

Les glaciers des Alpes suisses en 2001/02 et 2002/03¹

Durant les années couvertes par les 123^e et 124^e rapports de la Commission de glaciologie de l'Académie suisse des sciences naturelles, les glaciers suisses ont à nouveau diminué en longueur et en volume. Un net réchauffement, associé à un changement climatique global ainsi que les situations météorologiques caractérisant ces deux périodes de mesure ont laissé des traces bien visibles. En annexe, on lira quelques précisions sur la chaleur exceptionnelle de l'été 2003.

Les conditions de ces deux exercices attirent une fois de plus l'attention sur l'importance des glaciers. Les tendances globales au réchauffement climatique exercent aussi leurs effets au niveau régional, notamment par un retrait persistant des glaciers des Alpes suisses. Les fluctuations glaciaires causées par la variabilité naturelle du climat d'une année à l'autre ne parviennent en rien à inver-

Tableau 1: Titres de bulletins météorologiques mensuels de MétéoSuisse d'octobre 2001 à septembre 2003

2001	Année chaude en plaine et assez ensoleillée, pluvieuse au nord des Alpes
Octobre	Chaleurs record et beaucoup de soleil au nord, sécheresse en Valais
Novembre	Grande sécheresse au sud des Alpes, froid hivernal précoce au nord
Décembre	Irruption massive de froid – sécheresse extrême au sud des Alpes
2002	Très chaude et humide – précipitations extrêmes au sud et dans les Grisons
Janvier	Premier gel de petits lacs – puis très chaud, extrêmement sec au sud des Alpes
Février	Très doux – au nord variable et venteux, au sud ensoleillé
Mars	Très doux et beaucoup de soleil. Sécheresse au sud
Avril	Doux, ensoleillé au nord, très sec à l'ouest et au sud
Mai	Variable et humide – précipitations extrêmes au sud et en plaine
Juin	Ensoleillé, extrêmement chaud, record probable de chaleur
Juillet	Très variable avec des pluies très abondantes dans certaines régions au milieu du mois
Août	Variable, quantités de pluie supérieures à la norme, forts orages locaux
Septembre	Frais, peu ensoleillé, beaucoup de pluie en Suisse allemande – irruption soudaine et massive de l'hiver
Octobre	Variable, humide dans le nord avec les premières tempêtes d'automne
Novembre	Doux, précipitations extrêmes, tempêtes dans les Grisons et au Tessin
Décembre	En plaine, très doux et peu ensoleillé – souvent assez ensoleillé dans les montagnes
2003	Très chaude, ensoleillée et pauvre en précipitations – été record
Janvier	Très variable – extrêmement sec au sud des Alpes
Février	Froid, en partie très sec et très ensoleillé dans les Alpes – irruption de l'hiver au nord
Mars	Doux et très ensoleillé – peu de précipitations, surtout dans le sud-est
Avril	Chaud, très ensoleillé – sec à l'est et au sud, nuit très froide le 8 avril
Mai	Début très chaud, premières chutes de grêle – chaleurs record au sud
Juin	Le mois de Juin le plus chaud jamais enregistré – extrêmement ensoleillé, très sec
Juillet	Début frais, puis grande sécheresse et grosses chaleurs – seconde moitié du mois très orageuse
Août	Nouvelles températures record – l'été le plus chaud depuis le XVI ^e siècle
Septembre	Peu de pluie, ensoleillé surtout en Suisse allemande – été tardif dans la seconde moitié du mois

Source: MétéoSuisse

ser cette tendance générale et durable. Ce n'est donc pas sans raison que les glaciers sont considérés comme l'un des meilleurs indicateurs des modifications climatiques. Non seulement ils reflètent les évolutions à long terme, mais aussi ils traduisent d'année en année de notables variations de climat, souvent sous-

¹ Extrait des 123^e et 124^e rapports de la Commission de glaciologie de l'Académie suisse des sciences naturelles (CG/ASSN) et de l'Institut d'hydraulique, d'hydrologie et de glaciologie (VAW/EPFZ). Selon la décision des autorités compétentes, le rapport sur les glaciers est publié dans *Les Alpes* tous les deux ans, en alternance avec PERMOS, rapport du Permafrost Monitoring Switzerland.



estimées. Alors que la surface et la longueur des glaciers fournissent principalement des signaux à long terme, l'accumulation de neige (précipitations) et l'ablation de glace (fonte) sont en lien direct avec les conditions climatiques actuelles de la période de mesure. C'est pourquoi les relevés effectués chaque année sur les glaciers des Alpes suisses, parfois depuis plus de cent ans, représentent une inestimable contribution à ce sujet. Les séries de mesures à disposition se rangent parmi les plus longues et les plus complètes de la planète.

La chaleur et la sécheresse de l'été 2003 ont témoigné du rôle important que jouent les glaciers en tant que réservoir d'eau. La gestion économique de l'eau ne se limite pas seulement à la production d'énergie hydroélectrique, mais doit aussi assurer l'irrigation des cultures et l'alimentation en eau potable. Durant ces mois d'été torrides et secs, aucune sérieuse pénurie d'eau n'est survenue dans les Alpes suisses en raison de l'augmentation de la fonte des glaciers.

Conditions météorologiques et climatiques

Résumé des années hydrologiques 2001/02 et 2002/03

Au niveau mondial, les années 2001 et 2002 se rangent à nouveau parmi les années les plus chaudes depuis 1860, début des mesures instrumentales régulières. La moyenne des températures à la

surface de la Terre se situe autour de $+0,48^{\circ}\text{C}$ et $+0,45^{\circ}\text{C}$ au-dessus de la moyenne climatologique des années 1961 à 1990. Toutefois, avec son excédent de $+0,55^{\circ}\text{C}$, 1998 conserve sa place d'année la plus chaude. Le nombre d'événements climatiques extrêmes, tels que sécheresses, inondations et tempêtes, dépasse à nouveau la moyenne. Selon les relevés disponibles, l'extension du manteau neigeux sur l'hémisphère nord se situait au deuxième rang en 2003. Mesurée depuis 1978 chaque année en septembre à l'aide de photos prises par satellites, l'étendue de la banquise des mers arctiques était au contraire réduite comme jamais.

