

Les glaciers des Alpes suisses en 2003/2004 et 2004/2005¹

Durant les années couvertes par les 125^e et 126^e rapports de la Commission de glaciologie de l'Académie suisse des sciences naturelles, les glaciers suisses ont continué de diminuer en longueur et en masse. Les situations météorologiques caractérisant ces deux périodes de mesure, ainsi que le réchauffement associé à un changement climatique global, ont laissé des traces bien visibles. Dans les compléments d'information, on trouvera quelques précisions sur le phénomène des éboulements de glace.

Les glaciers sont un bon indicateur des variations climatiques. Non seulement ils reflètent les évolutions à long terme, mais ils traduisent aussi d'année en année de notables fluctuations du climat, souvent sous-estimées. Si la surface et la longueur des glaciers fournissent principalement des signaux à long terme, l'accumulation de neige (précipitations) et

¹ Extrait des 125^e et 126^e rapports de la Commission de glaciologie de l'Académie suisse des sciences naturelles (CG/SCNAT) et du Laboratoire d'hydraulique, d'hydrologie et de glaciologie de l'EPFZ (VAW/ETHZ)

Titres des bulletins météorologiques mensuels de MétéoSuisse

Octobre 2003 à septembre 2005

2003		Températures et insolation extrêmes, peu de pluie, canicule exceptionnelle
Octobre	Arrivée massive d'air froid. Neige jusqu'en plaine au nord des Alpes	
Novembre	Foehn et temps doux, pluie au sud	
Décembre	Foehn, soleil sur le Plateau, neige abondante au sud, Noël ensoleillé et froid	
2004		Changeant et plus doux que la normale, orages de grêle sur le plateau
Janvier	Précipitations abondantes, tempêtes, neige en fin de mois – sécheresse au sud	
Février	Début de mois printanier et ensoleillé, temps hivernal dès la mi-février	
Mars	D'abord hivernal, puis chaud au milieu du mois, puis neige le long des Préalpes	
Avril	Pluies abondantes au sud ; au nord, sécheresse, foehn et Pâques sous la pluie	
Mai	Changeant, retour de l'hiver en montagne au début, temps estival à l'Ascension	
Juin	Changeant – pluies abondantes en Suisse centrale, sécheresse extrême au sud	
Juillet	Le 8 juillet, exceptionnels orages de grêle au nord des Alpes	
Août	Temps lourd et très chaud, orages violents à l'ouest – puis changeant	
Septembre	Été indien au début et donc mois plutôt doux – temps sec à l'ouest et au sud	
Octobre	Foehn et temps doux dans les Alpes. Sinon pluvieux, et très peu de soleil au sud	
Novembre	Précipitations rares au nord, début de mois doux et fortes pluies de barrage au sud	
Décembre	Soleil et douceur en altitude, stratus au nord – changeant dès la mi-décembre	
2005		Chaud en plaine, très sec au sud, fortes précipitations en août
Janvier	Ensoleillé et printanier, hivernal à la fin du mois, très peu de pluie au sud	
Février	Hiver rigoureux en seconde partie de mois au nord, grande sécheresse au sud	
Mars	Très froid au début, très doux dès la mi-mars, peu de précipitations	
Avril	Un peu trop doux – chutes de neige exceptionnelles sur l'ouest du Plateau	
Mai	Changeant, beaucoup de soleil, surtout au sud – fin du mois estivale	
Juin	Très chaud et ensoleillé, souvent très sec – estival depuis la mi-juin	
Juillet	Très chaud et sec au sud, changeant au nord – localement orages violents	
Août	Instable, et dans les Alpes, humide et peu de soleil. Catastrophe naturelle	
Septembre	Chaud et dans de nombreux endroits très sec	

Source : MétéoSuisse

l'ablation de la glace (fonte) sont en liaison directe avec les conditions climatiques actuelles.

Conditions météorologiques et climatiques en Suisse

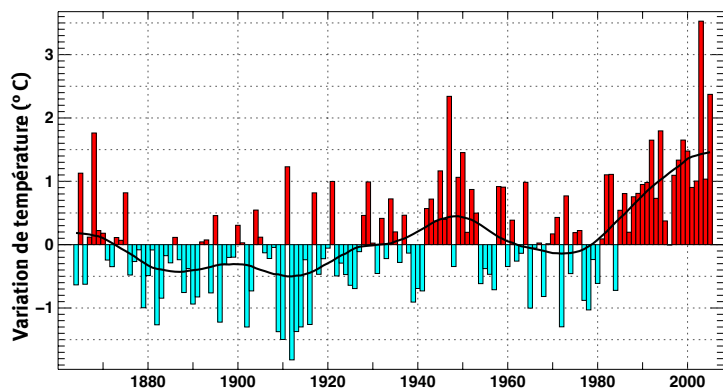
Aperçu des années hydrologiques 2003/2004 et 2004/2005

Au niveau mondial, les années 2004 et 2005 se rangent à nouveau parmi les plus chaudes depuis 1860, début des mesures instrumentales régulières. La moyenne des températures à la surface de la Terre a dépassé de +0,44° C en 2004 et de +0,48° C en 2005 la moyenne climatologique des années 1961–1990.

Toutefois, avec son excédent de +0,54° C, 1998 conserve son record de chaleur. A l'exception de 1996, les dix dernières années (1996–2005) sont les plus chaudes depuis 1861, début des séries de mesure disponibles.

