

CREALP

CENTRE DE RECHERCHES SUR L'ENVIRONNEMENT ALPIN
SION

Pierre Kunz¹ et Jean-Marc Rey²

INTEMPERIES DU 23 SEPTEMBRE 1994 DANS LE HAUT-VALAIS (MASSIF DU SIMPLON): REPETITION DE L'ÉVENEMENT DE 1993 UN AN APRES

Bull. Murithienne 113 (1995)

INTEMPERIES DU 23 SEPTEMBRE 1994 DANS LE HAUT-VALAIS (MASSIF DU SIMPLON): REPETITION DE L'ÉVENEMENT DE 1993 UN AN APRES

Par Pierre Kunz¹ et Jean-Marc Rey²

¹ Direction PNR 31 « Changements climatiques et Catastrophes naturelles », Section des Sciences de la Terre, Université de Genève, 13, rue des Maraîchers, CH-1211 Genève 4.

² Centre de recherches scientifiques fondamentales et appliquées, CRSFA, 43 rue de l'Industrie, CH-1950 Sion.

RESUME

Intempéries du 23 septembre 1994 dans le Haut-Valais (massif du Simplon): répétition de l'événement de 1993 une année après.

Pour illustrer l'événement hydrologique de septembre 1994, les cumuls pluviométriques journaliers de la zone du Simplon et des régions limitrophes ont été inventoriés, ainsi que les débits de crue du Rhône en Valais. Ces données sont comparées avec les valeurs de septembre 1993, qui furent la cause de la catastrophe ayant affecté la ville de Brigue. L'évolution future des conditions météorologiques et climatologiques, pour la région sud valaisanne, paraît favoriser l'occurrence de tels événements, en particulier dans la période comprise entre la fin de l'été et le début de l'hiver.

ZUSAMMENFASSUNG

Unwetter vom 24. September 1994 im Oberwallis (Simplonmassiv): Wiederholung des Ereignisses von 1993.

Um das hydrologische Ereignis vom September 1994 zu illustrieren, wurden die Tagesniederschlagsmessungen des Simplongebietes und der angrenzenden Regionen sowie die Hochwasserabflussmengen der Walliser Rhône inventarisiert. Diese Daten werden mit denjenigen vom September 1993 verglichen, welche die Katastrophe in der Stadt Brig verursachten. Die künftige Entwicklung der meteorologischen und klimatologischen Bedingungen scheint das Vorkommen solcher Ereignisse im Südwallis, besonders zwischen Spätsommer und Winteranfang zu begünstigen.

INTRODUCTION

Du 22 au 25 septembre 1993, de fortes précipitations se sont abattues dans les Alpes valaisannes sur le massif du Simplon, ainsi que dans le Val d'Antrona donnant lieu à des crues dans les grandes vallées, accompagnées de laves torrentielles dans les vallées latérales. Il en est résulté des dégâts considérables à Brigue, sur le versant sud du Simplon, dans le Saastal et, dans une moindre mesure, dans le Mattertal.

Cet événement météorologique extrême est à rapporter à un phénomène de plus grande ampleur qui a touché tout le sud de l'arc alpin, de la Maurienne (France) au lac de Côme (Italie). Ces intenses précipitations se sont poursuivies sur le bassin versant du lac Majeur jusqu'à mi-octobre 1993 environ, faisant déborder le lac à la cote record de 197,23 mètres, elles furent également à l'origine du déclenchement de glissements de terrain accompagnés de laves torrentielles dans le nord du Tessin [KUNZ, 1993; SHGN, 1994].

Du 22 au 24 septembre 1994, soit une année jour pour jour après la catastrophe de Brigue, la Saltina, la Doveria et dans une moindre mesure la Vispa ont à nouveau présenté des niveaux élevés, sans pour autant causer des phénomènes catastrophiques de l'ampleur de ceux de 1993.

SITUATIONS METEOROLOGIQUES

Situation de septembre 1993

Du 22 au 25 septembre 1993, la situation météorologique était caractérisée par la remontée d'une profonde dépression, chargée d'air chaud et humide, venant du sud-ouest depuis le Golfe du Lion (Méditerranée occidentale). Cette perturbation atmosphérique s'est trouvée bloquée contre le flanc sud des Alpes, sans pouvoir passer la ligne de crête principale et déborder sur le versant nord.

Ce phénomène pluviométrique s'est divisé en deux périodes. D'abord les deux premiers jours (22-23 septembre), des précipitations intenses et prolongées d'origine orographique [GREBNER, 1993], ont touché surtout le Tessin. Dès le 24 septembre puis le 25, la zone d'intensité maximale des précipitations s'étend vers l'ouest, pour atteindre la crête sud des Alpes valaisannes. Un événement pluviométrique plus violent et de courte durée (24 h), d'origine dynamique dû à la rencontre de la masse d'air chaud avec un front froid [GREBNER, 1993], s'est alors concentré sur une surface d'environ 400 km². Il a affecté les vallées d'Ossola, d'Antrona et d'Antigorio en Italie, ainsi que la région comprise entre le Mattertal et le Binntal dans le Haut-Valais. Il faut relever que cette superficie est similaire à celle marquée par les crues du 25 août 1987 au Gotthard [SHGN et OFEE, 1991].

Le maximum des précipitations est atteint le 24 septembre 1993 avec 182 mm en 24 heures à Simplon-Village. Il est intervenu à la fin d'une période pluvieuse représentant sans contexte des valeurs extrêmes pour le siècle (du 22 au 25 septembre: plus de 375 mm à Simplon-Village et 446 mm à Campliccioli/Val d'Antrona). Ces fortes précipitations doivent être également associées aux températures clémentes de cette période, en effet la limite du 0°C degré se situant continuellement aux environs de 3500 mètres, l'eau non retenue sous forme de neige en altitude tombe exclusivement en pluie [GREBNER, 1993].

