Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria

Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband

Band: 94 (2002)

Heft: 5-6

Artikel: Analyse de l'effet de rétention des ouvrages d'accumulation valaisans et tessinois pendant les crues d'octobre 2000

Autor: Pougatsch, Henri / Raboud, Pierre-Benoît

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-939636

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 08.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Analyse de l'effet de rétention des ouvrages d'accumulation valaisans et tessinois pendant les crues d'octobre 2000

■ *Henri Pougatsch, Pierre-Benoît Raboud*

Résumé

Comme ce fut le cas lors des crues de 1987 et de 1993, les ouvrages d'accumulation, particulièrement, ceux situés dans le canton du Valais, ont à nouveau contribué pendant les crues d'octobre 2000 à réduire les pointes de crues et, par conséquent, les dégâts. En 2000, une réserve de capacité importante des bassins d'accumulation au début du phénomène de crue, ainsi que l'expérience acquise lors des crues précédentes pour la gestion des apports ont été des facteurs déterminants pour la protection des zones aval. Le présent article analyse le rôle effectif des aménagements hydroélectriques valaisans et tessinois au plus fort de la crue 2000.
Dans ses conclusions, l'article relève que, pour une meilleure maîtrise des situations de crue, des outils d'aide à la décision sont en cours de développement et pourront apporter dans l'avenir un appui dans le choix de prise de mesures.

1. Généralités

Les plus importants ouvrages d'accumulation du pays dont l'exploitation est saisonnière font généralement partie d'aménagements hydroélectriques alpins. En l'occurrence, les bassins d'accumulation sont prévus pour stocker l'eau de la fonte des neiges et les apports estivaux afin de disposer d'une réserve suffisante pour la production d'énergie en hiver. Les retenues sont généralement pleines à l'approche de l'automne (fin septembre) et se trouvent à leur niveau le plus bas vers le printemps (avril–mai). En conséquence, le degré de remplissage varie au cours de l'année. Le remplissage est aussi conditionné par l'importance des apports directs et indirects (captage, pompage), ainsi que de l'exploitation par turbinage ou pompage des eaux et du surplus des apports en été.

Les apports sont, quant à eux, dépendants des conditions atmosphériques (pluie, ensoleillement pour ce qui concerne les apports des glaciers). Il est fréquent que les exploitants ralentissent l'accumulation ou maintiennent un niveau plus bas que le niveau normal d'exploitation en septembre, afin d'être en mesure de profiter des éventuels apports d'eau de crues. Enfin, c'est en général au début du mois d'octobre, par suite du passage du tarif d'électricité d'été au tarif hiver ainsi que de la diminution des apports, que le niveau d'eau s'abaisse dans les retenues. Il n'est pas rare que, suite à une importante demande d'énergie électrique, cet abaissement ait lieu avant le remplissage total du bassin.

En période de crues (septembre–octobre), le degré de remplissage des bassins d'accumulation est une grandeur aléatoire qui va grandement influencer les possibilités et l'efficacité de la rétention des eaux. A l'heure actuelle, une tranche permanente de stockage de crues existe pour le bassin d'accumulation d'Albigna (GR) et, depuis l'automne 2001, pour celui de Mattmark (VS). Il faut enfin se rappeler que l'influence de la rétention diminue plus on s'éloigne du barrage. Bien que les bassins versants des barrages alpins ne représentent qu'une petite partie des bassins versants des cours d'eau, les ouvrages d'accumulation apportent une contribution non négligeable à la protection contre les crues, comme le montrent les faits exposés ci après.

2. Etudes des crues de 1987 et 1993

Suite aux crues de 1987 et de 1993, des études approfondies avaient été menées pour évaluer ce qui aurait pu se passer si les bassins d'accumulation des aménagements hydroélectriques avaient été pleins ou s'ils n'avaient pas existé (OFEE 1991, OFEE 1995, Biedermann et al., 1996). Une différence essentielle entre les deux événements précités réside dans le fait que ces crues se sont produites à une époque différente de l'année et selon une autre répartition des précipitations. La crue de 1987 a eu lieu vers fin août, c'est-à-dire à un moment où un volume assez important est encore disponible dans les retenues; la crue de 1993 vers fin septembre, soit à une époque où les retenues sont en général fortement remplies. Rappelons que, tant en 1987 qu'en 1993, des déversements avaient été constatés. Par ailleurs, lors de la crue de 1993, l'évacuateur de crue de Mattmark est entré en service pour la première fois après environ 40 ans d'exploitation.

Toutefois, en 1987 et 1993, la rétention d'eau dans les bassins des ouvrages d'accumulation avait contribué de façon marquée à la diminution des débits de pointe et à limiter les dégâts. Mesuré sur le Rhône à Branson (Fully), la contribution des ouvrages d'accumulation sur un bassin versant de 3800 km^2 a été de 210 m^3/s en 1987 et de 160 m^3/s en 1993. En sachant qu'à Branson 100 m^3/s correspondent à une lame d'eau de 50 cm, on comprend ainsi que les bassins d'accumulation ont évité lors de ces événements une catastrophe majeure dans la plaine du Rhône. Ce fut le cas aussi pour la crue d'octobre 2000 analysée au chapitre suivant.

3. Crue d'octobre 2000

3.1 Généralités

Afin d'analyser l'incidence des bassins d'accumulation pendant les crues d'octobre 2000 (voir Figure 1, 2), il a été demandé aux exploitants des aménagements hydroélectriques valaisans et tessinois de fournir pour la période comprise entre le 10 et les 17/18 octobre le relevé horaire des fluctuations du niveau des plans d'eau et des volumes des retenues, ainsi que les débits et durées de turbinage et de déversement. Ces données devaient permettre, d'une part, de connaître les conditions de remplissage des retenues au début de la crue et, d'autre part, d'évaluer par rapport aux apports quels étaient les volumes qui ont pu être stockés. L'analyse se limite ainsi à l'étude de la gestion des apports, des volumes stockés et de la contribution des barrages (réduction du débit maximal de la crue).