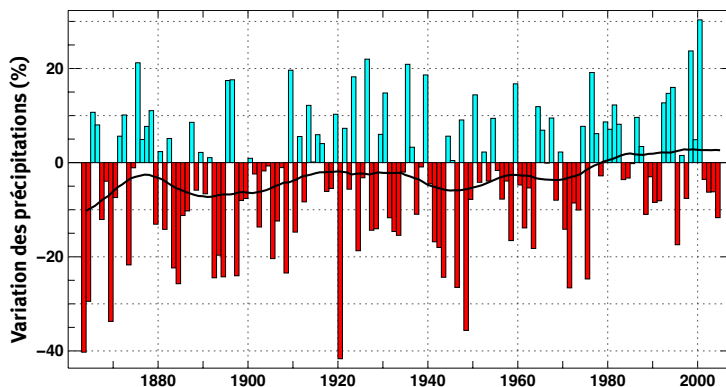
Le nombre d'événements climatiques extrêmes, tels que sécheresses, inondations et tempêtes, dépasse à nouveau la moyenne. L'étendue de la banquise des mers polaires passe chaque année par un minimum en septembre. Son minimum absolu, depuis le début des mesures satellitaires en 1979, a été observé en septembre 2005.





Evolution des températures estivales par rapport aux normes climatologiques de la période de référence 1961–1990.

La moyenne estivale est calculée sur la base des températures du 1^{er} mai au 30 septembre de chaque année



La courbe indique l'évolution des précipitations d'une année à l'autre par rapport à la moyenne à long terme des années 1961–1990

En Suisse également, la chaleur et une pluviosité restreinte ont dominé les deux périodes de mesure considérées. Selon les statistiques, la seconde période se distingue par un été très chaud et de notables déficits de précipitations. Pour l'étude des variations glaciaires, les températures estivales et les totaux pluviométriques annuels constituent deux critères de premier ordre. Nouveauté dans cet article, des séries de données montrent l'évolution temporelle des écarts moyens par rapport aux normes climatologiques² pour douze stations choisies dans le réseau d'observation de MétéoSuisse.

Année hydrologique 2003/2004

Pendant cette première période, l'hiver s'est établi au début d'octobre 2003 déjà, avec des chutes de neige jusqu'à basse altitude. D'autres leur ont succédé, particulièrement au milieu et à la fin de mars, ce qui, dans l'ensemble, nous a donné une saison hivernale riche en neige. Le premier semestre de 2004 se caractérise par quelques amples variations

² Les normes climatologiques sont des moyennes à long terme censées décrire le climat « normal ». Depuis 2001, la période climatologique internationale de référence, d'une durée de 30 ans, est celle de 1961–1990.

thermiques, ainsi que par des séquences pluvieuses. La forte chaleur du début de juin est suivie d'un temps changeant en juillet. Au début d'août, c'est le retour de conditions très estivales, que prolonge un arrière-été tout en douceur. Durant l'année hydrologique 2003/2004, on ne note ni événement climatique extrême affectant des régions étendues du pays, ni mois se distinguant pour l'ensemble de la Suisse par des écarts importants de température, de pluviosité ou d'ensoleillement.

Année hydrologique 2004/2005

Après un mois d'octobre chaud et humide et des invasions d'air polaire en novembre seulement, la saison hivernale débute par un enneigement largement déficitaire. Les chutes de neige de mi-décembre, cependant, permettent de constituer un peu partout un manteau neigeux conforme à la saison. La vague de froid du milieu de février se prolonge par une période inhabituellement longue de temps hivernal, associé à des températures extrêmement basses au début de mars. A la fin de ce mois, l'enneigement est déficitaire sur toutes les régions de notre pays. Le versant sud des Alpes souffre d'une grande sécheresse durant les premiers mois de l'année 2005. Au printemps, les températures assez douces préparent à un mois de juin chaud. Par la suite, le temps reste variable, mais assez

chaud ; il ne se stabilise qu'à la fin de juillet. L'année hydrologique se termine par une sécheresse croissante et une chute notable des températures à mi-septembre. Les intempéries dévastatrices de fin août, associées à de très violentes pluies durant parfois plus de deux jours, provoquent des inondations et des coulées de boue dans de vastes régions de la Suisse.

Température

Pendant la première période examinée, on ne signale aucun mois très froid ou extrêmement chaud. Durant la seconde période, en revanche, les moyennes thermiques mensuelles excédentaires ont prévalu, à l'instar des années précédentes. En 2003/2004, novembre, avril et août étaient globalement plus chauds en Suisse que la moyenne à long terme, de même qu'octobre, mai et juin pour la période 2004/2005. Seuls les mois d'octobre 2003 et de février 2005 se sont révélés plus froids que d'habitude. L'intense rayonnement solaire des mois d'été est responsable de la fonte des neiges en mai et juin et de leur disparition de juillet à septembre. Durant cette période décisive, dans les Alpes, les valeurs thermiques ont à nouveau dépassé la moyenne pluriannuelle d'environ 1° C en 2004 et 2,4° C

Le Tiefengletscher a subi des pertes de masse évidentes : entre 1990 (au centre) et 2005 (à d.), la langue du glacier a beaucoup perdu en épaisseur. Cause en est le manque d'activité dans la zone nourricière

Photos : archives VAW/Office des forêts et de la chasse/UR



Variation de la longueur des glaciers dans les Alpes suisses en 2003/2004 et 2004/2005