Cet événement pluviométrique était concentré géographiquement sur les vallées d'Ossola et d'Antigorio, sur la ligne de crête frontalière, comme l'atteste la carte des isolignes des précipitations [figure 1 et tableau 1]. Il apparaît en effet clairement que les précipitations diminuent rapidement vers le nord et l'ouest, et plus doucement vers l'est en raison de la morphologie de la dépression atmosphérique.

Situation de septembre 1994

Les précipitations de septembre 1994 n'ayant pas conduit à des événements catastrophiques de l'ampleur de ceux de 1993, la littérature est beaucoup plus succincte à ce sujet. On peut néanmoins relever que la situation météorologique de septembre 1994 était très similaire à celle ayant affecté la zone simplon-antronaïse une année plus tôt, suivant une répartition spatiale générale identique. Un courant dépressionnaire remontant du sud s'est trouvé bloqué contre le versant sud des Alpes (Valais oriental/massif du Simplon, Val d'Ossola et Tessin). Les précipitations se sont concentrées seulement sur trois jours, du 22 au 24 septembre, avec une seule pointe le 23 septembre, précédée et suivie de valeurs pluviométriques relativement faibles. Les précipitations furent également moins intenses, les maximas de 1994 n'ont atteint que la moitié de ceux de 1993, en Suisse comme en Italie [figure 2 et tableau 1].

Nous retrouvons ainsi en septembre 1993 et 1994, les mêmes situations météorologiques dites de « barrage » sur le versant sud des Alpes, avec une concentration locale de fortes précipitations, à la suite de la remontée d'une dépression atmosphérique provenant du sud (Méditerranée).

RAPPEL DE LA SITUATION CATASTROPHIQUE DE SEPTEMBRE 1993 A BRIGUE

Le 24 septembre 1993, la ville de Brigue et la région du Haut-Valais furent affectées par des crues catastrophiques, consécutives aux fortes précipitations tombées sur le massif du Simplon. Du 22 au 23 septembre, les sols avaient déjà atteint leur seuil de saturation, et dès le troisième jour (24 septembre), l'excès de pluie n'a fait que gonfler le ruissellement. Celui-ci fut à l'origine d'une érosion intense des bassins-versants et du gonflement des rivières, causant des crues et des laves torrentielles exceptionnelles - comme en particulier celui de la rivière Saltina [GEO7, 1993; KUNZ, 1993].

Les caractéristiques du bassin versant (78 km²) de la Saltina sont bien particulières: morphologie en demi-lune, à forte pente et à exutoire aval exceptionnellement confiné. Il est apparu que la majeure partie du matériel charrié provenait du lit et des rives des tronçons inférieurs des affluents de la Saltina, et seulement que très partiellement de l'érosion des pentes. Le 24 septembre **dans la ville de Brigue**, la Saltina a vu son débit croître démesurément en quelques heures, caractérisé par une forte charge en matériaux solides grossiers. Au total, un volume d'environ 250'000 m³ de boues et de débris de roches s'est déposé dans les rues de la ville, suite au débordement catastrophique qui s'est produit au pont de la Saltina [photos 1 et 2]. Le bouchon qui s'est constitué à ce pont, fut la conjonction d'un fort débit de la rivière, d'une charge exceptionnelle en matériaux grossiers renforcée par une proportion importante d'arbres arrachés, et bien sûr d'une capacité d'écoulement insuffisante sous le pont de la Saltina [ROUILLER, 1993; VAW, 1993; BEZZOLA et al., 1994].

Cependant au niveau météorologique, ces intenses précipitations n'étaient en fait pas extraordinaires. De nombreux cas antérieurs de débordements sont connus à Brigue, témoignant ainsi que les crues et les inondations ne sont pas des phénomènes rares dans cette région. Voici pour mention les plus importants: 1331 (première donnée historique de catastrophe), 1640 (10 septembre), 1839, 1860, 1868, 1920 (24-25 septembre ! soit la dernière catastrophe importante), 1921, 1922 et 1927 [RÖTHLISBERGER, 1994]. Il n'apparaît cependant au cours des 100 dernières années, aucun événement catastrophique d'une taille supérieure à celui de 1993 [VAW, 1993].

Il faut relever que dans l'inventaire historique des crues de la Saltina à Brig-Glis [VAW, 1993], répertoriant tous les événements depuis 1331 (30 cas dont 26 avec date exacte), 8 ont eu lieu en août,

7 en septembre, 7 en octobre, le reste survenant en juin-juillet. Ces observations soulignent l'occurrence prépondérante des catastrophes de crue à la fin de l'été et en automne.

En résumé, les événements catastrophiques survenus à Brigue en septembre 1993, furent déclenchés par la conjonction: de fortes précipitations concentrées sur une région montagneuse, d'effets constructifs avec un pont sous-dimensionné [photo 1], et de conditions d'urbanisme défavorables avec une intensification des constructions dans une zone sensible (position topographique élevée sur un cône d'alluvions). 20'000 personnes furent touchées par cette crue, mais seulement deux morts déplorés. L'estimation des dégâts s'est élevée à plus de 500 millions de FS [KUNZ, 1993, 1995].