Il faut remarquer que la période de fortes précipitations et, par conséquent, celle des crues s'est produite à un moment où les bassins d'accumulation ont un degré de remplissage encore relativement élevé. Toutefois, comme les paragraphes suivants le démontrent, les capacités d'accumulation de certains ouvrages étaient encore importantes.

Le constat, entre les 11 et 15 octobre 2000, que les apports dans les retenues ont été plus faibles qu'en 1993 malgré des pluies manifestement plus importantes, ne sera pas abordé ici. On présume que ce phénomène est dû à une évolution différente des températures et donc à une accumulation sous forme de neige.

3.2 Cas des barrages valaisans

En Valais, on trouve parmi les principaux aménagements, ceux de la Grande Dixence, Mattmark, Mauvoisin, Moiry, Emosson, les Toules sur la rive gauche du Rhône et de Zeuzier en rive droite (voir Figure 3). La somme des volumes utiles (à savoir le volume compris entre le niveau minimum et le niveau maximum d'exploitation) des aménagements hydroélectriques valaisans est de l'ordre de 1208,3 mio de m^3, pour un total de 44 retenues. L'analyse relative au rôle des aménagements hydroélectriques valaisans situés en amont et en aval de Branson (Fully) a porté sur la période entre les 14 et 16 octobre. Cette durée de trois jours a été choisie afin de permettre, dans la mesure du possible, de dresser des comparaisons avec les crues d'août 1987 et de septembre 1993. Il faut relever, outre les époques distinctes des trois événements, une répartition différente des précipitations. Ceci explique les conséquences locales diverses des crues.

Compte tenu du niveau du plan d'eau le plus bas relevé le 14 octobre 2000, le degré moyen de remplissage des principales retenues était de 90 %, ce qui équivalait à une réserve de capacité d'environ 117,6 mio de m^3 (voir Tableau 1). Il faut relever qu'une réserve appréciable de stockage était disponible; elle était de l'ordre de 10 % de la somme des volumes utiles des bassins. Ce sont particulièrement les bassins de Grande Dixence, d'Emosson et du Mauvoisin qui avaient les volumes disponibles les plus importants. Malgré des prévisions météorologiques défavorables, il n'a pas été constaté de mesures anticipées systématiques par un abaissement préventif (avec turbinage) du niveau d'eau dans les ouvrages d'accumulation.

Par comparaison au chiffre de la crue 2000, le taux moyen de remplissage en septembre 1993 était plus élevé (95,2 %) et celui de 1987 presque identique (89,3 %) à celui de 2000 (90 %).

Figure 1. Rupture de la digue du Rhône à Chamoson le 15 octobre 2000.

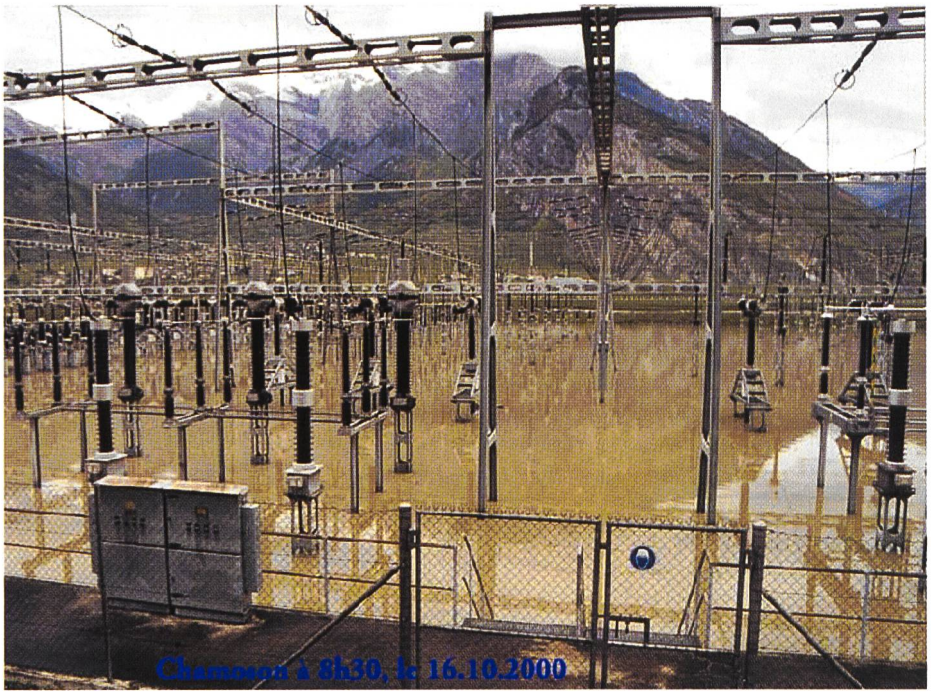

Figure 2. Inondation de la station de couplage à Chamoson le 16 octobre 2000.

Dans la partie du bassin versant à l'amont de Branson, 19,4 mio de m^3 (soit une moyenne de 74,8 m^3/s sur trois jours) ont été stockés dans les bassins d'accumulation principaux. Ce stockage représente pour les bassins considérés environ 47,4 % des apports naturels dans les bassins d'accumulation, dont des volumes importants ont été dérivés. Ainsi, environ 10 mio de m^3, soit une moyenne de 38,6 m^3/s et des débits de pointes avoisinant 50 m^3/s, ont été acheminés le 15 octobre du Mattertal et du Val d'Hérens vers le lac des Dix. Comme en septembre 1993, la possibilité de dériver les eaux vers le lac des Dix a permis de réduire le débit dans la Vispa.