N°	Glacier	Ct.	Variation de longueur (m)		N°	Glacier	Ct.	Variation de longueur (m)	
			2003/2004	2004/2005				2003/2004	2004/2005
Bassin du Rhône									
1	Rhône	VS	-11,4	-7,5	111	Ammerten	BE	st	st
2	Mutt	VS	-11,7	-6,8	65	Rätzli	BE	n	n
3	Gries	VS	-27,0	-58,0	112	Dungel	BE	st	-6
4	Fiescher	VS	x	x	113	Gelten	BE	x	x
5	Grosser Aletsch	VS	-41,0	-65,6	Bassin de la Reuss				
6	Oberaletsch	VS	-3,3	-5,8	66	Tiefen	UR	-6,8	-19,8
7	Kaltwasser	VS	-2,0	st	67	Sankt Anna	UR	-7,8	n
10	Schwarzberg	VS	-13	-19	68	Kehlen	UR	-20,5	-21,3
11	Allalin	VS	+3	-5	69	Rotfirn (nord)	UR	st	-16,7
12	Kessjen	VS	-15	-13	70	Damma	UR	x	n
13	Fee (nord)	VS	-5,1	-7,4	71	Wallenbur	UR	-6,6	-12
14	Gorner	VS	-5	-17	72	Brunni	UR	n	n
16	Findelen	VS	-18,1	-19,2	73	Hüfi	UR	-34	-4
17	Ried	VS	-29,1	-16,2	74	Griess	UR	+2,2	-9,2
18	Lang	VS	-16	-24	75	Firnalpeli (est)	OW	-36,2	-13,0
19	Turtmann	VS	-46,4	-17,4	76	Griessen	OW	-6,3	-5,5
20	Brunegg (Turtmann)	VS	-9,6	-24	Bassin de la Linth/Limmat				
21	Bella Tola	VS	-7,8	-2,4	77	Biferten	GL	-1,8	-10,5
22	Zinal	VS	-9	-8	78	Limmern	GL	-1,7	-3,4
23	Moming	VS	n	n	114	Plattalva	GL	-2,9	-19,6
24	Moiry	VS	+5	-24,5	79	Sulz	GL	+1,5	st
25	Ferpècle	VS	-38	-2	80	Glärnisch	GL	-16,2	-3,1
26	Mont Miné	VS	-36	-29	81	Pizol	SG	+9,7	-10,8
27	Arolla (Mont Collon)	VS	-26	-28	Bassin du Rhin				
28	Tsidjiore Nouve	VS	-22	-45	82	Lavaz	GR	-354 ¹¹	-7,2
29	Cheillon	VS	-21,6 ²	-14,5	83	Punteglias	GR	-4,6	-10,6
30	En Darrey	VS	-7,3	-28,5	84	Lenta	GR	-37,1	-21
31	Grand Désert	VS	-6,4	-5,2	85	Vorab	GR	x	-27,4 ²
32	Mont Fort (Tortin)	VS	-23,4	-1,4	86	Paradies	GR	st	st
33	Tsanfleuron	VS	-19	-37,5	87	Suretta	GR	-58,5	-54,6
34	Otemma	VS	x	x	88	Porchabella	GR	-11	-19,8
35	Mont Durand	VS	+1,4	-36,4	115	Scaletta	GR	-3,1	-3,3
36	Breney	VS	-31,5	-17,4	89	Verstankla	GR	-3,3	-14,7
37	Giétro	VS	-34,8	-58,1	90	Silvretta	GR	-5,8	-15,9
38	Corbassière	VS	-54,0	-27,0	91	Sardona	SG	-1,4	-7,2
39	Valsorey	VS	n	-27 ²	Bassin de l'Inn				
40	Tseudet	VS	n	-54 ²	92	Roseg	GR	-53,7	-55,5
41	Boveyre	VS	n	-24 ²	93	Tschierva	GR	-34,0	-34,3
42	Saleina	VS	-17	-8	94	Morteratsch	GR	+10,3	-22,2
43	Trient	VS	-19	-35	95	Calderas	GR	-12,4	-11,2
44	Paneyrosse	VD	st	x	96	Tiatscha	GR	x	x
45	Grand Plan Névé	VD	-1,6	st	97	Sesvenna	GR	-6,8	n
46	Martinet	VD	n	n	98	Lischana	GR	-4,2	-3,9
47	Sex Rouge	VD	+3,1	-5,5	Bassin de l'Adda				
48	Prapio	VD	x	-15,5 ²	99	Cambrena	GR	-6	-9,7
Bassin de l'Aar									
50	Oberaar	BE	n	n	100	Palü	GR	-66 ²	n
51	Unteraar	BE	n	n	101	Paradisino (Campo)	GR	-35	-24
52	Gauli	BE	-5	st	102	Forno	GR	-23,6	-43,8
53	Stein	BE	-32	-52	Bassin du Tessin				
54	Steinlimmi	BE	-8	-59,5	120	Corno	TI	st	-3,8
55	Trift (Gadmen)	BE	-135,7	-215,8	117	Valleggia	TI	-1,2	-4,4
57	Ob. Grindelwald	BE	x	x	118	Val Torta	TI	st	st
58	Unt. Grindelwald	BE	x	x	103	Bresciana	TI	-76,8	-1,8
59	Eiger	BE	-11,9	-12,0	119	Cavagnoli	TI	-4,2	-14,9
60	Tschingel	BE	-1,7	-3,2	104	Basöдино	TI	-4,7	-14,9
61	Gamchi	BE	-15	-16,6	352	Crosolina	TI	-1,4	-3,2
109	Alpetli (Kanderfirn)	BE	-10,8	-16,3	105	Rosboden	VS	x	n
62	Schwarz	VS	-20	-25,7					
63	Lämmern	VS	-14,6	-13,7					
64	Blüemlisalp	BE	-18,9	-40,4					

Abréviations
n = non observé
x = valeur non déterminée
st = stationnaire (+/-1 m)

Remarques:
Lorsque la valeur indiquée s'applique à une durée de plusieurs années, l'exposant indique le nombre d'années.
P. ex. Cheillon -21,6² = recul de 21,6 m en deux ans

en 2005. Légèrement plus chaud que l'été de 1947, celui de 2005 se range en deuxième position derrière le record absolu de l'été 2003.