Photo 1. Vue de la bordure amont du pont de la Saltina, situé au sommet de la ville de Brigue, pendant les travaux de déblaiement. Il faut relever la taille importante de certains blocs de rocher charriés par la crue, ainsi que la faible hauteur d'écoulement sous le tablier du pont. [Photo OFEE, 26.09.1993].

RESEAU DE STATIONS ET DONNES BRUTES

Les données des précipitations journalières proviennent de 32 stations météorologiques, à transmission automatique pour la plupart. 17 de ces stations sont situées dans les Alpes valaisannes et 15 sur le versant italien, ces dernières appartenant toutes au réseau de l'Ente Nazionale Energia Elettrica (ENEL). Les stations valaisannes sont rattachées au réseau de l'Institut suisse de Météorologie (ISM, 12 stations), à l'exception de celles de Randa (SER/CRSFA), de Zermatt, Findelen et Stafel (Grande Dixence), de Mauvoisin et de Mattmark (EWI).

Par rapport à l'étude de septembre 1993 [CRSFA, 1993], les stations de Saas Almagell, Findelen, Mauvoisin, Goglio et Calice n'ont pas été représentées pour septembre 1994, ceci pour diverses raisons techniques (suppression ou transformation, problèmes de fonctionnement, etc.). La station de Verampio est par contre nouvelle dans le réseau dès 1994, alors que celles de Mattmark et de Randa ne présentaient pas de données journalières pour 1993.

Il faut préciser que chaque fois que l'on parle ci-après de précipitations journalières, il s'agit de relevés cumulés de 7h30 à 7h30, pratique en vigueur auprès de l'ISM [tableau 1].

	me 22.9.93	Je 23.9.93	ve 24.9.93	je 22.9.94	ve 23.9.94	sa 24.9.94	Somme Me-ve 93	Somme Je-sa 94
RESEAU SUISSE (17)								
GRIMSEL (ISM)	22	23	51	3	8	4	96	15
ULRICHEN (ISM)	34	45	76	8	26	4	155	38
BINN (ISM)	84	110	161	24	98	15	355	137
SIMPLON DORF (ISM)	74	110	182	35	111	18	366	164
SAAS ALMAGELL (ISM)	39	76	30	-	-	-	145	-
MATTMARK (EWI)	-	-	-	?	?	?	-	95
VISP (ISM)	15	27	45	2	1	0	87	3
RANDA (SER/CRSFA)	-	-	-	5	1	1	-	7
ZERMATT (GD + ISM)	21	45	39	0	0	0	105	0
FINDELEN (GD)	19	72	32	-	-	-	123	-
STAFEL (GD)	63	45	32	8	18	11	140	37
EVOLENE-VILLA (ISM)	32	15	38	1	7	1	85	9
MONTANA (ISM)	11	5	28	0	0	0	44	0
SION (ISM)	8	4	23	0	0	0	35	0
FEY (ISM)	6	4	16	0	0	0	26	0
MAUVOISIN (EWI)	29	24	45	-	-	-	98	-
GRD-ST- BERNARD (ISM)	22	48	48	9	39	10	118	58
RESEAU ITALIEN (15)								
PONTE FORMAZZA (ENEL)	75	82	123	18	46	12	280	76
VANNINO (ENEL)	76	100	115	21	53	18	291	92
CADERESE (ENEL)	93	103	115	29	35	20	311	84
CODELAGO (ENEL)	87	94	96	26	39	19	277	84
DEVERO (ENEL)	96	94	96	28	65	22	286	115
AGARO (ENEL)	48	70	66	32	28	13	184	73
GOGLIO (ENEL)	75	83	84	-	-	-	242	-
VERAMPIO (ENEL)	-	-	-	33	30	16	-	79
CALICE (ENEL)	99	130	95	-	-	-	324	-
PALLANZENO (ENEL)	117	157	148	47	56	21	422	124
CAVALLI (ENEL)	126	150	124	47	106	32	400	185
ROVESCA (ENEL)	80	127	131	37	97	38	338	172
CAMPLICCIOLI (ENEL)	130	140	158	47	145	30	428	222
CAMPOSECCO (ENEL)	78	101	135	40	94	18	314	152
CINGINO (ENEL)	102	128	113	39	79	26	343	144