Si l'on prend également en compte les retenues situées à l'aval de Branson, environ 20,6 mio de m^3 (soit en moyenne 79,5 m^3/s) ont été accumulés en trois jours dans les bassins d'accumulation principaux; cela correspond à environ 78,9 % des apports naturels dans les bassins d'accumulation.

A Mauvoisin, 8,7 mio de m^3 ont pu être emmagasinés dans la retenue. Le pourcentage de rétention a été compris entre 86 et 100 %. L'apport a été en moyenne de 47,4 m^3/s le 15 octobre et de 33,6 m^3/s sur les trois jours de crue.

En qui concerne les volumes dérivés, 4,5 mio de m^3 en provenance du val Ferret et de la Drance ont été dirigés dans la retenue

d'Emosson, ce qui représente un peu moins de la moitié du volume stocké dans cette retenue pendant la période de crue.

Les retenues du Mauvoisin et d'Emosson, grâce à leur capacité de stockage disponible, ont donc joué un rôle très important pour diminuer les débits dans la Drance à Martigny (entre 74 et 117 m^3/s au plus fort de la crue).

Il ressort du Tableau 2 que, pour les retenues considérées, les quantités stockées pendant la crue d'octobre 2000 (40 mio de m^3 sur trois jours) ont été plus importantes que celles de septembre 1993 (31,2 mio de m^3 sur trois jours) et du même ordre de grandeur que celles d'août 1987. En ce qui concerne la somme des apports dans les bassins d'accumulation également sur trois jours, les chiffres de 2000 et 1987 sont similaires (67 et 68 mio de m^3) et celui de 1993 légèrement inférieurs (65 mio de m^3).

Pendant la crue 2000, le turbinage aurait pu être davantage réduit dans quelques cas au plus fort de la crue compte tenu des réserves de capacité existantes, afin de limiter encore les débits dans les cours d'eau.

Comme ce fut le cas en septembre 1993, des déversements ont été inévitables, surtout pour les retenues de capacité moyenne (voir Tableau 3). Toutefois, même dans ces cas, la rétention a aussi joué. Par exemple, à Ferden, au plus fort de la crue, le déversement a été de 62,5 m^3/s avec en parallèle un turbinage de 21,3 m^3/s, alors que le débit de pointe de l'hydrogramme d'entrée a atteint 90,5 m^3/s (soit un écrêtement de la pointe de crue de 7 %). Avec de tels débits, il est remarquable que les eaux n'aient pas débordé à Gampel et à Steg, grâce également aux engins de chantier utilisés pour évacuer les matériaux dans le lit de la Lonza, pendant les temps forts de la crue. Les inondations qui se sont produites dans la partie basse de la plaine étaient dues au refoulement du Rhône dans le Galdikanal.

A Gebidem, les débits déversés ont varié entre 125 m^3/s (le 15 octobre) et 80 m^3/s (le 16 octobre). Le turbinage sur trois jours a été en moyenne de 18 m^3/s. Un déversement de 15 m^3/s a été enregistré au barrage des Toules, alors que l'évacuateur de crue n'était pas entré en fonction en 1993.

Enfin, dans un seul cas, il a fallu manœuvrer un organe de décharge sur ordre de police du canton dans la soirée du 14 octobre. Ainsi, la vidange intermédiaire de la digue de Mattmark a été ouverte et les débits des lâchures discontinues sur les 15 et 16 octobre ont été de 20 à 30 m^3/s avec un volume évacué d'environ 1,6 mio de m^3 jusqu'à 4h30 le 16 octobre, soit sur une durée d'environ 30 heures.

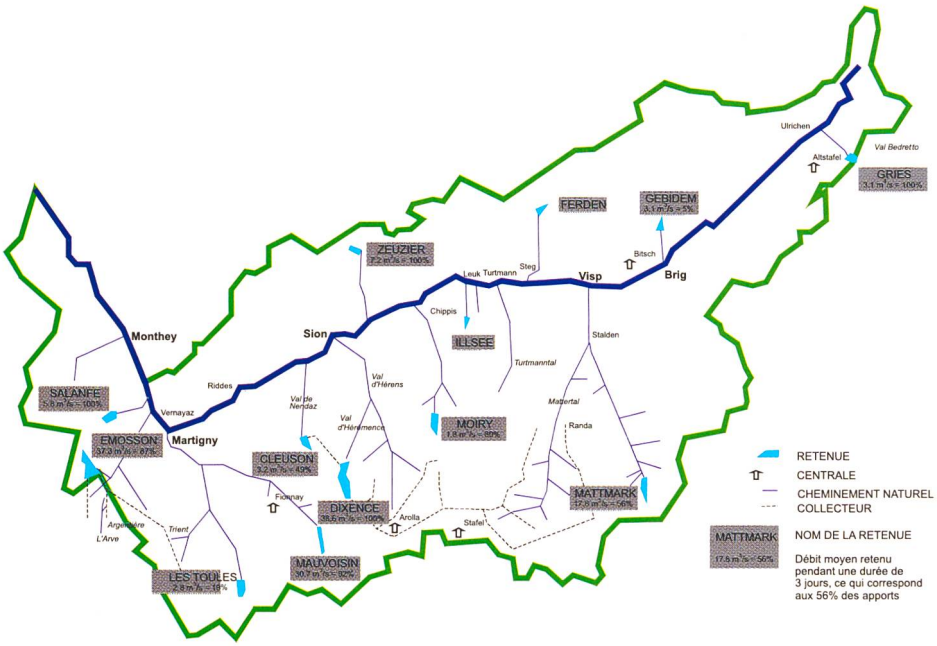

Figure 3. Rétention dans les bassins d'accumulation des aménagements hydroélectriques valaisans.