En Suisse également, la chaleur a dominé les deux périodes sous revue. Selon les statistiques, la seconde se signale par un climat particulièrement sec.

Année hydrologique 2001/2002

Pendant la première période, soit l'année hydrologique 2001/02, après un mois d'octobre chaud, l'hiver est survenu en novembre au nord des Alpes, puis en décembre sur les régions méridionales. Le froid a tenu jusqu'au milieu du mois de janvier, provoquant le gel de quelques lacs du Plateau suisse. Mais l'hiver 2001/02, assez bref, fut suivi d'un premier semestre très chaud, associé, au sud des Alpes, à une longue période de sécheresse de fin octobre 2001 à début

Accès au données

La majorité des résultats exposés dans cet article, ainsi que les longues séries de données, sont disponibles sur le site Internet du Réseau d'observation des glaciers des Alpes suisses <http://www.glaciology.ethz.ch/swiss-glaciers/>. Outre les rapports et communiqués aux médias apparaissant à cadence régulière, ces pages contiennent aussi d'autres informations et analyses. Le site est régulièrement actualisé.

février 2002. En avril et aux premiers jours de mai, le Tessin, le pays d'Uri et quelques parties de l'Oberland grison ont subi de violentes intempéries et des précipitations extrêmement abondantes. L'année hydrologique 2001/02 s'est terminée fin septembre par une arrivée précoce et particulièrement spectaculaire de l'hiver.

Année hydrologique 2002/2003

La seconde période 2002/03 a commencé par un début d'hiver humide et peu ensoleillé. A nouveau, de fortes pluies ont provoqué des dégâts dans les cantons des Grisons, d'Uri et du Tessin. A une fin d'année civile extrêmement douce succéda le froid de la première quinzaine de janvier. Puis l'hiver s'installa pour de bon au début de février avec d'abondantes chutes de neige, sui-

Dammagletscher 2003: la langue du glacier, recouverte d'éboulis, n'a plus de contact avec son bassin versant en amont du gradin rocheux



vies d'une vague de froid. Le printemps se fit ressentir dès la première moitié de mars déjà, avec des conditions presque estivales. Après une interruption de cette période douce par une brève incursion d'air froid au début d'avril, les premiers jours d'été (maxima de température supérieurs à 25° C) surviennent déjà à la fin de ce même mois. Avec son extrême canicule, l'été 2003 a nettement dépassé les records de chaleur de 1947 et de 1994. Le domaine alpin a subi l'influence permanente d'un puissant anticyclone, ce qui a provoqué un ensoleillement et une sécheresse inhabituels. Les intempéries se sont révélées rares; citons cependant quelques petits orages de grêle début mai au nord des Alpes, et d'abondantes pluies au Tessin, fin août. Quelques invasions d'air polaire fin août ont apporté une brusque chute de température marquant la fin de l'été.

Les graphiques illustrant les conditions de température et de pluviosité visualisent les écarts calculés par rapport aux valeurs normales de ces deux paramètres. On entend par ces valeurs des moyennes établies sur de nombreuses années et destinées à décrire le climat dit «normal». Depuis 2001, on utilise à cet effet des valeurs normalisées au niveau international, issues d'une période climatologique de trente ans, soit de 1961 à 1990. Dorénavant, elles remplaceront dans nos articles sur les glaciers les normes calculées sur 1901–1960 des bulletins précédents.

Température

Une fois de plus, le nombre des moyennes thermiques mensuelles excé-

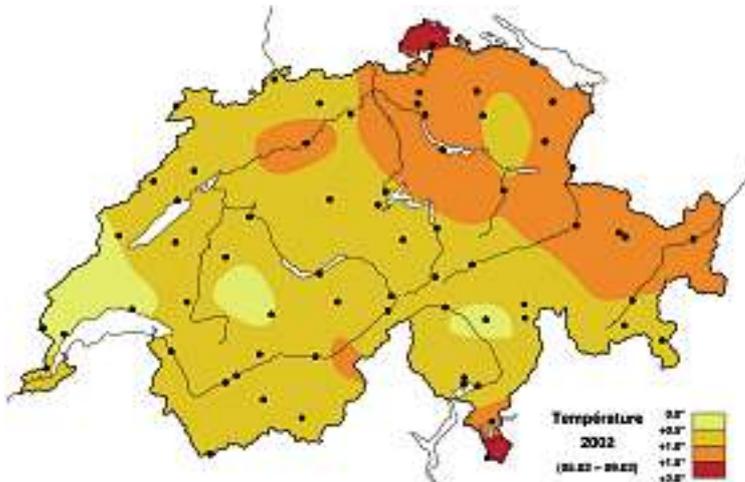


dentaires a prévalu durant les deux périodes sous revue. Pour la première (2001/02), octobre, janvier, février, mars, mai et juin étaient plus chauds que la moyenne à long terme, de même que novembre, décembre, mars, avril, mai, juin, juillet et août, pour la seconde (2002/03). Seuls les mois de décembre et de septembre, pour la première période, et celui de février, pour la seconde, se sont révélés plus froids que d'habitude. La tendance à des moyennes annuelles de température supérieures à la norme s'est donc poursuivie. L'intense rayonnement solaire des mois d'été est responsable de la fonte des neiges en mai et en juin, et de sa dispari-

tion du sol de juillet à septembre. Durant cette période décisive, les valeurs de température se sont à nouveau maintenues dans les Alpes autour de 1° C en 2002 et entre 3 et 4° C en 2003 au-dessus de la moyenne pluriannuelle. Aux étés déjà particulièrement chauds de 2000 et de 2002 a succédé celui de 2003, où le thermomètre a atteint des valeurs exceptionnelles.

Précipitations

La pluviosité de la première période s'est révélée légèrement déficitaire, tandis que celle de la seconde n'a apporté que des totaux pluviométriques extrêmement faibles sur de vastes régions du pays.