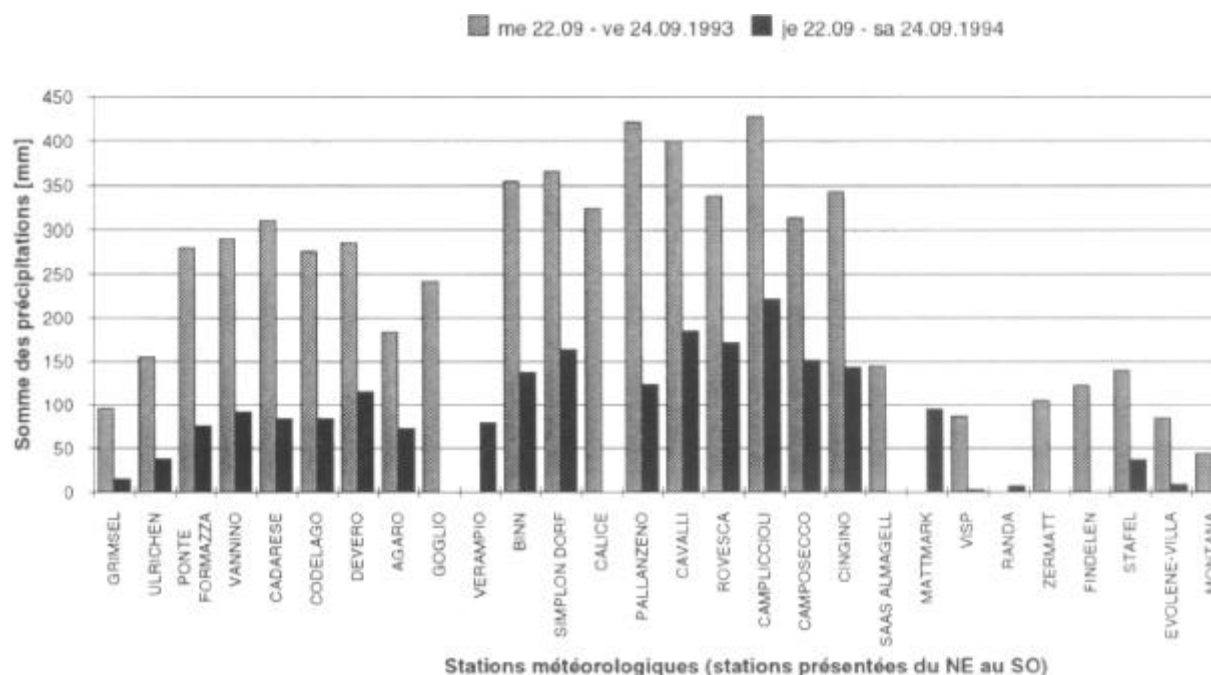
Tab. 1. Pluviométrie [mm] en relation avec les crues des 22-24 septembre **1993** et **1994**. Précipitations journalières (7h30-7h30) et sommées sur 3 jours [CRSFA, 1993; CRSFA, 1994]. Grisé: maximum de précipitations journalières pour chaque réseau.

PRECIPITATIONS TOTALES

Les données pluviométriques des mois de septembre 1993 et 1994, présentées dans le tableau 2, conduisent à un certain nombre de commentaires.

- Les valeurs enregistrées en Suisse sont dans l'ensemble plus faibles que celles enregistrées en Italie, à l'exception des stations de Simplon Dorf et Binn le 24 septembre 1993.
- Dans l'ensemble en **1994**, le maximum des précipitations est survenu le vendredi 23 septembre, alors que les valeurs du jeudi 22 et du samedi 24 sont relativement faibles. En **1993**, l'évolution pluviométrique croît par contre régulièrement, mais intensément, depuis le mardi 21, atteint ensuite le maximum le vendredi 24 puis redescend rapidement le samedi 25 septembre.

- Les maximas journaliers absolus du **vendredi 23 septembre 1994** sont situés à Campliccioli, Simplon Dorf, Caballi et Binn. Par comparaison, les maximas journaliers du **vendredi 24 septembre 1993** étaient revenus à Simplon Dorf, Binn, Campliccioli et Pallanzeno.
- En **1994**, tous les maximas journaliers **suisses** entre le 22 et le 24 septembre sont situés à Simplon Dorf. En **1993**, Binn et Simplon Dorf représentaient les stations les plus arrosées entre le 22 et le 24 septembre, puis est à égalité avec Simplon Dorf le 23, enfin cette dernière obtient la plus grande pluviométrie le 24 septembre.
- En **1994**, les maximas journaliers **italiens** sont répartis entre Pallanzeno, Cavalli, Rovesca et Campliccioli, c'est-à-dire dans des stations toutes situées dans le Val d'Antrona. En **1993**, Pallanzeno et Campliccioli sont à nouveau les stations italiennes les plus arrosées.
- Les précipitations de 1993 sont importantes sans être exceptionnelles. Les **périodes de retour de la pluviométrie de 1993** ont été calculées, pour la station Simplon, pour le 24 septembre (24 h): 27 ans (CRSFA, 1994a) à 35 ans [GREBNER, 1993], pour les 23-24 septembre (48 h): 83 ans respectivement 70 ans. Pour les stations de mesures de Grande Dixence, les analyses statistiques ont montré que le temps de retour de telles précipitations était compris entre 50 et 100 ans [BONVIN, 1993]. Ces résultats sont cependant à considérer avec prudence, car ils varient extrêmement en fonction des paramètres de calcul utilisés.



Tab. 2. Histogramme de la somme des cumuls journaliers des précipitations, sur l'ensemble des réseaux suisse et italien, pour les périodes du me 22 au ve 24 septembre 1993 [me 7h30 - sa 7h30] et du je 22 au sa 24 septembre 1994 [je 7h30 - di 7h30]. Les stations sont présentées de gauche à droite selon un axe géographique allant du NE (Grimsel) au SO (Grand-St. Bernard).

En résumé, on relèvera qu'au cours des deux périodes enregistrées, septembre 1993 et septembre 1994, la somme des précipitations journalières sur trois jours présente des maxima aux mêmes stations météorologiques, quelque soit le réseau considéré: la station suisse de **Simplon Dorf** et la station italienne de **Campliccioli**. Pour ces deux années, les maxima pluviométriques sont donc situés conjointement dans le Val d'Antrona et le massif du Simplon.

Les valeurs journalières mesurées au cours de ces événements restent cependant inférieures aux 250 mm/24 h du record enregistré à la station du Nufenen pendant les crues d'août 1987 [SHGN et OFEE, 1991].

CARTES DES ISOLIGNES DES PRECIPITATIONS (CARTES ISOHYETES)

Pour **septembre 1993** [CRSFA, 1993], la carte des isolignes des précipitations du mercredi 22 au samedi 25, montre que le Val d'Antrona a été plus arrosé (cumul entre 350 et 450 mm) que le massif du Simplon. L'axe Mattmark-Brigue-Ulrichen représente la limite nord-ouest de cet événement pluviométrique violent, au-delà de laquelle la concentration des précipitations a rapidement chuté [figure 1].

