui importe, c'est le moment auquel l'inondation a lieu. Si, la capacité du chenal étant trop limitée, des inondations se produisent dès le début de la crue, les réservoirs sont déjà remplis avant le passage de la pointe de crue et la pointe du débit n'est guère atténuée.

Cependant, c'est le rapport entre le volume de rétention et le volume de la crue qui est déterminant pour l'atténuation. En effet, il ne faut pas s'attendre à un effet de rétention lorsque le volume de la crue qui pourrait s'écouler dans la plaine d'inondation est bien plus grand que le volume de rétention.

La rétention dynamique est bien plus fréquente, mais également moins efficace. Dans ce cas, l'eau n'est pas retenue dans les zones inondables, mais s'écoule lentement vers l'aval. Les plaines d'inondation ne jouent plus le rôle de réservoirs, mais élargissent le chenal (fig. 2). Avec ce type de rétention, ce sont les différentes vitesses d'écoulement dans le chenal principal d'une part, dans le lit majeur et la plaine d'inondation d'autre part, qui déterminent l'atténuation [2,3]. L'eau s'écoule plus lentement dans la plaine que dans le chenal principal, puisqu'elle y atteint une profondeur moindre et que le frottement y est plus important. L'onde de crue est considérablement atténuée lorsque l'eau est assez ralentie dans la plaine d'inondation pour que les débits de pointe dans cette dernière et dans le chenal principal ne se superposent plus à la fin du tronçon (fig. 11). L'ampleur de l'atténuation dépend donc de la différence entre les vitesses d'écoulement dans le chenal principal et dans la plaine, de la durée de la crue ainsi que de la longueur du tronçon.

S'il y a peu de différence entre les vitesses d'écoulement, il faut que le tronçon soit long ou que la durée de la crue soit courte pour que l'hydrogramme soit modifié. Ainsi, sur un tronçon de 10 km de long et avec une différence de 1 m/s entre les vitesses d'écoulement, seules peuvent être atténuées les crues qui durent moins de 3 heures.

Hydrologie

En s'appuyant sur six bassins versants, la planche 5.7 a démontré que chaque bassin versant réagissait de façon caractéristique en cas de crues. Vu les données hydrauliques, la rétention influence seulement les crues ayant des temps de montée courts. Les crues de courte durée naissent dans des régions où les sols ont une faible capacité de stockage, comme par exemple dans le bassin versant de l'Allenbach (Adelboden). C'est principalement dans les Alpes et les Préalpes que l'on rencontre de telles conditions. Cependant, dans ces régions, la majorité des chenaux ont des pentes de plus de 1 %, si bien que la rétention n'y a que peu d'effet. Dans les zones peu inclinées où les lits ont des pentes inférieures à 1 %, les sols ont généralement une plus grande capacité de stockage. Ainsi, les crues qui s'y produisent ne sont généralement pas influencées par la rétention, car leurs temps de montée sont trop longs. On en conclut que la rétention n'agit pas partout et à chaque fois, mais uniquement lors de certaines crues et dans les bassins versants qui s'y prêtent, comme dans celui de la Langeten [4]. Le cours supérieur de la Langeten est si raide que l'on peut souvent y observer des crues gonflant rapidement; son cours inférieur est plat et présente de vastes surfaces inondables. Par conséquent, le bassin versant de la Langeten subit souvent de fortes crues, qui sont atténuées par la rétention. Dans la Luthern, certaines crues sont également atténuées, mais d'autres événements de crue ne sont guère influencés. Bien que le cours inférieur de la Dünner soit très plat, la rétention n'y joue aucun rôle d'atténuation, car les temps de montée y sont très longs (fig. 4).

La deuxième carte met en évidence les bassins versants dans lesquels de fortes crues sont atténuées en raison de la manière dont elles évoluent et des conditions de pente. Pour établir cette carte, on a relevé les temps de montée des plus fortes crues à partir des enregistrements limnimétriques; pour les rivières sans mesures, on les a estimés sur la base des données hydrologiques.