Températures estivales 2002 (température moyenne de l'air du 1^{er} mai au 30 septembre 2002): écarts par rapport aux valeurs normales (moyenne entre 1961 et 1990) en degrés Celsius



Précipitations annuelles 2001/02 (sommées du 1^{er} octobre 2001 au 30 septembre 2002): écarts par rapport aux valeurs normales (moyenne entre 1961 et 1990) en pour cent



De g. à d., glacier du Mont Durant 1983, 1993 et 2003: au début des années 90, le glacier a progressé. Il s'ensuivit une période de stabilité avant que la langue

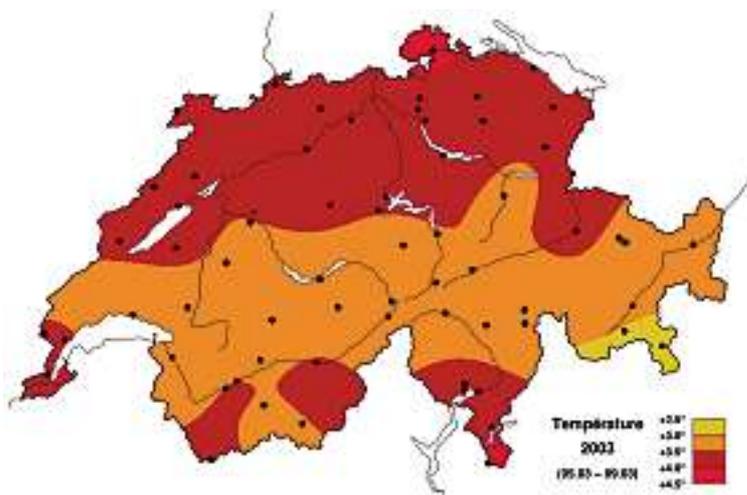
glaciaire ne subisse un retrait important en 2002/2003. L'îlot rocheux (flèche rouge), qui avait disparu entre-temps, réapparaît de nouveau



Durant l'année hydrologique 2001/02, seuls le centre et l'est du versant nord des Alpes ont reçu un faible surplus de précipitations. Mai est le seul mois à s'être distingué par une humidité excédentaire dans toute la Suisse, au contraire de décembre, janvier et avril qui se sont signalés par leur sécheresse. Les sommes pluviométriques annuelles s'écartent jusqu'à 110% de la norme au nord de la chaîne alpine, et atteignent env. 60% au sud. En maints endroits, quelques fortes pluies ont grandement contribué aux sommes pluviométriques annuelles. Une période de sécheresse de plus de cent jours associée à un enneigement très réduit a affecté le sud-est des Alpes suisses de fin octobre à début février.

Pour la majorité des régions de Suisse, la période 2002/03 se range parmi les dix années hydrologiques les plus sèches depuis 1901. Aux excédents de pluviosité du seul mois de novembre s'opposent les déficits marqués de février, mars, avril, mai, juin et août. La sécheresse fut extrême durant cinq mois consécutifs (de février à juin) et son impact a été renforcé par les fortes chaleurs

estivales. Les records de pluviosité enregistrés au milieu du mois de novembre ne sont pas parvenus à contrebalancer les considérables déficits engendrés par la canicule. C'est la raison pour laquelle les sommes pluviométriques annuelles n'ont atteint que 70 à 85% de la norme sur de vastes régions du pays, et jusqu'à 50% seulement dans le Haut-Valais, au Tessin et au sud des Grisons.



Températures estivales 2003 (température moyenne de l'air du 15 au 30 septembre 2003): écarts par rapport aux valeurs normales (moyenne entre 1961 et 1990) en degrés Celsius

Précipitations annuelles 2002/03 (sommes du 1^{er} octobre 2002 au 30 septembre 2003): écarts par rapport aux valeurs normales (moyenne entre 1961 et 1990) en pour cent

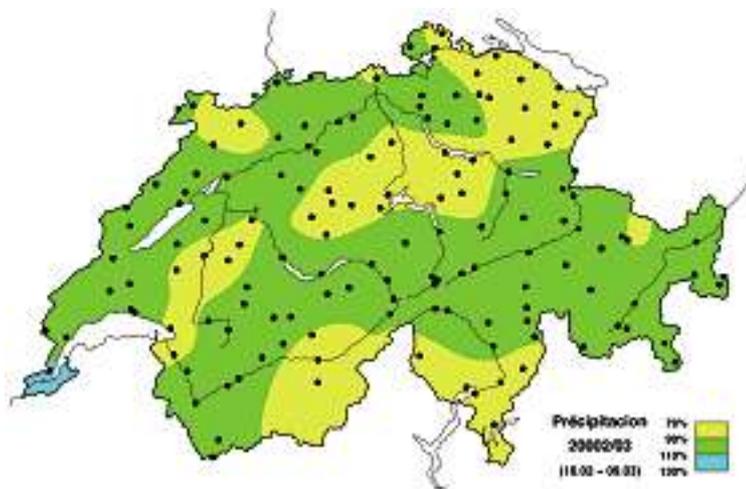


Tableau 2: Modification de la longueur des glaciers dans les Alpes suisses 2001/02 et 2002/03