Les isolignes des précipitations maximales présentent une forme semi-ellipsoïdale d'axe Binn-Mattmark, pouvant être l'expression du scénario suivant: la dépression atmosphérique venant du sud-ouest s'est déchargée sur le Val d'Antrona de manière concentrée et régulière du mercredi 22 au jeudi 23 septembre. Le vendredi 24, une partie de cette perturbation, probablement réactivée en se creusant [GREBNER, 1993], s'est enfilée le long de l'arête Weissmies-Fletschhorn en direction du col du Simplon et du Binnental, portant subitement les précipitations à plus de 200 mm/24h dans cette région (cumul > 350 mm).

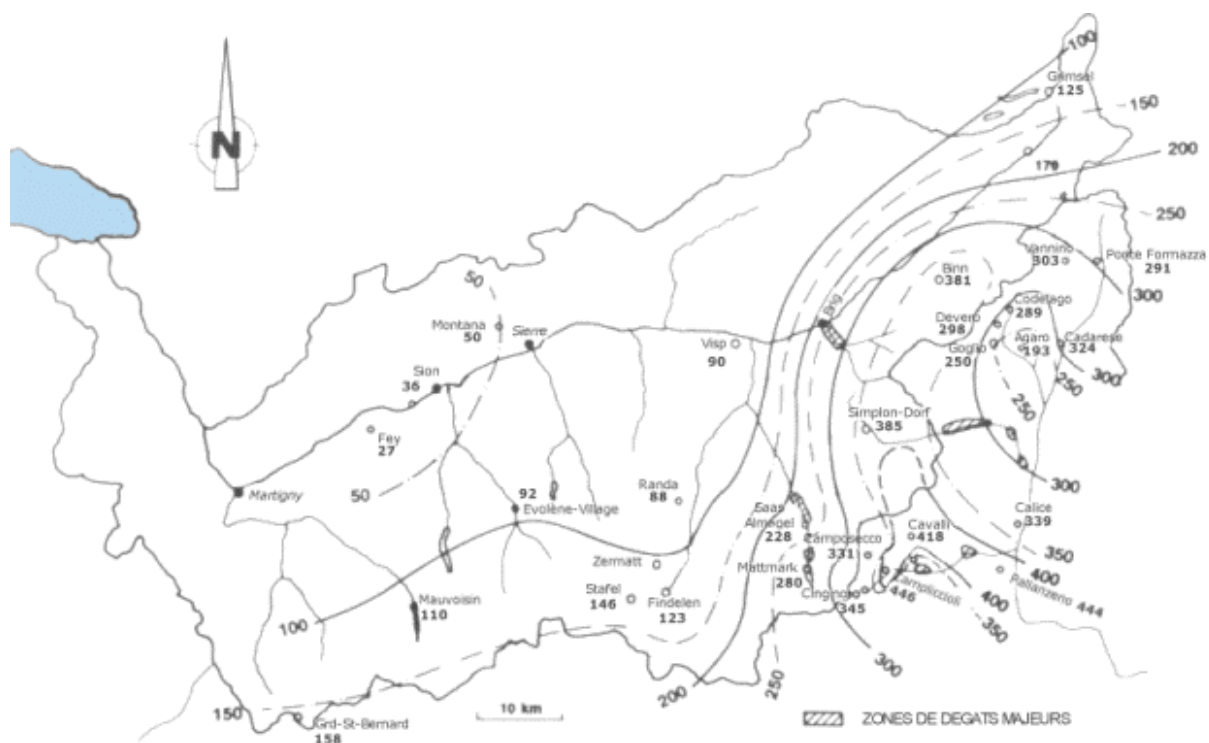


Fig. 1. Carte des isolignes des précipitations tombées sur le massif du Simplon, basée sur la somme des précipitations du mercredi 22 au samedi 25 septembre 1993 (me 7h30 - di 7h30). [Echelle en mm]. [CRSFA, 1993]

Pour **septembre 1994** [CRSFA, 1994b], la carte des isolignes des précipitations du jeudi 22 au samedi 24 montre nettement que la zone la plus arrosée fut celle du Haut Val d'Antrona (cumul > 200 mm/3 jours). Depuis cette région, un couloir à forte pluviométrie progressa vers le nord, de façon similaire à l'année 1993, incluant le col du Simplon (cumul entre 150 et 200 mm) et s'étirant jusque dans la région du Binntal (cumul entre 100 et 150 mm) [figure 2].

Cette carte isohyète de 1994 présente une troublante similitude de forme avec celle tracée lors des intempéries de septembre 1993. Le scénario d'une perturbation importante s'infiltrant le long de l'arête Weissmies-Fletschhorn en direction du massif du Simplon peut à nouveau être proposé. L'intensité des précipitations en 1994 furent toutefois nettement moindres qu'en 1993.



Fig. 2. Carte des isolignes des précipitations tombées sur le massif du Simplon, basée sur la somme des précipitations du jeudi 22 au samedi 24 septembre 1994 (je 7h30 - di 7h30). [Echelle en mm]. [CRSFA, 1994b]

CRUES DES COURS D'EAU

Les pointes des débits de crue atteintes par les principaux cours d'eau, affectés par les intempéries de septembre 1993 et de septembre 1994, sont présentées dans le Tableau 3. A titre de comparaison, les valeurs de débit atteintes lors des crues d'août 1987 sont également mentionnées. [Mesures enregistrées par le Service hydrologique et géologique national; SHGN, 1994].

En termes de débits, la crue du Rhône de septembre 1994 représente environ la moitié de celle de septembre 1993 dans la région de Brigue.