Précipitations

La pluviosité s'est révélée déficitaire durant les deux périodes de mesure et les pluies extrêmes de fin août 2005 ont à peine amoindri ce manque d'eau. L'année hydrologique 2003/2004 fut pauvre en précipitations sur toute la Suisse et particulièrement dans les montagnes valaisannes et grisonnes. Sur l'ensemble de la Suisse, aucun mois ne s'est signalé par trop ou trop peu de pluie, mais un nombre assez important d'entre eux se sont révélés nettement trop secs dans l'une ou l'autre région. On n'a noté aucune séquence d'abondantes précipitations affectant l'ensemble de la Suisse. L'écart par rapport à la norme pluviométrique calculée pour la totalité du territoire suisse se monte à -6,2 %, valeur analogue au déficit de la période hydrologique précédente.

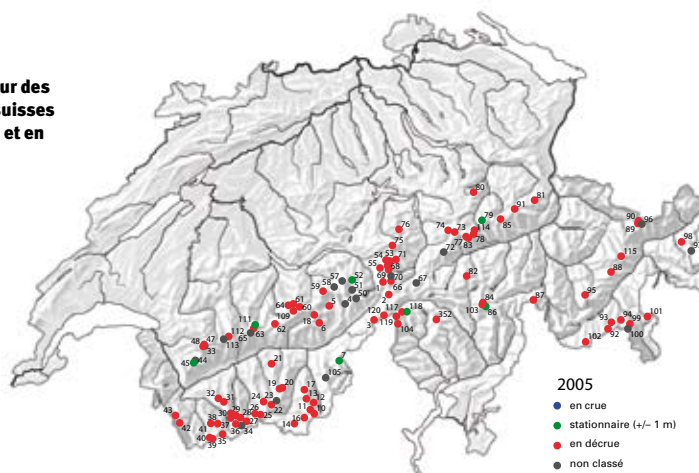
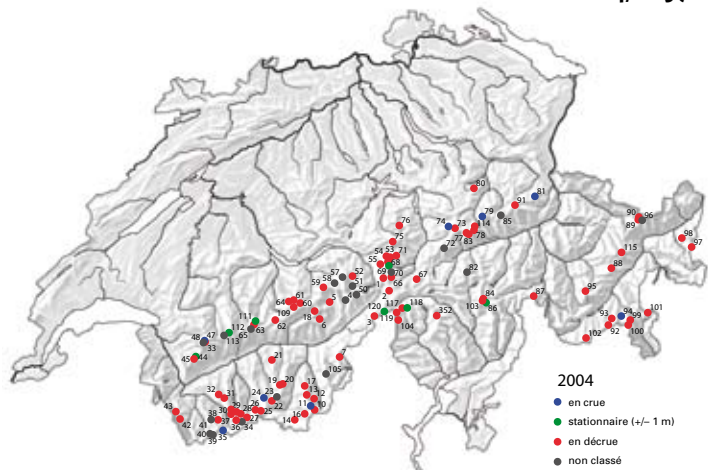
Dans l'ouest et dans les Alpes, ainsi qu'au Tessin, la période 2004/2005 s'est révélée plus sèche qu'à l'accoutumée. Le déficit pluviométrique est extrême sur le versant sud des Alpes; sur le Sopraceneri et dans le val Mesocco, il s'agit de l'année hydrologique la plus sèche depuis 1901 et, dans les autres régions, depuis 1921. Aux déficits pluviométriques marqués

Le Riedgletscher en 2005. La largeur du lit du glacier montre à quel point celui-ci a rétréci. Au fond, dans la vallée, le village de Gassenried



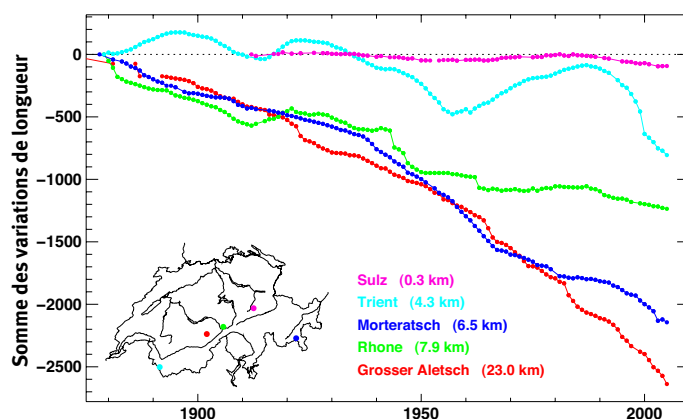
Photo: F. Fink/Salamit

Variation de longueur des glaciers des Alpes suisses en 2003/2004 (à g.) et en 2004/2005 (à d.)



de mars, juin et septembre sur toute la Suisse, s'opposent les généreuses précipitations d'avril et d'août au nord des Alpes, et d'octobre au sud. Une assez longue période de sécheresse a affecté les régions alpines méridionales en janvier et février. Pour le pays tout entier, la pluviométrie annuelle se situe 11,7% au-dessous de la moyenne de la période 1961-1990.

Représentation graphique de la variation de longueur (en m) de cinq glaciers des Alpes suisses. Face aux variations climatiques, les réactions ne sont pas identiques pour tous les glaciers



Ensoleillement

Ce paramètre s'est maintenu à des valeurs habituelles durant la première période, tandis qu'il a atteint des maxima durant la seconde. Sur l'ensemble de la Suisse, les sommes mensuelles des heures de soleil de la période 2003/2004 ne se sont guère écartées de la norme, à l'exception de celle d'octobre, particuliè-

rement faible. En revanche, février, mai et septembre se signalent par des excédents dans plusieurs régions du pays. Quant à la période 2004/2005, elle se caractérise par l'opposition des mois de décembre, janvier, mars, mai et juin, fortement ensoleillés en de nombreuses régions, et de juillet, seul mois déficitaire

partout en Suisse. Les heures ensoleillées furent également réduites dans les Alpes en août, et dans le sud en septembre. Le surplus d'ensoleillement des douze mois de cette période est surtout constitué par l'excédent de juin, dû à la longueur des jours. En altitude, à l'exception de l'Engadine, les surplus d'ensoleillement se sont révélés plus faibles.