N°	Glaciers	Canton	Variation de longueur 2001/02 (m)	Variation de longueur 2002/03 (m)	N°	Glaciers	Canton	Variation de longueur 2001/02 (m)	Variation de longueur 2002/03 (m)
Bassin du Rhône					111	Ammerten	BE	st ²	-4,2
1	Rhone	VS	-11,1	-2,0	65	Rätzli	BE	n	x
2	Mutt	VS	-2,2	-7,6	112	Dungel	BE	n	x
3	Gries	VS	-26,4	-29,9	113	Gelten	BE	n	-26 ⁴
4	Fiescher	VS	n	x	Bassin de la Reuss				
5	Grosser Aletsch	VS	-57,0	-28,4	66	Tiefen	UR	-15,3	-22,1
6	Oberaletsch	VS	n	-25,7 ²	67	Sankt Anna	UR	-7,8 ²	-17,9
7	Kaltwasser	VS	-19,0	-16,9	68	Kehlen	UR	-23,4	-24,1
10	Schwarzberg	VS	-15	-12	69	Rotfirn (Nord)	UR	-9,2	-41,1
11	Allalin	VS	-8,8	-5,3	70	Damma	UR	-16,8	-10,7
12	Kessjen	VS	-3,5	-15,5	71	Wallenbur	UR	-4,8	-6,2
13	Fee (Nord)	VS	-65,1	-32,7	72	Brunni	UR	n	-7,2 ⁶
14	Gorner	VS	-6,2	-16	73	Hüfi	UR	-19,0	-61,5
16	Findelen	VS	-118,1 ²	-21,1	74	Griess	UR	-5,2	-14,6
17	Ried	VS	n	-49,7 ²	75	Frinalpeli (Ost)	OW	st ²	-14
18	Lang	VS	-23,7	-16,3	76	Griessen	OW	+1,2	-11,3
19	Turtmann	VS	-9,6	-126,9	Bassin de la Linth/Limmat				
20	Brunegg (Turtmann)	VS	-30,5	-156,9	77	Biferten	GL	-5,5	-15,9
21	Bella Tola	VS	-4,9	-10,0	78	Limmern	GL	-6,2	-5,5
22	Zinal	VS	-4	-4,3	114	Plattalva	GL	-8,5	-22
23	Moming	VS	x	n	79	Sulz	GL	n	-16,5 ²
24	Moiry	VS	-18,5	-21	80	Glärnisch	GL	-2,6	-14,9
25	Ferpècle	VS	-15	-20	81	Pizol	SG	-41,1 ²	-29,6
26	Mont Miné	VS	-61	-32	Bassin du Rhin				
27	Arolla (Mont Collon)	VS	-24	-10	82	Lavaz	GR	x	x
28	Tsidjiore Nouve	VS	-52	-33	83	Punteglias	GR	n	-10 ²
29	Cheillon	VS	-5,7	x	84	Lenta	GR	-19,4	-9,8
30	En Darrey	VS	st	-8	85	Vorab	GR	n	-39,9 ³
31	Grand Désert	VS	-30,6	-72	86	Paradies	GR	-3,9	-10,5
32	Mont Fort (Tortin)	VS	n	-34,8 ²	87	Suretta	GR	-93,8	-8,2
33	Tsanfleuron	VS	-75	-13,5	115	Scaletta	GR	x	-15,5 ³
34	Otemma	VS	-29,2	-107,0	88	Porchabella	GR	n	-32 ²
35	Mont Durand	VS	+6,2	-26,1	89	Verstankla	GR	-24	-22
36	Brenay	VS	-40,1	-108,3	90	Silvretta	GR	-10,9 ²	-6,6
37	Giétro	VS	-7,0	-4,8	91	Sardona	SG	st ²	-22,2
38	Corbassière	VS	-11,0	-34,3	Bassin de l'Inn				
39	Valsorey	VS	n	-51 ²	92	Roseg	GR	-4,1	-53,5
40	Tseudet	VS	n	-30,5 ²	93	Tschierva	GR	-55,2	-48,8
41	Boveyre	VS	n	-30 ²	94	Morteratsch	GR	-30,2	-76,5
42	Saleina	VS	-14	-51,7	95	Calderas	GR	-8,6	-44,8
43	Trient	VS	-35	-50	96	Tiatscha	GR	-21,5	-15
44	Paneyrosse	VD	n	2,2 ²	97	Sesvenna	GR	n	-74,1 ²
45	Grand Plan Névé	VD	n	-12,5 ²	98	Lischana	GR	-27,7	-52,2
46	Martinet	VD	n	n	Bassin de l'Adda				
47	Sex Rouge	VD	-5,5	-6,4	99	Cambrena	GR	-14	-17
48	Prapio	VD	st	-4	100	Palü	GR	-28	x
Bassin de l'Aar					101	Paradisino (Campo)	GR	-6,5	-5,2
50	Oberaar	BE	x	x	102	Forno	GR	-23,4	-25,6
51	Unteraar	BE	x	x	Bassin du Tessin				
52	Gauli	BE	-55 ²	-27	120	Corno	TI	-1,5	-56,3
53	Stein	BE	-18	-27	117	Valleggia	TI	-1,8	-7,5
54	Steinlimmi	BE	-18	-34,5	118	Val Torta	TI	-1,7	-4,8
55	Trift (Gadmen)	BE	-89,3	-152,1	103	Bresciana	TI	-18,8	-77,1
57	Oberer Grindelwald	BE	x	x	119	Cavagnoli	TI	-11,7	-20,3
58	Unterer Grindelwald	BE	x	x	104	Basöddino	TI	-16,1	-18,3
59	Eiger	BE	-20,8	-11,6	352	Crosolina	TI	-2,4	-8,4
60	Tschingel	BE	-9,3 ²	-7,8	105	Rosshoden	VS	st	n
61	Gamchi	BE	-14,4	-21,4					
109	Alpetli (Kanderfirn)	BE	-41,0	-33					
62	Schwarz	VS	-6,4	-1,2					
63	Lämmern	VS	-9,4	-11,5					
64	Blüemlisalp	BE	-10,8	-46,7					

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

Remarque:
Lorsque la valeur indiquée est valable pour une durée de plusieurs années, l'exposant indique le nombre d'années:
-25,7² = recul de 25,7 m en 2 ans

Ensoleillement

Ce paramètre climatique s'est maintenu à des valeurs habituelles durant la première période tandis qu'il a atteint des sommets durant la seconde.

Pendant la période 2001/02, février, août et septembre se signalent par leur maigre ensoleillement, alors que celui-ci se révèle excédentaire pour les mois d'octobre, décembre, janvier, mars, avril et juin. Signalons qu'en valeur absolue (nombre effectif d'heures de soleil), juin a apporté la plus grosse contribution au total annuel, en raison de la longueur maximale des jours avoisinant le solstice d'été. Dans les Alpes, l'ensoleillement s'est révélé, en règle générale, assez faible.

Quant à la période 2002/03, elle se caractérise par l'opposition entre les mois de novembre et de décembre, presque partout déficitaires, et ceux de février à juin, fortement ensoleillés. Ces excédents d'ensoleillement se révèlent un peu moins importants dans les Alpes qu'en plaine pendant les mois d'été, en raison de la fréquente formation de nuages cumuliformes au cours des journées de beau temps. Pour nombre de stations, c'est la période la plus ensoleillée depuis les années 1880, début des mesures instrumentales, pour les autres, depuis 1949 au moins.