Entre Sion et la Porte du Scex, les débits du Rhône en 1994 sont environ 1,5 fois plus faibles qu'en 1993. Quant à la Saltina et à la Vispa à leur arrivée en plaine, leur débit est respectivement 2 à 3 fois plus faible que lors de la catastrophe de septembre 1993.

Site d'enregistrement	Débit [m ³ /s]			Période de retour [SHGN, 1994]
	Août 1987	Septembre 1993	Septembre 1994	Crue 1993
Rhône à Brigue	490	460	214	60 ans
Saltina à Brigue	50	env. 80*	35	env. 70 ans*
Vispa à Viège	270	330	164	60 ans
Rhône à Sion	810	820	548	50 ans
Rhône à Branson	860	920	615	70 ans
Rhône à la Porte du Scex	1050	1090	709	100 ans

* Estimation du VAW (1993)

Tab. 3. Comparaison des pointes de crues d'août 1987, septembre 1993 et 1994, avec estimation des périodes de retour de la crue de septembre 1993 [SHGN, 1994].

Les crues d'août 1987 sont du même ordre de grandeur que celles de septembre 1993. Saltina mise à part. En 1987, elles sont supérieures dans le bassin versant du Rhône en amont de Brigue, mais légèrement inférieures sur le tracé aval par rapport à 1993. La particularité des événements de 1993 est qu'en six ans seulement (depuis 1987), la même région du Valais est frappée par des crues extrêmement fortes [SHGN, 1994].

Une information est à relever concernant les crues ayant affecté le versant italien en septembre 1993. Du fait d'une occupation du sol beaucoup moins intense en Italie, ce genre de crue transite plus facilement au niveau de la plaine de Domodossola que celle du Rhône. Il faut aussi noter que les italiens sont mieux préparés à des crues exceptionnelles; consécutivement aux travaux effectués par l'ENEL: le lit du Tocce a été dimensionné de manière à pouvoir absorber une pointe de crue de 1350 m³/s ! [CRSFA, 1993].

Périodes de retour des crues de 1993

Les périodes de retour des crues de la Saltina à Brigue en **septembre 1993**, fluctuent beaucoup suivant les débits mesurés et sont entachées d'une grande incertitude inhérente aux méthodes statistiques utilisées. On peut mentionner les valeurs de pointe suivantes:

- 70 à 95 m³/s = 30 à 70 ans [VAW, 1993]
- 70 m³/s = 50 ans [RÖTHLISBERGER, 1994]
- 100 à 150 m³/s = 100 à 300 ans [évaluation SHGN, 1994, cf. GEO 7, 1993]
- A titre comparatif, la crue centennale est estimée à: 85 - 120 m³/s [VAW, 1993; SHGN, 1994]. Comme présenté dans le premier chapitre sur le rappel de la situation catastrophique de septembre 1993, la dernière crue catastrophique survenue dans la ville de Brigue, et de taille comparable en terme de débit à celle de 1993, date du 24-25 septembre 1920. Ceci souligne un temps de retour d'environ **70 ans**. Cette valeur paraît être en accord avec les données obtenues pour le Haut-Rhône [SHGN, 1994].

SYNTHESE: ASPECTS CLIMATOLOGIQUES

Quels sont les pronostics d'évolution des dangers de crue en fonction des modifications climatiques ?
Sur la base des données brutes obtenues dans les chapitres précédents, ce paragraphe présente une synthèse des conditions météorologiques à l'origine des crues récentes dans le Haut-Valais, ainsi que des hypothèses sur l'évolution future du climat et les conséquences sur de tels événements pluviométriques.

Il est utile de bien souligner la différence entre ces deux paramètres essentiels: la météorologie et le climat. Le premier correspond au facteur déclenchant d'un événement catastrophique, intervenant à court terme; le second figure le facteur aggravant, intervenant sur un plus long terme comme processus « préparateur » d'une situation extrême.

La météorologie

Au sujet des risques de crue en fonction des conditions météorologiques, il est nécessaire d'analyser tout d'abord les régimes principaux des précipitations à l'échelle régionale sur le canton du Valais. GREBNER (1995), sur la base d'une analyse détaillée des fortes précipitations journalières de la période 1972-1994, propose une division globale du territoire valaisan en deux parties:

- Le Bas-Valais et la rive droite du Valais Central sont plus souvent soumis à des événements pluviométriques de longue durée de type « vallée » (ordre de grandeur des précipitations: jusqu'à 8 mm/h).
- La rive gauche du Valais Central jusqu'à l'arête frontière italo-suisse) ainsi que le Haut-Valais, correspondent à des zones géographiques montagneuses de type « bordure ou arête » avec des précipitations plus violentes et concentrées (ordre de grandeur: jusqu'à 20-30 mm/h).

Le premier domaine est essentiellement sensible aux courants d'ouest atlantiques (SSO-NO), alors que le second est plutôt tributaire des courants du sud méditerranéens (SO-SE). La limite géographique entre ces deux domaines passe par une ligne fictive Orsières - Sion - Sierre - Blatten, mais souvent il faut compter sur une superposition de ces deux zones d'influence.

Les dangers potentiels de grosses crues sont surtout liés aux événements pluviométriques violents et concentrés, marqués par des fortes pointes journalières (voire horaires), c'est-à-dire des événements de type « bordure ou arête ». Une situation météorologique caractérisée par un courant dépressionnaire venant du sud (Méditerranée) et bloqué contre le versant sud des Alpes en situation de « barrage » représente des lors le cas le plus favorable pour le déclenchement de crues. Géographiquement, ceci signifie que le Haut-Valais en amont de Sierre, ainsi que toute l'arête frontière italo-suisse, présentent les risques les plus élevés de crues et de laves torrentielles, consécutives à d'intenses précipitations concentrées sur des zones montagneuses à fort relief.