Evolution de l'Ammertengletscher depuis 1971 : si la langue, cachée sous les gravats, a peu changé, la

partie centrale a gagné en masse jusqu'en 1985. Par la suite (1995, 2005), cette glace a fondu petit à petit.

Photos : archives VAW/Hodel



Ammertengletscher 1971



Ammertengletscher 1985

quelques cas, les valeurs inhabituelles de retrait se rapportent, soit à une période d'observation de deux ans, soit à des glaciers d'assez grande taille, soit à des effets locaux.

Cas particuliers

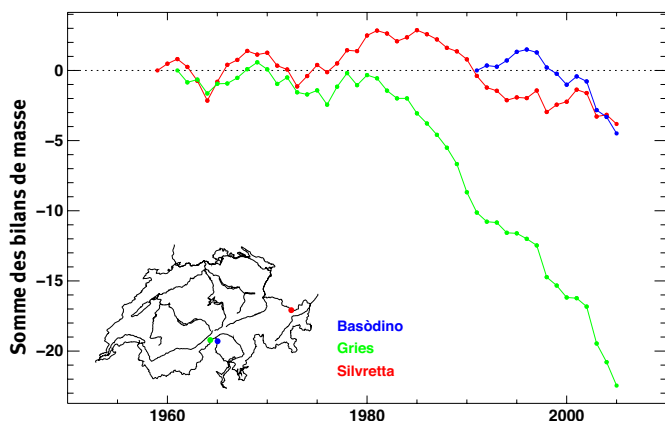
Les crues de glaciers isolés, comme celles observées en 2003/2004, s'expliquent dans la majorité des cas par des phénomènes locaux affectant la langue glaciaire, et non par une véritable progression de la masse de glace due à un apport excédentaire de neige dans la zone d'accumulation. On a, par exemple, observé un important retrait de la langue du Morteratschgletscher, dans le massif de la Bernina, pour la période 2002/2003. En automne 2003, il ne restait plus qu'un front glaciaire très escarpé qui s'est nettement aplani en 2003/2004. En outre, la fonte de la langue a été fortement ralentie par les débris rocheux qui la recouvraient en partie. Mais la tendance au retrait observée durant les années précédentes a repris de plus belle au cours de la seconde période d'observation.

Dans la région du Susten/Grimsel (vallée de Gadmen), on s'attendait à une évolution marquante du Triftgletscher. Depuis quelques années, il s'est fortement retiré, car sa fonte est favorisée par le lac dans lequel baigne sa langue (ap-

Variations de longueur des glaciers

Les glaciers suisses ont continué à se retirer durant les deux périodes 2003/2004 et 2004/2005. En automne 2004, les observateurs ont visité 102 des 110 glaciers observés de manière régulière et déterminé la variation de longueur de 92 d'entre eux. Tandis que 77 se sont retirés, seules sept langues glaciaires sont restées stationnaires (plus ou moins un mètre) et huit ont progressé. Les valeurs maximales enregistrées montrent une modeste crue de dix mètres pour le Morteratschgletscher et une décrue de 134 mètres pour le Triftgletscher.

En automne 2005, nos collaborateurs se sont rendus sur 100 glaciers et ont mesuré une variation de longueur pour 93 d'entre eux. En grande majorité (86 glaciers), ils ont subi un certain retrait et sept seulement sont restés stationnaires. La décrue maximale, 216 mètres, a été mesurée au Triftgletscher, suivie de celle de 66 mètres du Grosser Aletschgletscher. Pour les deux périodes, la majorité des mesures s'échelonne entre 0 et -30 mètres. A l'exception des retraits maximaux du Triftgletscher, on compte peu de reculs importants. Dans



Somme des bilans de masse annuels moyens (exprimés en mètres d'équivalent en eau) des glaciers Basòdino, Gries et Silvretta

Ammertengletscher 1995



Ammertengletscher 2005

port calorifique supplémentaire par contact direct avec l'eau et vèlage³). Durant les deux périodes de mesure traitées dans cet article, la glace immergée dans la nappe d'eau a entièrement fondu, à l'exception de quelques maigres vestiges.

Difficulté croissante des mesures

L'importante et durable décrue glaciaire de ces dernières années a rendu les mesures plus ardues en de nombreux sites, et il a fallu fréquemment adapter les dispositifs d'observation. En plusieurs endroits, les langues glaciaires se sont retirées sur un terrain abrupt et si difficile d'accès que les mesures ultérieures ne pourront pas s'effectuer sans frais supplémentaires importants, voire sans l'utilisation de nouveaux instruments fort coûteux. L'accroissement de l'épaisseur de la caillasse recouvrant les parties inférieures des glaciers rend la détermination exacte de leur extrémité de plus en plus ardue. Il en va de même des mas-

ses de glace morte abandonnées par les langues glaciaires lorsqu'elles se retirent complètement au-dessus d'un gradin rocheux abrupt.

Bilan de masse

Des relevés détaillés du bilan de masse, c'est-à-dire du rapport entre l'accumulation nivale et l'ablation, sont effectués sur les trois glaciers suisses du Basodino, de Gries et de la Silvretta au moyen de la méthode glaciologique directe. En outre, on a procédé à quelques mesures ponctuelles de la variation de la masse sur le Jungfraufirn (Grosser Aletsch) et le Claridenfirn, sur les glaciers du Giétro et de Corbassière, ainsi que dans la région de Mattmark. A la différence de la variation de la longueur des glaciers, leur bilan de masse reflète clairement et sans délai les conditions climatiques de la période de mesure.