Variations de longueur

Vue d'ensemble

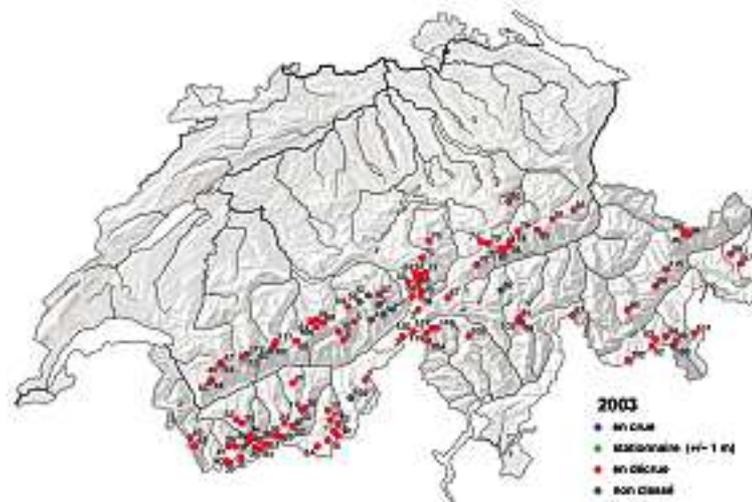
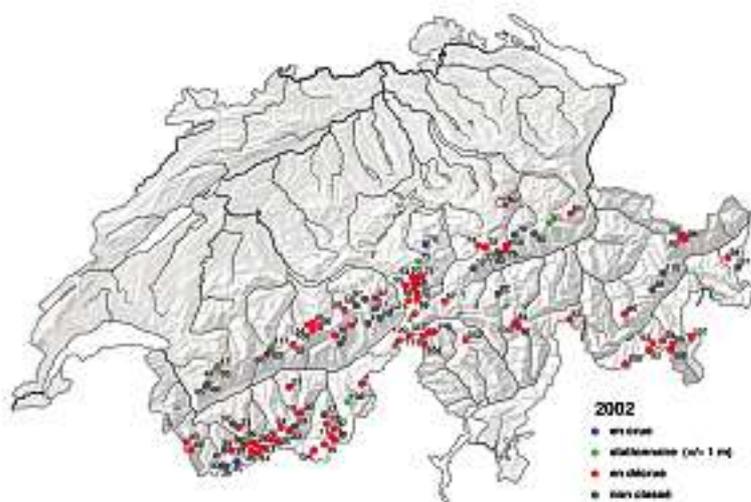
Les glaciers des Alpes suisses ont continué à se retirer durant les deux périodes 2001/02 et 2002/03. Lors de la

Vadret Tiatscha en 1995



Photos: archives VAW/Stadler

Variations de la longueur des glaciers des Alpes suisses pour la période 2001/02



Variations de la longueur des glaciers des Alpes suisses pour la période 2002/03

campagne de mesures de l'automne 2002, les observateurs ont visité 92 des 110 glaciers observés de manière régulière et déterminé la variation de longueur de 85 d'entre eux. Tandis que la grande majorité, soit 78, a subi un retrait plus ou moins important, seules deux langues glaciaires ont progressé et cinq autres sont restées stationnaires (plus ou moins un mètre). Les valeurs maximales enregistrées montrent une très modeste crue de 6 mètres pour le glacier du Mont Durand et une décrue de 94 mètres pour celui de Suretta. Quant au retrait de 118 mètres du Findelengletscher, il se rapporte à une période d'observations de deux ans.

Grâce aux conditions optimales d'observation de l'automne 2003, nos collaborateurs se sont rendus sur 108 langues

glaciaires et ont mesuré une variation de longueur pour 98 d'entre elles. L'ensemble des glaciers observés a subi un certain retrait, s'échelonnant de 1 mètre pour le Schwarzgletscher, à 152 mètres pour celui de Trift, et même à 159 mètres pour celui de Brunegg.

Pour les deux périodes, la majorité des mesures se groupe entre 0 et -30 mètres. A l'exception des quelques valeurs maximales enregistrées, on compte peu de reculs conséquents. Dans la plupart des cas, il s'agit d'effets locaux,

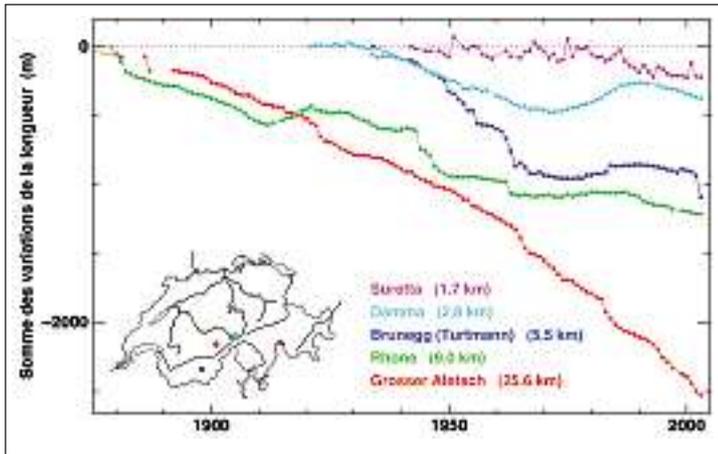
ainsi qu'en témoignent les exemples suivants.

Fonte d'amas de vieilles neiges

Pour le Surettagletscher, on avait relevé une crue extraordinaire pour l'exercice 2000/01, suivie d'un notable retrait pendant la période suivante, ce qui n'étonne guère. En effet, la valeur positive du premier de ces deux exercices provient d'amas de vieille neige qui, au cours des années antérieures, s'était ac-



Vadret Tiatscha en 2003: le glacier s'est retiré du gradin rocheux



Sommes des variations annuelles (en mètres) de cinq glaciers du réseau d'observation, choisis en fonction du climat et leur temps de réaction particulier

cumulée et transformée en névé sur la langue du glacier. Celle-ci était donc restée invisible sous ces dépôts pendant toute cette période. Cette carapace glacée a toutefois fini par fondre rapidement en découvrant à nouveau la langue glaciaire. Un tel comportement ne correspond absolument pas à une crue véritable, au cours de laquelle un excédent de masse se constitue dans la zone d'alimentation de l'appareil glaciaire à la suite d'une séquence prolongée de temps frais et très neigeux. La modification de la répartition des masses induit une réaction dynamique du glacier qui se répercute avec un certain retard jusqu'à l'extrémité de sa langue.