Le climat

Le lien entre le climat, avec ses changements annoncés pour le futur, et les risques de crue est plus difficile à établir; il fait appel notamment aux circulations atmosphériques à grande échelle et leurs éventuelles modifications au niveau mondial [Beniston, 1994].

Sur la base de l'élévation des températures atmosphériques observée depuis un siècle et demi (1850), l'IPCC - *Intergovernmental Panel on Climate Change* - a émis des scénarios d'évolution du climat pour le futur [HOUGHTON et al., 1990 et 1992]. En Europe occidentale selon ces scénarios, il est annoncé pour l'année 2030 une augmentation de la température en hiver de + 2°C et en été de + 2 à + 3°C, les précipitations devraient croître en hiver de + 5% mais décroître en été de -5 à -10%. Ces valeurs représentent des modifications 10 à 100 fois plus rapides que la variabilité naturelle, mais il faut relever qu'elles semblent se confirmer avec les analyses en cours de l'évolution du climat en Suisse [BENISTON, 1994; BENISTON et al., 1994].

Même si ces scénarios climatiques donnent encore lieu à de nombreuses controverses, il faut probablement s'attendre à un réchauffement global de l'atmosphère avec un accroissement des surfaces de mers chaudes. Dans le cas d'une augmentation de la quantité de vapeur d'eau en altitude, une augmentation consécutive de la fréquence et de l'intensité des événements météorologiques

extrêmes avec intensifications locales des précipitations, apparaît comme très plausible, surtout en automne et en hiver.

Bien que la variabilité interannuelle dans les Alpes soit très élevée [BENISTON et al., 1994], les situations **la fin de l'été, en automne et au début de l'hiver** [GREBNER, 1995]. Les mois les plus critiques vont d'août à décembre, soit pendant une période où:

- les températures des masses d'air venant du sud sont (encore) hautes;
- la limite du zéro degré est élevée en altitude (> 3000 m);
- l'eau tombée en précipitations n'est pas retenue sous forme de neige;
- la couverture neigeuse au sol a déjà fondu ou est encore faible, elle ne peut plus jouer le rôle d'amortisseur/stockage des écoulements;
- les réseaux hydrographiques sous-glaciaires sont ouverts, le temps de concentration des écoulements se trouvent ainsi considérablement réduits et les crues amplifiées [BONVIN, 1993];
- Le ruissellement et l'érosion des bassins versants s'en trouvent ainsi précipités (accélération du cycle de l'eau).

Il faut bien répéter que ces hypothèses ne peuvent être en aucune façon généralisées, en effet elles sont basées sur les informations disponibles dans la littérature, d'après l'analyse des événements qui se sont produits lors des dix dernières années (1987-1994). RÖTHISBERGER (1994) pour sa part, a effectué une étude des crues et des inondations ayant affecté la région de Brigue au cours des 500 dernières années. Il apparaît clairement que ces phénomènes ne sont pas rares [cf. premier chapitre sur le rappel de la situation catastrophique de Brigue]. Cependant une corrélation directe entre la fréquence d'occurrence de ces événements et les conditions climatiques n'a pu être clairement mise en évidence.

CONCLUSIONS

L'événement pluviométrique de septembre 1994 est intervenu une année jour pour jour après celui ayant conduit à la catastrophe de 1993, et selon une répartition spatiale identique (zone simplon-antronaïse). Toutefois en 1994, les précipitations furent moins intenses et plus courtes dans le temps (1 jour principalement contre 4 jours en 1993); conjointement les débits observés en 1994 étaient en moyenne 1,5 à 3 fois inférieurs à ceux mesurés une année plus tôt.

D'un point de vue météorologique est climatologique, on semble tendre vers une accélération du cycle de l'eau avec son lot de crues, laves torrentielles, coulées boueuses et inondations, avec érosion intense des pentes et des lits des rivières. Les événements de septembre 1993 et 1994, liés à des dépressions atmosphériques venant du sud, sont dans ce contexte susceptibles de se produire à l'avenir plus souvent, en particulier sur l'arête italo-suisse des Alpes valaisannes. Une concentration particulièrement intense de précipitations sur une zone montagneuse limitée, reste cependant un phénomène difficilement prévisible, en regard des conséquences catastrophiques de l'ampleur de celles de 1993 [photo 2].

A la suite des événements de 1993, des exercices d'alerte ont été entrepris, organisés par les autorités régionales. D'autre part, des mesures de protection contre les crues de la Saltina ont été proposées [CRSFA, 1993; ROUILLER, 1993] comme le nettoyage du lit des torrents et la construction de seuils, l'aménagement de zones d'épanchement de crue, l'établissement d'un cadastre des dangers, mais également le redimensionnement des ponts sur la Saltina (murs protecteurs, coffrage, etc. VAW, 1993). Les événements de 1993 doivent trouver ainsi leurs impacts dans des mesures de construction (ouvrages) et de planification (utilisation des sols, urbanisation).

Le précédent cas de débordement s'était produit en 1927. Dans des conditions météorologiques similaires à celles de 1993, une nouvelle crue a menacé Brigue en septembre 1994, soit exactement un an après. Ceci permet de confirmer l'inquiétude des habitants de la ville sur leur sort !