Après les très importantes diminutions de masse de la période 2002/2003, dues aux conditions extraordinaires de la canicule de l'été 2003, les mesures de la période suivante reflètent à nouveau

les différences régionales observées pendant les années précédentes. La tendance à la décrue du Griesgletscher s'est poursuivie avec des pertes parfois massives. Quant à celui du Basodino, la diminution de sa masse a continué, mais à un rythme plus faible. Durant cette dernière décennie, le Silvrettagletscher s'est signalé à plusieurs reprises par un bilan positif. La cause en est très probablement un accroissement du nombre des chutes de neige jusqu'à assez basse altitude au cours de l'été sur le versant nord des Alpes.

Différenciation régionale des pertes de masse

Pendant la première période de mesure, le Griesgletscher, dans la région du Nufenen, et celui du Basodino, assez proche, au nord du Tessin, ont quelque peu fondu, tandis que celui de la Silvretta, au fond du Prättigau, voyait son bilan s'accroître modestement. En revanche, il a subi une certaine perte, de même que les deux autres, durant la période suivante. Exprimés en mètres d'équivalent en eau, les bilans spécifiques moyens s'élèvent, pour 2003/2004, à $-0,49$ m pour le Basodino, à $-1,33$ m pour celui de Gries et à $+0,12$ m pour celui de

³ On désigne par le terme de « vèlage » la désagrégation d'une langue glaciaire en fragments plus ou moins gros flottant dans un lac.

Silvretta et respectivement à $-1,17$ m, $-1,67$ m et $-0,65$ pour 2004/2005.

Origine des pertes de masse

Pendant la période d'observation 2003/2004, si les chutes de neige dans les Alpes ont été dans la norme, les températures estivales supérieures à la norme ont fortement sollicité les glaciers. Quant aux pertes de masse enregistrées durant la seconde période, elles se rangent, parmi les valeurs de la dernière décennie, en troisième position derrière celles de 2003 et de 1998. Contrairement aux conditions de 2003, ces pertes ont été causées plutôt par le déficit neigeux hivernal que par l'ablation estivale. Les faibles épaisseurs du manteau nival mesurées à la fin de l'hiver, et les températures élevées du début de mai et de tout le mois de juin ont favorisé une disparition rapide de la neige en altitude. Les conditions météorologiques changeantes de juillet, pourtant assez favorables aux glaciers, n'ont pas changé grand-chose, l'été 2005 se révélant nettement trop chaud malgré un rayonnement moins intense qu'en 2003.

Conditions météorologiques et pertes de masse

Cette évolution met en évidence les facteurs décisifs agissant au cours des saisons. La couverture neigeuse hivernale joue un rôle protecteur : elle réfléchit le rayonnement solaire, faisant écran pour les névés et les glaciers qu'elle recouvre. C'est pourquoi les conditions météorologiques printanières présidant à la disparition de la neige sont déterminantes ; plus celle-ci est retardée, moins les pertes de masse seront sensibles. Un temps estival changeant ne peut guère contrecarrer la fonte si la température de l'air reste

élevée en altitude. Par conséquent, les conditions primordiales pour obtenir un bilan de masse positif sont, d'une part, une disparition tardive de la neige, et d'autre part, un été frais et abondamment arrosé. En revanche, des hivers peu enneigés, suivis d'étés chauds et riches en rayonnement solaire, conduisent à d'importantes pertes de masse.

Bénévolat indispensable

L'exécution des relevés effectués depuis de nombreuses années sur les glaciers des Alpes suisses serait impossible sans le soutien actif et permanent d'un grand nombre de collaborateurs bénévoles. La Commission de glaciologie de l'Académie suisse des sciences naturelles (CG/SCNAT) remercie chaleureusement toutes les personnes effectuant à titre privé des mesures sur le terrain ou des travaux de traitement des données, ainsi que les collaborateurs des services forestiers des cantons alpins, des sociétés de forces motrices de l'Aegina, de Mattmark et de Mauvoisin, des offices fédéraux, des instituts de recherche, des hautes écoles et des universités. La majorité des résultats

de mesures présentés dans cet article, ainsi que les séries de données à long terme, sont librement accessibles sur le site Internet du réseau glaciologique suisse, www.glaciology.ethz.ch/swiss-glaciers. Outre les rapports paraissant à intervalles réguliers et les communiqués livrés aux médias, on y trouvera également les résultats les plus récents, constamment mis à jour.

Compléments

Peut-on prévoir les éboulements de glace ?

Les éboulements de glace font partie des dangers objectifs les mieux connus des alpinistes. En de rares occasions, ils endommagent ou détruisent aussi des installations humaines telles qu'habitations, voies de communication ou autres infrastructures. Dans certains cas, une prévision judicieuse des écroulements de glace permet d'interdire à temps la circulation ou de décréter l'évacuation de localités. Cependant ces pronostics ne sont pas toujours réalisables.

Photos : F. Funk-Salamí

La langue du Zmuttgletschers, proche de Zermatt, en 2004. De larges portions de glace sont recouvertes de caillasse



L'Oberaargletscher (à g.) et l'Unteraargletscher, couverts de caillasse



Eboulements de glace

Les éboulements de glace constituent en règle générale la perte normale de masse des glaciers suspendus situés à altitude élevée. Ces glaciers, soudés à la roche par le gel en raison de leur basse température interne, ne possèdent pas de zone d'ablation. Par conséquent, l'équilibre du bilan de masse se rétablit par des éboulements de glace. Lorsque la glace se détache d'un front vertical de glacier, le volume de l'éboulement est généralement compris entre 10 000 et 100 000 m³. Ce phénomène, qui se répète à quelques années d'intervalle, peut survenir à n'importe quelle saison. Si le glacier recouvre une pente abrupte et y est soudé par le gel, les écroulements peuvent être plus importants (p. ex. glacier suspendu au Weisshorn). Le volume de telles ruptures de glacier peut atteindre plus d'un million de mètres cubes. Les chutes de séracs et les ruptures de glaciers sont particulièrement dangereuses en hiver, car même la chute d'un petit volume de glace peut entraîner d'importantes masses de neige. Ce mélange de glace et de neige forme des avalanches qui peuvent parcourir de grandes distances.