Ceci a évité de justesse un déversement, puisque le plan d'eau de la retenue de Mattmark se situait à 8 cm au dessous du niveau normal d'exploitation le 15 octobre à 18h00. Par contre, les barrages de Gries, Moiry, Zeuzier, Grande Dixence, Mauvoisin, Emosson et Salanfe avaient encore de la réserve au début de la journée du 17 octobre; par exemple, le degré de remplissage atteignait 87 % à Emosson, 96,6 % à Grande Dixence et 98,6 % au Mauvoisin.

Pour juger de la contribution effective des aménagements hydroélectriques sur les conditions d'écoulement, une évaluation des débits qui auraient pu être observés sans l'existence des retenues (débit de pointe na-

Barrages	Volume utile	Degré de remplissage			Réserve de capacité		
		Crue 1987 (24 août)	Crue 1993 (24 sept.)	Crue 2000 (14 oct.)	Crue 1987 (24 août)	Crue 1993 (24 sept.)	Crue 2000 (14 oct.)
	$1000 \times m^3$	% rempl.	% rempl.	% rempl.	$1000 \times m^3$	$1000 \times m^3$	$1000 \times m^3$
Gries	18 000	85,3	100,5	92,3	2 646	0	1 386
Gebidem	8 700	72,0	88,0	94,4	6 264	1 044	487
Mattmark	100 000	91,2	96,9	95,2	8 800	3 100	4 800
Ferden	1 700	79,0	50,1	95,0	357	850	85
Illsee	6 500	95,3	98,2	98,4	306	117	104
Moiry	77 200	89,9	99,8	97,0	7 797	154	2 316
Zeuzier	49 900	95,2	98,0	93,9	2 395	998	3 044
Cleuson	19 500	89,3	97,4	99,0	2 087	507	195
Grande Dixence	400 000	91,5	98,3	94,1	34 000	6 800	33 951
Sous-total à l'amont de Branson	681 500	91,1	98,0	94,7	60 823	13 570	46 368
Mauvoisin (avant 1992)	175 000	96,4	–	–	6 300	–	–
Mauvoisin (dès 1992)	204 000	–	97,6	94,3	–	4 896	11 628
Les Toules	20 500	95,2	97,9	96,5	984	430	715
Emosson	225 000	86,2	94,0	82,6	31 050	13 500	38 925
Salanfe	40 000	43,5	40,0	50,2	22 600	24 000	19 920
Sous total Drance avant 1992	4 605 000	86,6			60 934		
Sous total Drance dès 1992	45 400		91,3	85,5		42 827	71 188
Sous-total à l'aval de Branson avant 1992	1 146 500	89,3			117 156		
Sous-total à l'aval de Branson dès 1992	1 175 000		95,2	90,0		56 397	117 564

Tableau 1. Comparaison des degrés de remplissage et des réserves de capacité au début des crues 1987, 1993 et 2000.

turel) a également été effectuée pour la crue d'octobre 2000. Les valeurs déterminées ont été reportées dans le Tableau 4 en regard des débits de pointe effectivement observés. Dans le même tableau figurent des valeurs relatives aux crues de 1987 et 1993. Ce tableau montre clairement l'effet de rétention des retenues sur l'écoulement maximal tant dans la plaine du Rhône que pour deux affluents. En complément, les commentaires suivants peuvent être apportés.

Le stockage dans la retenue de Mattmark, ainsi que la dérivation d'eau de la vallée de Zermatt vers la retenue du val des Dix (aménagement de la Grande Dixence) en octobre 2000 ont entraîné une réduction de la hauteur d'eau d'environ 30 cm du Rhône entre Viège et Sion et ont évité que d'importantes inondations ne se produisent le long de ce tronçon. Il faut rappeler qu'en septembre 1993, le débit atteint par la Vispa à Viège correspondait à la limite de capacité du cours d'eau; la ville de Viège, de même que la plaine du Rhône, furent donc protégées d'une inondation majeure par les mêmes aménagements hydroélectriques. En 1987, le scénario a été similaire à celui de 1993.

Sur le tronçon entre Sion et le lac Léman, l'effet de rétention des retenues en octobre 2000 a occasionné une diminution de l'ordre de 100 m^3/s du débit à l'amont de Branson; elle a été de 209 m^3/s en août 1987 et de 161 m^3/s en septembre 1993. Ainsi, les barrages ont préservé la plaine du Rhône entre Sion et la Porte-du-Scex d'inondations en réduisant la hauteur d'eau de 50 à 90 cm. Comme en 1987 et 1993, les débits de pointe naturels en 2000 entre Sion et Branson auraient été supérieurs à 1000 m^3/s, ce qui signifie un net dépassement des limites de capacité des digues du Rhône. Ces limites ont particulièrement été mises en évidence en octobre 2000 pour des débits de pointe observés inférieurs à 1000 m^3/s.

En ce qui concerne la Drance à Martigny, un débit de pointe de 175 m^3/s a été mesuré au droit de la station hydrologique fédérale le 15 octobre 2000; à ce moment, l'écoulement avoisinait la limite de capacité du cours d'eau. Sans l'importante contribution des barrages du Mauvoisin et d'Emosson, qui ont retenu environ 74 à 117 m^3/s au plus fort de la crue (6h40–11h), la ville de Martigny aurait été inondée. Il faut relever que les débits de pointes des crues de 1987 et 1993 mesurées à la même station hydrologique ont été moins élevés, de l'ordre de 100 m^3/s. Par rapport aux débits de pointe de crue observés pour le Rhône, l'effet protecteur des barrages à la confluence de la Drance a été estimé à environ 25–30 m^3/s en 1987 et 1993 (Biedermann et al., 1996).