Fonte du Triftgletscher

Dans la région du Susten-Grimmel, le Triftgletscher se termine dans un lac qui accélère son retrait par vèlage et apport calorifique supplémentaire. Ces dernières années, cette nappe d'eau s'est constamment agrandie aux dépens du glacier dont une grande partie a fondu au cours de l'été 2003.

Décru brusque et unique

Dans d'autres cas, une langue glaciaire étalée s'amincit de plus en plus, ou une partie de celle-ci se sépare du reste de l'appareil glaciaire par manque d'alimentation. Ce dernier processus s'accompagne d'une décrue brusque et unique, parfois associée à un retrait de la langue en amont d'un gradin rocheux et à une stabilisation ultérieure. Ce scénario a pu être observé ces dernières années au Bruneggletscher, au fond de la

vallée de Tourtemagne, ainsi qu'au Vardret Tiatscha, en Basse-Engadine; il s'esquisse actuellement au Dammagletscher.

Bilan de masse

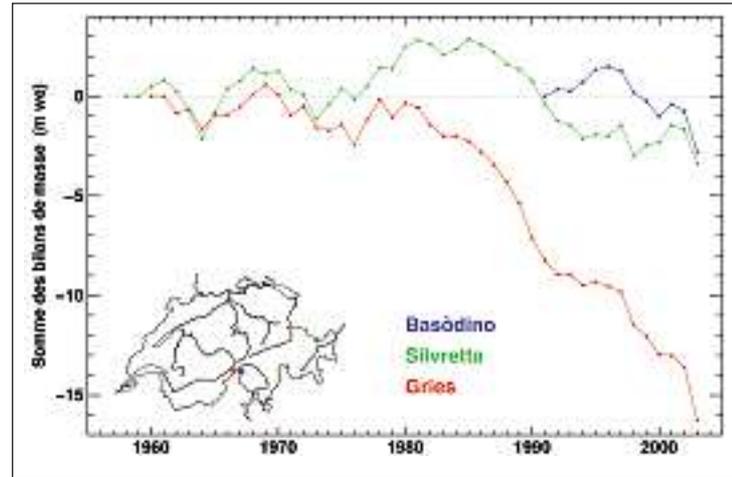
Vue d'ensemble

Le bilan de masse, c'est-à-dire le rapport entre l'accumulation nivale et l'ablation, a été déterminé sur les trois glaciers suisses du Basodino, de Gries et de la Silvretta au moyen de la méthode directe. En outre, on a procédé à quelques mesures ponctuelles de la variation de la masse glaciaire sur le Jungfraufirn (grand glacier d'Aletsch), le Claridenfirn et les glaciers du Gietto et de Corbassière ainsi que dans la région du Mattmark. Bien que le calcul du bilan de masse soit fastidieux, il livre des informations très fouillées sur les variations d'un glacier et reflète sans délai les influences climatiques.

Diminutions de masse importantes

Durant la période 2001/02, les trois glaciers soumis à cette analyse détaillée ont subi des diminutions de masse assez modestes, tandis qu'elles s'avéraient beaucoup plus importantes au cours de la période suivante. Même les pertes maximales des grandes décrues de 1990/91 et de 1997/98 ont été nettement dépassées. Exprimés en mètres d'équivalent en eau, les bilans spécifiques moyens s'élèvent à $-0,36$ m pour le glacier du Basodino, $-0,6$ m pour celui de Gries et $-0,24$ m pour celui de la Silvretta pour le premier exercice considéré, et respectivement à $-2,04$ m, $-2,63$ m et $-1,7$ m pour le second. C'est le Griesgletscher, proche du Nufenen, qui affiche les décrues les plus considérables. Après un bilan assez équilibré pour la période

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



2000/01, la tendance observée les années précédentes a repris de plus belle avec des pertes souvent importantes. Quoiqu'un peu plus faibles, elles sont également notables pour le Ghiacciaio del Basodino au Tessin, situé plus au sud. Quant à celui de la Silvretta, au fond du Prättigau au nord de la crête des Alpes, il affiche les diminutions de masse les plus faibles. Celles-ci font suite à trois périodes positives.

Fonte de la neige

Après un hiver caractérisé par un enneigement assez modéré sur les Alpes, où les chutes de neige n'ont atteint leur niveau normal sur le versant sud qu'en fin de saison, l'extraordinaire vague de chaleur de juin 2002 a accéléré la fonte de la neige sur les glaciers, ce qui pourrait expliquer les résultats de la période d'observation 2001/02. La seconde période s'est déroulée selon un schéma assez analogue. La fonte et la disparition de la neige sur les glaciers, qui ont débuté fin avril déjà et se sont poursuivies de manière très intense, ont favorisé une ablation considérable. Cette dernière ainsi que la saison estivale de 2003, exceptionnelle par sa chaleur, son ensoleillement et sa sécheresse, sont en premier lieu responsables des pertes extrêmes de masse des glaciers des Alpes suisses. En juillet déjà, le manteau neigeux hivernal recouvrant le Griesgletscher avait disparu jusqu'à l'altitude des névés les plus élevés. La fusion estivale a soustrait à cet appareil glaciaire 3% de son volume total environ. Quant au Ghiacciaio del Basodino, assez proche mais nettement plus petit, il s'est débar-



Photo: Françoise Funk-Salami

Le Griesgletscher avec le Binnenhorn (VS) en août 2003. La fonte de la neige est très avancée. La glace de la langue glaciaire est recouverte de poussière et de caillasse

rasse de sa couverture neigeuse beaucoup plus lentement. Sur le Silvrettagletscher, les anciennes couches de névé issues des bilans positifs des années 1998 à 2001 sont apparues au jour sur de vastes surfaces. Elles ont probablement contribué à réduire les pertes de cet appareil glaciaire.