Les langues glaciaires s'écoulant sur un lit rocheux incliné, et qui ne sont pas soudées au sol par le gel, engendrent un autre type d'éboulement de glace (par exemple, l'Alallingsletscher). Ce dernier phénomène ne peut se produire que durant quelques semaines à la fin de l'été, quand le glacier glisse plus rapidement sur son lit.

Dans l'ensemble, une rupture de glacier est un événement rare : dans la plupart des cas, la masse instable s'écroule en plusieurs chutes de glace successives, en raison des nombreuses fentes et crevasses fractionnant la masse glaciaire en mouvement.

Événements historiques

Des masses de glace plus ou moins volumineuses se sont détachées à plusieurs reprises des glaciers suspendus accrochés à la paroi nord-est du Weisshorn, dans la vallée de Saint-Nicolas (VS). Leur menace sur le village de Randa ne se concrétise qu'en hiver, lorsqu'elles déclenchent des avalanches de neige et de glace mêlées. Parmi les dix-neuf événements de ce genre enregistrés depuis 1636, trois se sont soldés par la mort de cinquante et une personnes au total, et six ont provoqué des dégâts dans la localité de Randa.

La paroi nord-est du Weisshorn est caractérisée par un englacement typique de la zone alpine élevée, composé de nombreux petits glaciers suspendus. Bien que la neige ne s'accumule que rarement sur de tels escarpements, des amas de glace peuvent se former et s'accroître en certains endroits, en fonction des conditions climatiques. La paroi nord de l'Aiguille d'Argentière est un exemple classique de cette évolution.

Prévision des chutes de glace

En août 1972, une situation inhabituelle fut détectée sur le Weisshorn : juste sous le sommet, une masse de glace de 0,5 million de mètres cubes devenait instable. Pour la première fois, des glaciologues engagèrent différents programmes de mesure, afin de calculer à l'avance le moment du détachement de cet amas de glace menaçant le village de Randa. Se fondant sur des estimations de mouvement, A. Flotron, de Meiringen, prédit l'écroulement pour mi-août 1973 ; l'événement s'est effectivement produit le 20 de ce mois.

Dans le cadre d'un concept de surveillance des glaciers du canton du Valais, une caméra automatique a été installée en septembre 2004 au sommet du Bishorn. Elle envoyait quotidiennement par voie électronique une prise de vue du Bisgletscher à l'EPFZ. En janvier 2005, les images laissaient apparaître une dangereuse évolution de certaines crevasses. Des mesures de mouvement de ce glacier suspendu de 35 mètres d'épais-



La face nord de l'Aiguille d'Argentière au fil du temps : la quantité de glace est visiblement faible en 1903, 1942, 1990 et 2003. Globalement, le volume du glacier suspendu n'a pas cessé de fluctuer, parfois à la hausse, parfois à la baisse



1903



1976



1990



1942



1953



2003

Photos : M. Roch, archives M. Colonel, A. Roch, S. Pfister, F. Valla, P. Sandmayer, C. Vincent



Photo : B. Perren

Accélération de la progression du glacier suspendu sur le Weisshorn dans le mois précédent son effondrement, survenu le 30 mars 2005 (traitillé bleu, jour 33). Selon les calculs prévisionnels, la rupture devait se produire au jour 45

Le Weisshorn flanqué du Bis-horn, photographiés en 1969. Dans la vallée, le village de Randa. Le cercle proche du sommet du Weisshorn indique l'emplacement du glacier suspendu. En 2005 (ci-dessous), le même glacier menace de s'effondrer

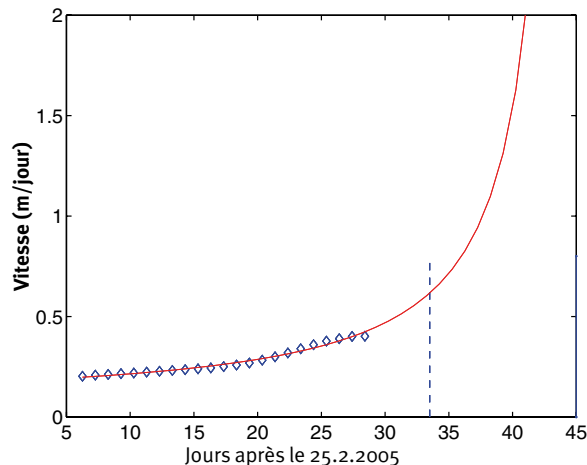


Photo : archives VAW



seur ont été effectuées aussitôt. Peu avant son détachement, la masse de glace instable se déplaçait de 60 cm par jour. Le 21 mars, au vu de l'accélération caractéristique, le moment de la rupture a été prédit pour la première semaine d'avril. Néanmoins, environ 120 000 m³ de glace se sont détachés deux jours plus tard déjà. Cette chute partielle a encore plus déstabilisé la masse restante, qui s'est écroulée le 30 mars. Au total, 460 000 m³ se sont écroulés en deux épisodes, sans dommages.

Cette évolution met en évidence le point le plus problématique de la prévision des éboulements de glace. Leur dangerosité se réduit si la masse instable est fractionnée. Mais ce scénario est difficile à prédire, car l'accélération du mouvement de l'ensemble de la masse instable ne fournit pas d'indications sur l'éventualité d'une rupture partielle.