Barrages	Crue août 1987		Crue septembre 1993		Crue octobre 2000	
	Apports totaux $1000 \times m^3$	Volumes stockés $1000 \times m^3/s$	Apports totaux $1000 \times m^3$	Volumes stockés $1000 \times m^3/s$	Apports totaux $1000 \times m^3$	Volumes stockés $1000 \times m^3/s$
Gries	2 010	2 010	2 100	1 473	790	790
Gebidem	17 236	128	12 150	1 289	17 739	802
Mattmark	7 005 (2 j)	6 151 (2 j)	11 993	6 498	8 174	4 614
Moiry	1 308	2 803	830	214	592	474
Zeuzier	1 547	1 034	1 273	419	1 869	1 868
Cleuson	876	300	702	546	1 687	819
Grande Dixence	20 898 (total)	14 562	17 559 (total)	6 688	10 000	10 000
Totaux amont Branson	50 880	26 988	46 607	17 127	40 851	19 378
Stocké/Apport	53,0 %		36,8 %		47,4 %	
Mauvoisin	7 384 (2 j)	3 441 (2 j)	9 889	7 150	9 487	8 721
Les Toules	2 114	233	2 536	1 000	3 838	718
Emosson	8 002 (sans Arve)	9 435	5 182 (sans Arve)	5 245	11 124	9 680
Salanfe	1 262	1 111	706	706	1 495	1 495
Totaux Drance	18 762	14 220	18 313	14 101	25 944	20 614
Stocké/Apport	75,8 %		77,0 %		78,5 %	
Totaux	68 380	40 057	64 920	31 228	66 975	39 992
Stocké/Apport	58,6 %		48,1 %		59,9 %	

Tableau 2. Apports totaux et volumes stockés sur une durée de trois jours en 1987, 1993 et 2000.

Barrages	Date	Débit max déversé par un évacuateur de crue (m^3/s)	Débit max évcacué par un orange de vidange (m^3/s)	Débit max turbiné (m^3/s)
Ferden	15 octobre	62,5		21,3
Gebidem	15 octobre	125		14
	16 octobre	125–80		14
Mattmark	14 octobre		28	19
	15 octobre		20–30	19
	16 octobre		30	9,7
Moiry	14 octobre			2,9
	15 octobre			3,7
Les Toules	14 octobre	7		9
	15 octobre	15		9

Tableau 3. Débits maximum évacués par les organes de décharge.

	Evénement d'août 1987		**Evénement de septembre 1993**		**Evénement octobre 2000**	
Bassin versant	$Q_{effectif}$ m^3/s	$Q_{naturel}$ m^3/s	$Q_{effectif}$ m^3/s	$Q_{naturel}$ m^3/s	$Q_{effectif}$ m^3/s	$Q_{naturel}$ m^3/s
Rhône à Brigue	495	521	460	462	560	583
Vispa à Visp	278	450	330	494	200	257
Rhône à Sion	775	1045	830	1054	910	1035
Rhône à Branson	820	1029	930	1091	980	1080
Drance à Martigny	–	–	86	163	180	env. 275
Rhône Porte-du-Scex	1004	1318	1088	1350	1370	1600

Tableau 4. Valeurs de débits de pointe effectifs et naturels lors des crues de 1987, 1993 et 2000.

Sur le Rhône en aval de Branson, les retenues du Mauvoisin, d'Emosson et de Salanfe ont retenu environ 113 m^3/s au plus fort de la crue (le 15 octobre entre 12h40 et 14h00). Ainsi, une réduction totale de 214 m^3/s du débit maximal dans le Rhône, en aval de Branson, a été obtenue grâce aux barrages valaisans. Leurs contributions ont été estimées à 314 m^3/s en 1987 et à 262 m^3/s en 1993 (Biedermann et al., 1996).

La crue d'octobre 2000 (voir Tableau 5 et Figure 1) a montré que la réserve de capacité des barrages peut certes jouer un rôle très important de protection, mais la distribution des pluies, des débits dans le temps et dans l'espace, ainsi que les opérations effectuées dans les aménagements hydroélectriques peuvent modifier et réduire la contribution des barrages par rapport aux phases des écoulements maximaux dans les cours d'eau. La comparaison des crues de 1987 et de 2000 illustrent bien ce phénomène. Avec un taux de remplissage moyen, des apports et quantités d'eaux stockées globalement similaires, la contribution des barrages en amont de Branson a été en 1987 de 209 m^3/s soit le double du chiffre de 2000 (environ 100 m^3/s).

En aval de Branson, où nous ne disposons que des chiffres moyens de comparaison, la contribution moyenne en 2000 (79,5 m^3/s) a été supérieure à celle de 1987 (54,9 m^3/s).

3.3 Cas des barrages tessinois

Dans le canton du Tessin, les aménagements de Blenio (3 barrages), de la Maggia (7 barrages) et de la Verzasca comptent parmi les installations offrant les capacités de stockage les plus importantes. Il en existe par ailleurs d'autres parmi lesquels figurent les ouvrages d'accumulation de Ritom, Lucendro, Sella. La somme des volumes utiles (à savoir le volume compris entre le niveau minimum et le niveau maximum d'exploitation) des aménagements hydroélectriques tessinois est de l'ordre de 419,7 mio de m^3, pour un total de 22 retenues (voir Figure 4).

L'analyse du rôle des aménagements hydroélectriques tessinois a porté sur la période comprise entre les 10 et 17 octobre. Au début de cette période, le degré de remplissage des principales retenues peut être considéré comme encore élevé; il était compris entre 90 et pratiquement 100 % (Contra). La réserve de capacité était de l'ordre de 20 mio de m^3. La retenue de Luzzone, avec environ 10 mio de m^3, offrait la réserve la plus importante; 8 mio de m^3 se répartissaient dans quatre autres retenues. La réserve de capacité de la retenue de Contra était par contre faible (voir Tableau 6).