Conclusion

Ces deux dernières périodes ont illustré quelques notions fondamentales de glaciologie. L'importance du manteau neigeux hivernal est considérable, car sa couleur blanche réfléchit un très fort pourcentage du rayonnement incident et protège par conséquent les couches de névé et de glace sous-jacentes. Mais les conditions printanières de fonte de la neige jouent souvent un rôle encore plus

déterminant que l'épaisseur de l'enneigement hivernal, car une fonte précoce ou très intense peut rapidement détruire une importante couche de neige. Un bilan de masse positif est, en règle générale, le résultat des précipitations généreuses d'un été frais. En revanche, des hivers pauvres en neige associés à des étés chauds et riches en rayonnement solaire conduisent à des pertes de masse élevées.

A la suite de l'ablation inhabituellement forte de l'été caniculaire de 2003, des crevasses en nombre beaucoup plus important qu'à l'accoutumée étaient visibles à l'automne. En outre, divers objets disparus ou perdus les années précédentes sont réapparus sur les glaciers au cours de cet été. Combiné avec la fonte, l'écoulement de la glace rejette plus ou moins rapidement dans la zone d'ablation des vestiges quelquefois peu réjouissants. Ainsi, sur certaines langues glaciaires, dont celle de Gries, se sont accumulées ces dernières années, outre des traces de l'activité humaine, de notables quantités de fines poussières, de cailloux

ténus et de particules de suie. Ces résidus accélèrent l'ablation aussi longtemps qu'ils ne forment pas une couche continue de quelques centimètres d'épaisseur, laquelle, protégeant la glace des rayons du soleil, détermine un effet opposé.

Remerciements

Pour l'exécution de ses relevés sur les glaciers des Alpes suisses, la Commission de glaciologie de l'Académie suisse des sciences naturelles (CG/ASSN) a bénéficié du soutien actif et permanent d'un grand nombre de collaborateurs bénévoles sans lesquels cette tâche serait impossible. Elle remercie 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.

Complément

Aperçu climatologique de l'été 2003

Une exceptionnelle vague de chaleur a dominé l'été 2003 en Europe. En Suisse, tous les extrêmes antérieurs ont été battus par des températures dépassant de 5° C la moyenne pluriannuelle. La canicule a touché le continent tout entier et les températures estivales (de juin à août) ont dépassé de plus de 4° C la moyenne de 1961–1990 sur de vastes contrées d'Europe centrale. Par le passé, on a déjà noté des mois d'été aussi chauds, comme juillet 1983, mais la séquence des trois mois torrides de l'été 2003 est absolument unique. En Suisse, douze séries de mesures uniformes de MétéoSuisse avec résolution journalière depuis 1864 permettent une analyse plus approfondie de cet événement. Afin de limiter l'influence de perturbations météorologiques locales, les mesures de quatre stations indépendantes les unes des autres (Bâle-Binningen, Genève, Berne-Liebfeld et Zurich) ont été réunies. Leurs séries de mesures présentent un degré de qualité particulièrement élevé. Les températures moyennes de ces stations pour les mois de juin, juillet et août, ainsi que pour la période estivale dans son ensemble sont représentées sur la figure en bas à droite. Si la moyenne thermique de juillet 2003 tombe encore dans la plage des températures déjà enre-

gistrées auparavant, celles de juin et d'août ont brisé le record que détenait juillet 1983 comme mois estival le plus chaud jamais observé. Les courbes vertes du graphique indiquent les fréquences estimées pour la réalisation d'une température mensuelle donnée. Les figures démontrent que les valeurs de juin et d'août 2003, ainsi que celles de ce même été, se situent bien au-delà des données habituelles. En outre, une reconstitution climatologique effectuée à l'Université de Berne indique que, pour l'espace européen, l'été 2003 est fort probablement le plus chaud de ces cinq cents dernières années (Luterbacher et al., 2004).

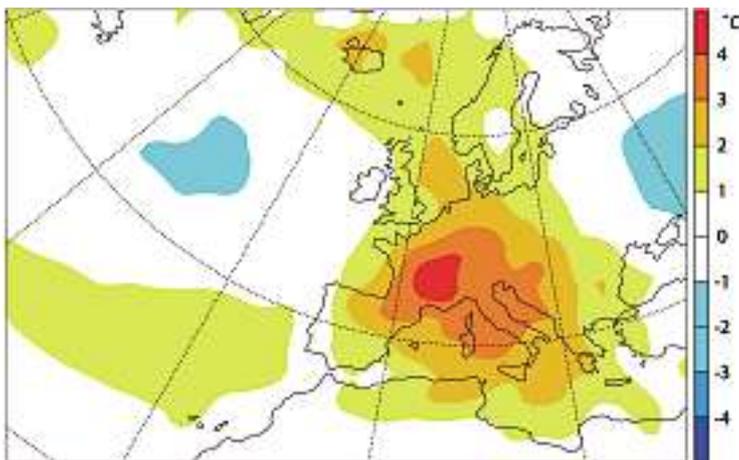
En statistique, on lie souvent aux événements extrêmes la notion de période de retour. Pour l'extraordinaire été 2003, les séries de température relevées en Suisse donnent une période de retour dépassant dix mille ans, même en tenant compte du réchauffement de ces dernières décennies. Toutefois, cette estimation est affectée d'une grande incertitude statistique. Une période de retour supérieure à dix millénaires englobe un laps de temps dans lequel peuvent s'insérer des glaciations et des périodes interglaciaires. Des valeurs aussi considérables de ce paramètre perdent beaucoup de leur signification, pour ne confirmer que l'extrême rareté de l'événement. Celle-ci

ne s'explique guère par la variabilité naturelle des températures estivales, ce qui incite à admettre comme hautement probable une conséquence du réchauffement du climat, lequel ne peut toutefois être prouvé de manière péremptoire.