Glissement des langues glaciaires

Le 30 août 1965, deux millions de mètres cubes de glace se sont détachés de la lan-

gue de l'Allalingletscher et se sont écroulés sur les bâtiments du chantier de construction du barrage de Mattmark. Quarante-huit personnes ont péri lors de cette catastrophe. L'enquête subséquente a montré que la langue du glacier se déplaçait déjà assez rapidement deux à trois semaines avant l'événement. Cette phase active, désignée par le terme de glissement de langue glaciaire, s'explique par le fait que l'eau de fonte accélère le mouvement de la glace.

Les glissements de la langue de l'Allalingletscher s'observent pendant la seconde moitié de l'été, à des intervalles de quelques années; mais ces mouvements ne se terminent généralement pas par des ruptures. Les ruptures sont probablement la conséquence d'une répartition défavorable de la masse glaciaire. En raison de glissements répétés, une masse de glace importante s'accumule à l'avant

de la langue qui, finalement, perd le contact avec le rocher. En 1996, l'Allalingletscher atteignit de nouveau une position analogue à celle de 1965, faisant craindre une nouvelle rupture du glacier. L'accès à la zone menacée fut interdit. Les 30 et 31 juillet 2000, un million de mètres cubes de glace se détachèrent et se précipitèrent jusqu'au fond de la vallée. La zone d'arrachement se situait à 200 mètres en amont de celle de 1965. Grâce aux mesures de sécurité prises assez tôt, cet éboulement ne provoqua aucun dommage⁴.

Difficulté d'émettre des prévisions fiables

La prévision correcte d'une rupture de glacier présuppose la détermination pré-

⁴ Cf. *Les Alpes* 9/2001, « Un glacier à problèmes »



Photo : archives VAW

La langue de l'Allalingsgletscher a rapetissé constamment dès 1985 (ci-dessus). En 2004, il n'y avait plus de glace dans la pente (à d.)

coce d'évolutions dangereuses. Outre les indications fournies par les alpinistes et la population locale, des modifications défavorables peuvent être détectées au moyen de vues aériennes prises à intervalles réguliers et/ou de caméras automatiques fixes. Une prévision précise d'éboulement peut être envisagée dans le cas des glaciers suspendus escarpés et soudés à la roche par le gel, comme au Weisshorn. En revanche, cela n'est guère possible pour les langues glaciaires glissant sur leur lit, telles que celle de l'Allalin, bien qu'en surveillant leur vitesse, l'on puisse déceler d'éventuels glissements.

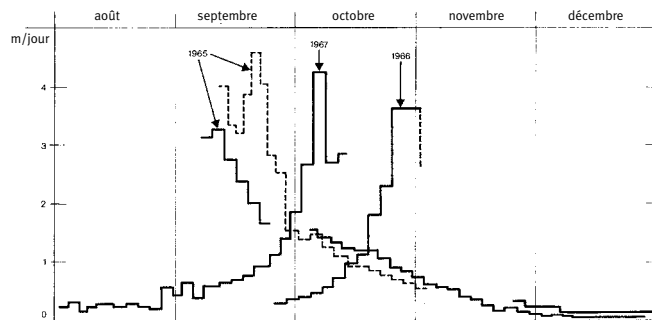
Comme les ruptures de glaciers présentent souvent des similitudes, un inventaire systématique a été dressé pour la Suisse. Néanmoins, celui-ci ne permet pas d'exclure une évolution à risque pour les autres glaciers. Un tel inventaire est d'une grande utilité pour l'aménagement du territoire et la recherche, car elle rappelle les événements dangereux survenus par le passé.

La régularité de l'accélération du mouvement de la glace précédant les éboulements est un critère important pour la fiabilité de leur prévision. Toutefois, nombre d'interrogations restent encore sans réponse. On attend des mesures effectuées en vue de la prévision de ces événements qu'elles soient suivies de la prise effective et suffisamment précoce des dispositions indispensables de sécurité, telles que l'interdiction d'accès ou

l'évacuation. Malgré les progrès significatifs de la prévision dans ce domaine, la mesure de protection la plus efficace contre les avalanches de glace reste l'évitement des zones dangereuses. Ce principe devrait être appliqué autant que possible dans les mesures d'aménagement du territoire. On peut grossièrement déterminer les zones à risque au moyen de critères assez simples. Pour leur délimitation précise, des investigations plus poussées et des simulations numériques sont indispensables. ▀

Andreas Bauder, Antoine Pralong, Martin Funk et Jérôme Faillietaz, *Laboratoire d'hydraulique, d'hydrologie et de glaciologie de l'EPFZ*

Variation de la vitesse de glissement de la langue de l'Allalingsgletscher au cours du temps



Source : Röthlisberger, 1981



Photo : F. Funk-Salami

Bibliographie

M. Begert, T. Schlegel et W. Kirchhofer, *Homogeneous temperature and precipitation series of Switzerland from 1864 to 2000*, International Journal of Climatology, 25 (1) : 65–80, 2005

OMM, *Déclaration de l'OMM sur l'état du climat mondial en 2005*, Organisation météorologique mondiale, Service des publications, n° 743, 2005, <http://www.wmo.ch>

A. Pralong, *On the instability of hanging glaciers*, communiqué n° 189 du Laboratoire d'hydraulique, d'hydrologie et de glaciologie (VAW, EPFZ), Zurich 2005

M. Raymond, M. Wegmann et M. Funk, *Inventar gefährlicher Gletscher in der Schweiz*, communiqué n° 182 du Laboratoire d'hydraulique, d'hydrologie et de glaciologie (VAW, EPFZ), Zurich 2003, <http://glaciology.ethz.ch/glacier-hazards>