Pendant la période de crue, la retenue de Ritom, située dans la partie nord du canton (Léventine), a emmagasiné 1,282 mio de m^3 le 13 octobre, ce qui représente 76 % des apports. Ces derniers se composent pour parts pratiquement égales des apports du bassin versant même et de ceux dérivés des vallées latérales. Le turbinage a permis d'évacuer quotidiennement entre 380000 et 500000 de m^3 (en moyenne 5,8 m^3/s) entre les 13 et 17 octobre et un total de 817000 m^3 (avec une

Barrages	Volume utile	Réserve de capacité	Intervalle de temps considéré	Apports totaux	Volume stocké	Déversement
	$1000 \times m^3$	$1000 \times m^3$	heures	$1000 \times m^3$ / m^3/s	$1000 \times m^3$ / m^3/s	
Gries	18 000	1 389	72	790 / 3,1	790 / 3,1	Non
Gebidem	8 700	611	72	17 739 / 68,4	812 / 3,1	Oui
Mattmark	100 000	5 286	72	8 174 / 31,5	4 614 / 17,8	Non
Moiry	77 200	2 318	72	592 / 2,3	474 / 1,8	Non
Zeuzier	49 900	3 084	72	1 869 / 7,2	1 869 / 7,2	Non
Cleuson	19 500		72	1 687 / 6,5	819 / 3,2	Non
Grande Dixence	400 000	34 000	72	10 000 / 38,6	10 000 / 38,6	Non
Sous-total amont de Branson			72	40 851 / 157,6	19 378 / 74,8	
Mauvoisin	204 000	11 978	72	9 487 / 36,60	8 721 / 33,64	Non
Les Toules	20 500		72	3 838 / 14,8	718 / 2,8	Oui
Emosson	225 000	39 183	72	11 124 / 42,9	9 680 / 37,3	Non
Salanfe			72	1 495 / 5,8	1 495 / 5,8	Non
Sous-totaux Drance			72	26 944 / 100,1	20 614 / 79,5	
Total aval de Branson		117 901		69 795 / 257,7	39 992 / 154,3	

Tableau 5. Résumé de la crue 2000.

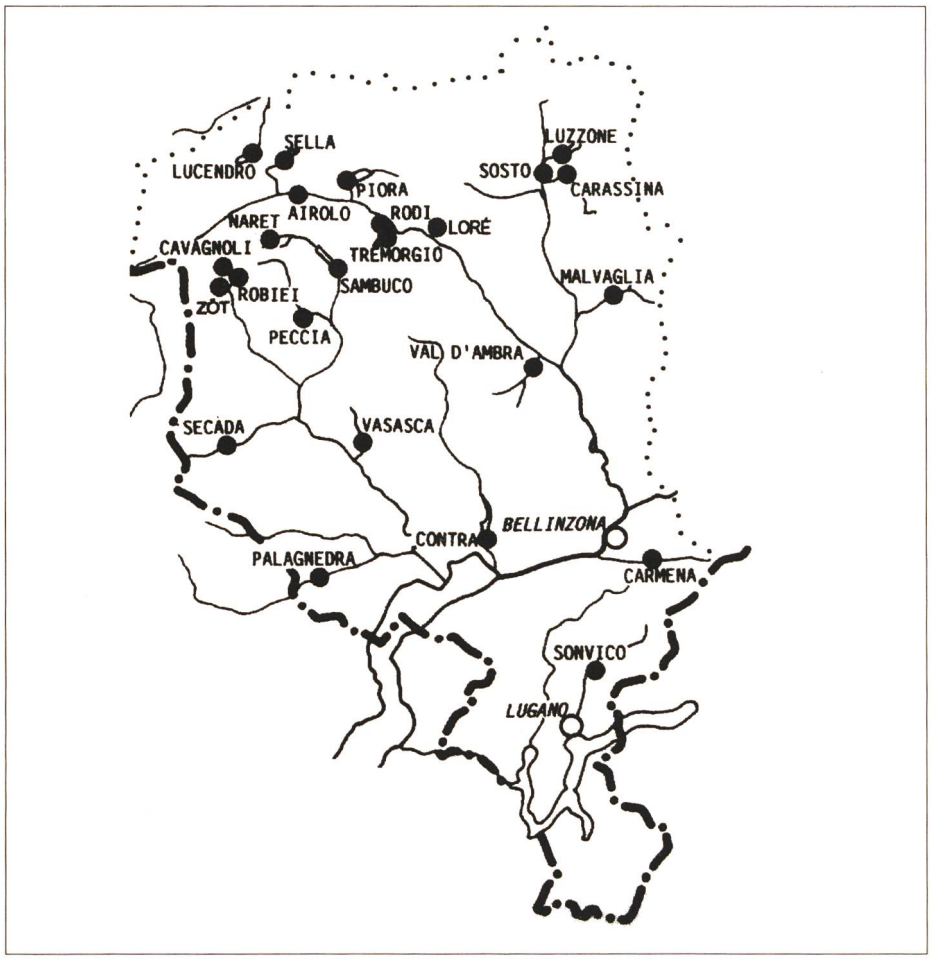

Figure 4. Situation des barrages dans le canton du Tessin.

pointe de 7,3 m^3/s) a été déversé (voir Tableau 7).

Les trois retenues de l'aménagement des Forces motrices de Blenio (Luzzone, Carassina, Malvaglia) ont stocké 11,26 mio de m^3 entre le 10 et le 17 octobre. La plus grande partie, 9,93 mio de m^3/s, a été emmagasinée dans la retenue de Luzzone, dont le degré de remplissage au début de la crue avoisinait 91 % (volume utile : 107 mio de m^3). Le volume stocké représente environ les 65 % des apports. Notons encore que la surface des bassins versants directs de Luzzone et de Carassina représente les 13 % du bassin versant total du cours d'eau à Biasca. Quant à la retenue de Malvaglia, dont le volume utile est de 3,15 mio de m^3, le volume stocké correspond à environ 8 % des apports (voir Tableau 8 et Figure 5).