Photo 2. Débris déposés par la crue dans la partie supérieure de la ville de Brigue de la Saltina, à proximité du débordement du pont: quartier Marktplatz-Sebastianplatz. Les matériaux se sont accumulés jusqu'au niveau du premier étage des immeubles [photo OFEE, 25.09.1993].

REMERCIEMENTS

Les cartes présentées dans cet article ont été établies par le CRSFA à la demande du géologue cantonal du Valais, qui a donné son aval pour cette publication.

Nous tenons à remercier M. U. Roth pour la version allemande du résumé, ainsi que M. D. GREBNER pour les compléments météorologiques des mois de septembre 1993 et 1994, ainsi que Monsieur J.-P. Jordan (OFEE) pour les informations fournies concernant les crues de 1993 et les photos présentées dans cet article.

BIBLIOGRAPHIE

- BENISTON, M. (Ed.), (1994): *Mountain Environments in Changing Climates*. Routledge Publishing Company, London and New York, 461 pp. + 31 Introductory Pages.
- BENISTON, M., REBETEZ, M., GIORGI, F. and MARINUCCI, R. (1994): *An analysis of regional climate change in Switzerland*. *Theor. Appl. Climatol.* 49, 135-159.
- BEZOLLA, G. R., ABEGG, J. & JÄGGI, M. (1994) *Saltinabrücke Brig-Glis*. Schweiz. Ingenieur und Architekt, Nr. 11, 165-169.
- BONVIN, J.-M. (1993): *Crues du 24 septembre 1993*. Rapport de Grande Dixence SA, Sion, 8 pp.
- CRSFA (1993): *Intempéries du Haut-Valais - Les précipitations des 22-25 septembre 1993 sur le massif du Simplon*. Centre de recherches scientifiques fondamentales et appliquées de Sion, Rapport CRSFA/Sion n° 93.35B (non publié), 7 pp.

- CRSFA (1994a): *Intempéries de septembre 1993 dans le Haut-Valais – Résultats des calculs d'analyse fréquentielle*. Centre de recherches scientifiques fondamentales et appliquées de Sion, rapport CRSFA/Sion n° 94.06 (non publié), 5 pp. + annexes.
- CRSFA (1994b): *Intempéries du Haut-Valais - Les précipitations du 23 septembre 1994 sur le massif du Simplon. Une répétition de l'événement de septembre 1993, une année après, jour pour jour*. Centre de recherches scientifiques fondamentales et appliquées de Sion, rapport CRSFA/Sion n° 94.40 (non publié), 6 pp.
- GEO 7 (1993): *Unwetter vom 24. September 1993 im Oberwallis*. Rekognoszierungsbericht zuhanden des Bundesamtes für Wasserwirtschaft/Bern. Bericht Geo7 n° 9315.01, 6 S.
- GREBNER, D. (1993): *Meteorologische Analyse des Unwetters von Brig und Saas Almagell vom 24. September 1993. Bericht im Auftrag des Bundesamtes für Wasserwirtschaft/Bern, Geographisches Institut ETH Zürich (non publié), 7 S.*
- GREBNER, D. (1995): *Potentielle atmosphärische Starkniederschlagsentwicklung für das Wallis*. In: H. Lang et al.: Hochwasserwarnungen für das Wallis; Vorstudie « Meteorologische und hydrologische Grundlagen. Teilbericht zur Gesamtstudie CONSECRU. Im Auftrag des Bundesamtes für Wasserwirtschaft. Geographisches Institut ETHZ, 32-38.
- HOUGHTON, J.T., JENKINS, G.J and EPHRAUMS, J.J. (Eds), (1990): *Climate change - The IPCC Scientific Assessment*. Cambridge University Press, Cambridge, 365 pp.
- HOUGHTON, J.T., CALLANDER, B. and VARNEY, S.K (Eds.), (1992): *Climate change - The IPCC Scientific Supplement Report*. Cambridge. University Press, Cambridge, 200 pp.
- KUNZ, P. (1993): *Catastrophes de septembre/octobre 1993 dans le Haut-Valais et dans le Tessin (Suisse)* Info-Bulletin 4 PNR 31, 4-7.
- KUNZ, P. (1995): *Swiss National Research Programme 31 (NRP 31): Climate Changes and Natural Disasters. Tiemec'95, Nice/France, 43-50.*
- RÖTHLISBERGER, G. (1994): *Unwetterschäden in der Schweiz im Jahre 1993*. Wasser, Energie, Luft - Eau, Energie, Air, 86. Jg., Heft 1/2, 1-8.
- ROUILLER, J.-D. (1993): *Intempéries des 24 et 25 septembre 1993 (Haut-Valais), Premières conclusions*. Rapport du géologue cantonal/Sion, 9 pp.
- SHGN (1994): *La crue de 1993 en Valais et au Tessin. Mesures effectuées et premières conclusions*. Communications n° 19a du Service hydrologique et géologique national, Berne, 82 pp.
- SHGN et OFEE (1991): *Analyses des causes des crues de l'année 1987 - Rapport final*. Communications n° 5 de l'Office fédéral de l'Economie des eaux et n° 15a du Service hydrologique et géologique national, Berne, 48 pp.
- VAW (1993): *Saltina / Brig-Glis. Bericht über die Rekonstruktion der Überschwemmung vom 24. September 1993 im hydraulischen Modell sowie über die Untersuchung einer provisorischen Lösung für die Saltinabrücke*. Im Auftrag des Krisenstabs Brig-Glis. Teilbericht VAW Nr. 4079/1, 15 pp + Anhänge.

Sion, le 22 novembre 2000

DC-rm

[Intemp93_94 Murithienne/00rapp]