Une étude publiée récemment par l'EPF-Zurich (Schär et al., 2004) démontre qu'il ne faut pas seulement s'attendre à l'avenir à une hausse générale de la température, mais aussi à des variations plus prononcées des moyennes thermiques estivales. Des périodes caniculaires analogues à celle de l'été dernier deviendront plus fréquentes en Europe. Ces scénarios se fondent sur la poursuite de la hausse de la concentration, dans l'atmosphère, des gaz à effet de serre, conséquence de l'usage croissant des énergies fossiles. Si ces projections se confirmaient, les étés torrides deviendraient plutôt la règle que l'exception, vers la fin de ce siècle. Les calculs montrent qu'environ un été sur deux serait alors aussi chaud ou plus que celui de 2003. En parallèle interviendrait une diminution de la moyenne des précipitations estivales. ▀

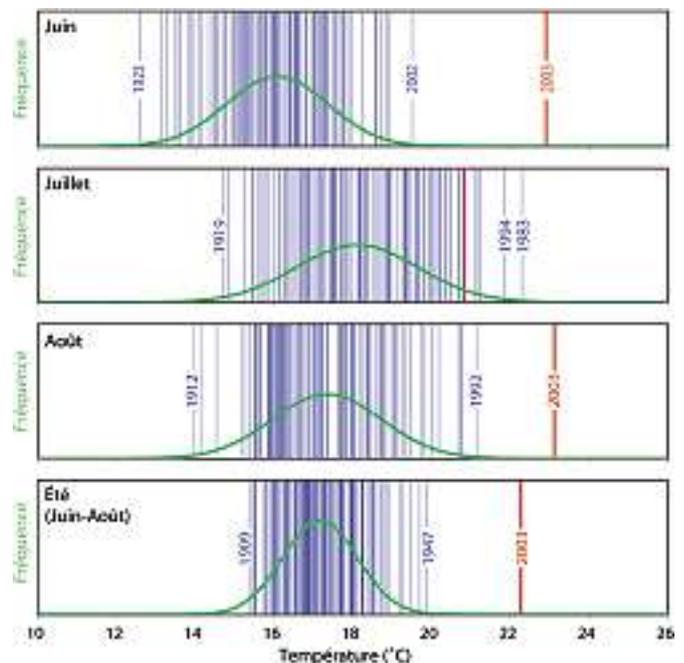
Andreas Bauder^{1,2}, Christoph Schär² et Heinz Blatter^{1,3}

- 1 Commission glaciologique de l'ASSN
- 2 Laboratoires de recherches hydrauliques, hydrologiques et glaciologiques (VAW) de l'EPF-Zurich
- 3 Institut de l'atmosphère et du climat (IAC), EPF-Zurich



L'écart des températures estivales (juin, juillet, août) par rapport à la valeur moyenne 1961-1990 en degrés Celsius. La vague de chaleur 2003 a touché principalement l'Europe centrale, alors que l'Europe de l'Est a enregistré des températures au-dessous de la moyenne

Répartition des températures moyennes des mois de juin, de juillet et d'août ainsi que pour les étés des années 1864 à 2003 (rouge). Les courbes vertes indiquent les fréquences correspondantes ainsi que leurs fluctuations. La fluctuation moyenne pour l'été est inférieure à celle des différents mois



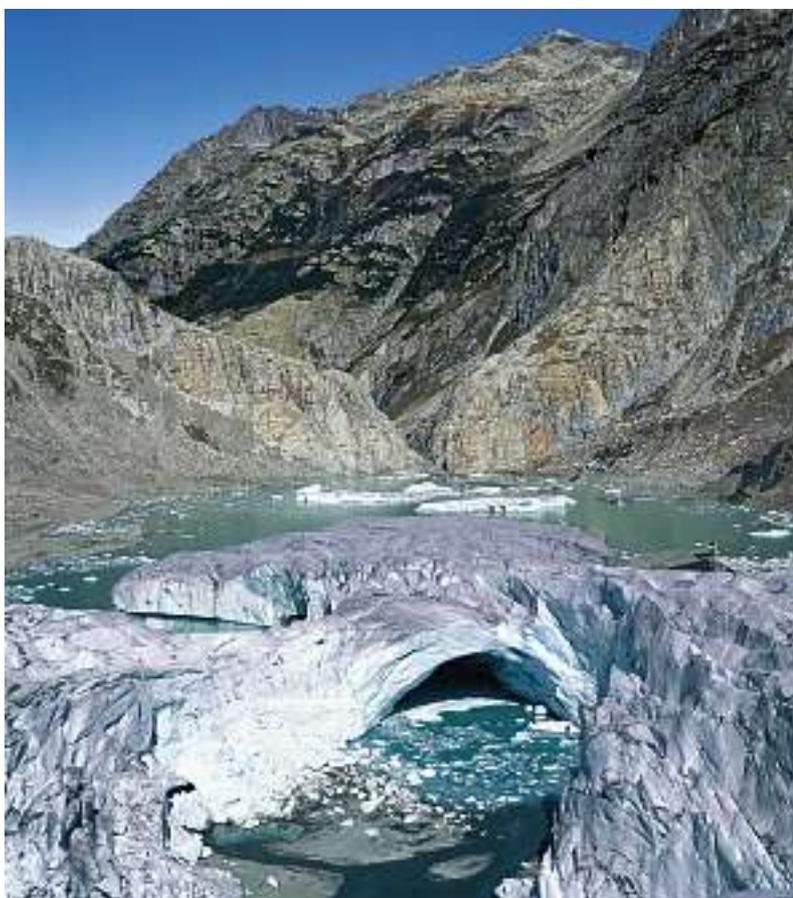
Bibliographie

Luterbacher J., Dietrich J., Xoplaki E., Grosjean M. et Wanner H., 2004: *European seasonal and annual temperature variability, trends and extremes since 1500*. Science 303, 1499–1503

Schär C., Vidale P.L., Lüthi D., Frei C., Häberli C., Liniger M.A. et Appenzeller C., 2004: *The role of increasing temperature variability in European summer heatwaves*. Nature, 427, 332–336

MO, 2001: *Déclaration de l'OMM sur l'état du climat mondial en 2003*. Organisation météorologique mondiale, Service des publications, <http://www.wmo.ch>, n° 702

Le Triftgletscher en automne 2003. Un canal d'écoulement autrefois recouvert par de la glace s'est ouvert à l'extrémité de la langue glaciaire entourée d'un lac



Photos: Françoise Funk-Salamit



Le Triftgletscher en automne 2003. La langue glaciaire s'est amincie et s'écoule par un canal étroit en amont d'un gradin rocheux