En ce qui concerne les sept bassins d'accumulation de l'aménagement des Forces motrices de la Maggia, ils ont emmagasiné pratiquement un volume de 6 mio de m^3 entre les 10 et 15 octobre. Dans la partie supérieure de l'aménagement, 1 mio de m^3 ont été retenus le 15 octobre à Sambuco, le même jour 2,3 mio de m^3 ont été pompés dans la retenue de Cavagnoli, quant à la retenue de Naret, avec 99,1 % de taux de remplissage au début de la crue, seuls 500 000 m^3 ont été stockés. Enfin, 1,4 mio de m^3 ont trouvé place dans la retenue de Palagnedra (volume utile: 1,9 mio de m^3) (voir Tableau 8 et Figure 5).

Une étude effectuée par l'exploitant des aménagements de Blenio et de la Maggia montre que les volumes stockés par leurs ouvrages représentent une tranche de 6,4 cm du lac Majeur.

Le cas du barrage de Contra (aménagement de la Verzasca), dont le degré de remplissage était de 99,8 %, a toutefois emmagasiné 9 mio de m^3 le 12 octobre, alors que l'apport ce jour a été de 12,4 mio de m^3. Puis, dans la période du 12 au 16 octobre, l'apport total a été de 69,6 mio m^3, soit un débit moyen journalier de 161 m^3/s.

C'est le 13 octobre que l'apport a été le plus important, soit 22,63 mio de m^3 (261,9 m^3/s en moyenne). De plus, le turbinage au maximum de 44 m^3/s a pratiquement été constant. Enfin, les évacuateurs de crue ont été en action dès le 13 octobre; ce même jour, le débit de pointe déversé a atteint 375,1 m^3/s (voir Tableau 9).

Des déversements ont été pratiquement ininterrompus au barrage de Verzasca. Le 13 octobre, on a enregistré le volume déversé maximum de 2,47 mio de m^3 (débit moyen: 28,6 m^3/s) et le débit de pointe maximum observé a été de 73 m^3/s .

Barrages	Volume utile	Degré de remplissage le 12 oct. 2000 à 00h00	Réserve de capacité le 12 oct. 2000 à 00h00
	1000 × m^3	en %	1000 × m^3
Ritom	48 780	96,7	1 623
Luzzone	107 000	91,6	9 600
Carassina	230		225
Malvaglia	2 149	38,4	1 939
Naret	31 100	99,1	284
Cavagnoli	27 775	89,7	2 858
Robiei	4 823	88,1	575
Zöt	1 530	76,4	360
Sambuco	63 155	97,8	1 396
Palagnedra	1 872	51,6	926
Peccia	105	44,9	57
Contra	85 000	99,8	164
Totaux	373 519	94,6	20 007

Tableau 6. Degré de remplissage au début de la crue 2000 (le 12 octobre à 00h00).

Date	Apport direct	Apport dérivé	Apport total	Volume déversé	Volume turbiné	Volume stocké	
	1000 × m^3	1000 × m^3	1000 × m^3	1000 × m^3	1000 × m^3	1000 × m^3	m^3/s
12 octobre	191	309	500		320	181	2,09
13 octobre	828	838	1 666		384	1 282	14,83
14 octobre	674	220	894	306	493	95	1,10
15 octobre	579	357	936	371	504	61	0,70
16 octobre	419	219	637	140	504	–6	

Tableau 7. Apports et volumes stockés au barrage de Ritom.

Aménagement	Barrage	Période considérée	Volume stocké	
			1000 × m^3	m^3/s
Blenio	Luzzone	du 10 au 17 octobre	9 932	14,36
	Carassina		189	0,27
	Malvaglia		1 139	1,65
		Total	11 260	16,29
Maggia	Naret	du 10 au 15 octobre	531	0,77
	Cavagnoli		2 335	3,38
	Robiei		851	1,23
	Zöt		518	0,75
	Sambuco		1 006	4,16
	Palagnedra		743	4,07
		Total	5 984	8,66

Tableau 8. Volumes maximum stockés par les aménagements de Blenio et de Maggia.

Date	Apport total	Volume déversé	Débit de pointe déversé	Volume turbiné	Volume total soutiré	Volume stocké	
	1000 × m^3	1000 × m^3	m^3/s	1000 × m^3	1000 × m^3	1000 × m^3	m^3/s
12 octobre	12 436			3 436	3 436	9 000	104,2
13 octobre	22 630	17 067	375,1	3 763	20 830	1 800	20,8
14 octobre	9 285	5 532	97,5	3 753	9 285	0	0,0
15 octobre	10 993	6 807	140,2	3 789	10 596	397	4,6
16 octobre	14 269	10 703	158,6	3 808	14 511	0	0,0
17 octobre	7 136	4 239	108,7	3 808	8 047	0	0,0

Tableau 9. Apports et volumes stockés au barrage de Contra.