Exemple de la Thur

Dans son cours inférieur, la Thur est canalisée et possède un vaste lit majeur qui est submergé en cas d'écoulements importants. Des calculs hydrauliques approfondis montrent comment des crues de durée et d'ampleur différentes sont atténuées dans le tronçon de la rivière compris entre Halden et Andelfingen (fig. 5). Lorsque les temps de montée dépassent les 10 heures, il ne faut pas s'attendre à ce que la rétention dans le chenal et l'inondation du lit majeur ne produisent encore un effet. Presque tous les temps de montée et débits de pointe des plus fortes crues des derniers 35 ans se situent cependant largement en dehors de ce domaine d'atténuation. Dans ce tronçon, la rétention influence donc très peu les fortes crues de la Thur.

Exemple de la Gürbe

Pour la Gürbe, la rétention peut déployer un effet important. Le 29 juillet 1990, on a mesuré en quelques heures 240 mm de précipitations dans la partie supérieure du bassin versant. La crue qui est montée rapidement a laissé de profondes traces dans le cours supérieur en pente. La Gürbe pénètre dans la plaine en amont du limnimètre de Burgistein, puis elle coule avec une faible pente avant de rejoindre l'Aar en aval de Belp. Ce tronçon offre donc de bonnes conditions à la rétention. Lors de la crue de 1990, la rivière a submergé la plaine à plusieurs endroits [5]. Des arbres charriés par les eaux ont obstrué un pont à Toffen en provoquant de nouvelles inondations. Le diagramme de la figure 6 montre l'impact de ces inondations sur le débit à Belp. C'est l'apport de débit mesuré à Burgistein qui est représenté. Celui-ci a servi de base pour calculer au moyen d'un modèle numérique le débit à Belp – en supposant d'une part une atténuation due à la rétention dans le chenal, d'autre part une atténuation supplémentaire due aux inondations. Ces hydrogrammes sont comparés avec le débit effectivement mesuré à Belp, qui a encore été atténué davantage par l'obstruction du pont à Toffen. Alors que la crue qui s'est produite dans la partie supérieure de la Gürbe était un événement tout à fait exceptionnel, on l'a à peine ressentie à Belp, grâce à son atténuation par la rétention. La rétention dans le chenal a permis d'atténuer le débit à raison d'environ 5 m³/s. Les inondations, d'un volume de 160 000 m³, sont responsables d'une nouvelle réduction de 34 m³/s. L'obstruction du pont a provoqué la déviation de 290 000 m³ supplémentaires, mais le débit de pointe n'a été réduit que de 12 m³/s environ, car cette déviation a eu lieu longtemps avant le passage de la pointe, donc à un moment défavorable.

Conclusions

En résumé, cette planche montre que c'est seulement dans un nombre étonnamment limité de bassins versants que la rétention naturelle permet d'atténuer les fortes crues avec efficacité. Dans la plupart des rivières, la crue dure si longtemps que, en raison des conditions hydrauliques, l'effet de la rétention cesse avant même le passage de la pointe de crue.

Bibliographie

- [1] **Aschwanden, H., Bürgi, T. (2000):** Hochwasser 1999 – Analyse der Messdaten und statistische Einordnung. Hydrologische Mitteilung, Nr. 28, Bern.
- [2] **Haider, S. (1994):** Der Beitrag der Vorlandüberflutungen zur Verformung der Hochwasserwellen. Mitteilung der VAW, Nr. 128, Zürich.
- [3] **Haider, S. (1994):** Die Retentionswirkung von Vorlandüberflutungen und ihre Abschätzung. In: Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft 46. Jg., Heft 7/8:171–181, Wien, New York.
- [4] **Haider, S. (1994):** Überschwemmung und Hochwasserwahrscheinlichkeit, Fallbeispiel Langete. In: Wasser–Energie–Luft 7/8:240–242, Baden.
- [5] **Institut für Hydromechanik und Wasserwirtschaft (1997):** Die Hochwasser der Gürbe (Entstehung, Ablauf, Häufigkeit), Bericht Nr. A 2/97, Zürich.
- [6] **Naef, F. (1991):** Natürliche und künstliche Retention im Reusstal. In: BWW/LHG (Hrsg.): Ursachenanalyse der Hochwasser 1987 – Ergebnisse der Untersuchungen, Hydrologische Mitteilung, Nr. 14, Bern.