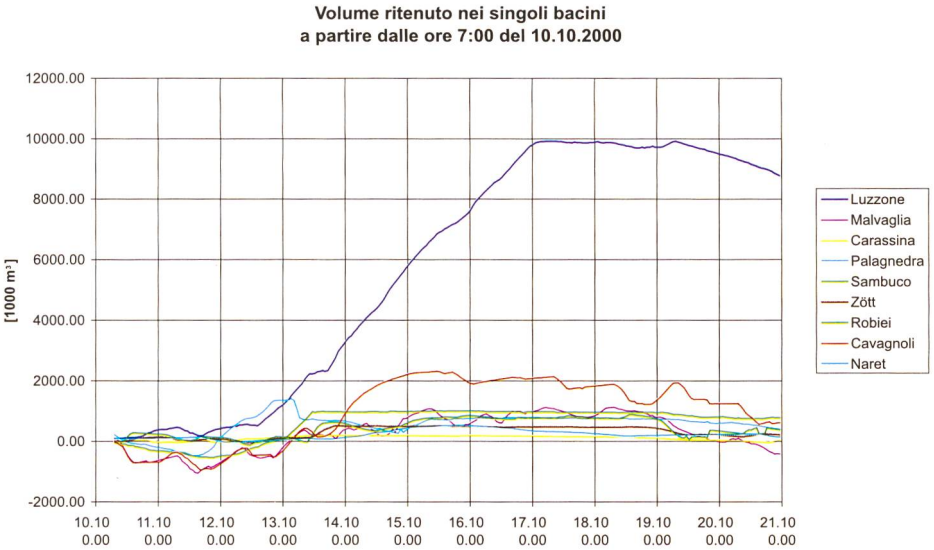

Figure 5. Cumul des volumes stockés dans les retenues des aménagements de Blenio et de Maggia.

4. Conclusions

Comme ce fut le cas en 1987 et 1993, les bassins d'accumulation des aménagements hydroélectriques ont à nouveau offert de larges possibilités de stockage des apports pendant les crues d'octobre 2000. Bien que leurs bassins versants ne représentent qu'une partie de celui des cours d'eau sur lesquels ils sont érigés, ils sont en mesure de diminuer les débits dans les tronçons situés à l'aval. De plus, grâce aux prises d'eau et au pompage, il a aussi été possible de dériver d'importants volumes d'eau d'une vallée vers un bassin d'accumulation située dans une vallée voisine ou plus loin encore.

Il faut toutefois relever que la réserve de capacité des ouvrages d'accumulation joue certes un rôle très important de protection, mais la distribution des pluies, des débits dans le temps et dans l'espace, ainsi que les opérations d'exploitation effectuées dans les aménagements hydroélectriques peuvent modifier la contribution des ouvrages d'accumulation par rapport aux phases des écoulements maximaux dans les cours d'eau.

Grâce aux enseignements tirés lors des crues antérieures, on a acquis l'expérience nécessaire pour faire un choix adéquat parmi les moyens d'intervention possible (pompage, turbinage, ouverture de vannes, etc.) dans le but de gérer au mieux les apports dans les bassins d'accumulation.

En cas de prévisions météorologiques défavorables, le turbinage préventif est une mesure qui permet de créer une réserve supplémentaire, toutefois limitée, sous réserve toutefois de pouvoir écouler l'énergie électrique produite à des conditions acceptables. La solution de la création d'une tranche de stockage de crue, pour autant que cela soit possible, permet d'augmenter l'efficacité de rétention des bassins pour une protection de la zone aval. Pour ce faire, il existe la possibilité de réserver un volume tampon en cas de prévisions météorologiques défavorables, de passer d'une gestion à but unique de la retenue à une gestion à buts multiples en prenant une tranche sur le volume utile ou en surélevant le plan d'eau. Cette dernière solution est en service depuis 2001 pour la retenue de Mattmark (Sander, Haefliger, 2001). Dans ces cas, les mesures ne sont cependant pas gratuites, car l'exploitant doit être dédommagé.

Afin de mieux maîtriser une situation de crue, il serait indiqué de pouvoir disposer à l'avenir d'outils d'aide à la décision permettant de se rendre compte de la situation instantanée réelle à différents endroits du territoire, par exemple par un tableau de bord restituant les mesures on-line de débits, pluies, neiges, températures, niveaux d'eau dans les barrages, etc.; ceci faciliterait la prise de mesures (ouverture de vannes, turbinage, pompage, etc.) pour réduire autant que faire se peut les conséquences de la crue (Raboud et al., 2001). Cet outil d'aide devrait également permettre de déceler les comportements anormaux constatés par exemple dans les cours d'eau (coulée de boue obstruant le cours d'eau, rupture de digue, etc.). Ceci est évidemment d'autant plus important la nuit, où les phénomènes sont difficilement visibles. Enfin, il est recommandé que les autorités cantonales et les exploitants travaillent en étroite collaboration, afin de coordonner les actions à prendre.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier les exploitants des aménagements hydroélectriques qui leur ont aimablement mis à disposition les données nécessaires à cette étude.

Cet article est tiré du chapitre 6 de la publication «Les crues 2000. Analyse des événements/Cas exemplaires». Rapport de l'OFEG, Série Eaux No 2 (2002).

Bibliographie

Biedermann R. et al., 1996: Protection contre les crues dans le canton du Valais. Aménagements hydroélectriques à accumulation et protection contre les crues, «eau, énergie, air», No 10, p. 216–266.

OFEE, 1991: Analyse des causes des crues de l'année 1987. Rapport final, Communication No 5. EDMZ, Bern

OFEE, 1995: Influence des aménagements hydroélectriques à accumulation lors des crues de 1987 et 1993. Rapport interne.

OFEG, 2002: Les crues 2000. Analyse des événements/Cas exemplaires. Rapport de l'OFEG, Série Eaux, No 2.

Raboud P.B., Dubois, J., Boillat J. L., Costa S., Pitteloud P.Y., 2001: Projet Minerve – Modélisation de la contribution des bassins d'accumulation lors des crues en Valais. «eau, énergie, air», No 11/12, p. 313–317.

Sander B., Haefliger P., 2001: Hochwasserschutz durch das Speicherkraftwerk Mattmark. «eau, énergie, air», No 7/8, p. 169–174.

Adresse des auteurs

Henri Pougatsch, Section «Barrages», Office fédéral des eaux et de la géologie, CH-2501 Bienne.

Pierre-Benoît Raboud, Service des forces hydrauliques, Département de la santé, des affaires sociales et de l'énergie, CH-1950 Sion.