

1.3. Événements extrêmes en Suisse

1.3.1. Caractérisation des événements climatiques extrêmes

Heinz Wanner

Les principaux événements extrêmes en Suisse peuvent être caractérisés selon leur rapport à des situations météorologiques spécifiques. Le transport horizontal de masses d'air, et partant les grands courants atmosphériques, sont déterminants dans les processus conduisant à des températures, des taux d'humidité et des précipitations extrêmes. Les tempêtes et orages sont assujettis, en hiver, à des différences de pression à grande échelle géographique et, en été, à des effets plus locaux, tels que l'humidité du sol et la stabilité des masses d'air. Les crues sont la conséquence d'interactions entre l'atmosphère, le sol et la topographie.

Un moyen de caractériser les principaux événements extrêmes est de considérer quelles situations météorologiques s'y rapportent et comment ces événements se manifestent à l'échelon régional. Le tableau 1 rassemble les points essentiels qui caractérisent les événements climatiques extrêmes en Suisse. Il indique aussi l'échelle spatiale de ces événements, car ceux-ci affectent des régions plus ou moins étendues. Des phénomènes faisant suite à ces événements, tels qu'avalanches et glissements de terrain, ne sont pas représentés. Cette approche schématique a ses limites, car les événements extrêmes associent souvent différents processus qui se renforcent mutuellement ou se succèdent en additionnant leurs effets. Des regroupements restent possibles, mais une analyse détaillée fait toujours apparaître des aspects spécifiques des différents cas.

Le climat d'une région est déterminé par l'interaction de courants atmosphériques à grande échelle (circulation) avec la topographie et la constitution du sol à l'échelon local. En Suisse, le climat est déterminé dans une large mesure par le courant d'ouest au-dessus de l'Atlantique et de l'Europe. L'état de l'océan (courants, températures superficielles, répartition de la banquise) joue aussi un rôle important en influant sur les principales trajectoires des zones de basse pression (storm tracks). La répartition entre terre et mer (Atlantique, Méditerranée et Eurasie) et la topographie des Alpes ont également une grande importance. De par leur forme en croissant et leur hauteur, ces dernières modifient le flux et les propriétés des masses d'air. Il s'ensuit des événements extrêmes tels que de forts vents rabattants (tempêtes de föhn), la sécheresse dans les Alpes (Valais) ou des dépressions sur le versant des Alpes sous le vent (dépression du golfe de Gênes).

Des déplacements horizontaux de masses d'air (advections), assujettis à la circulation à grande échelle, jouent un rôle déterminant dans les épisodes de températures et précipitations extrêmes (tableau 1, en haut). Les points essentiels à considérer sont alors d'où ces masses proviennent, comment leur température et leur humidité se sont modifiées en cours de route et à quelle vitesse elles passent au-dessus de la Suisse. L'influence à long terme des facteurs naturels (Soleil, volcans) et humains (effet de serre et des aérosols, modifications du sol) ou de fluctuations aléatoires du système climatique à l'échelle continentale à régionale, affectant la fréquence des températures et précipitations extrêmes et la circulation, n'est toujours pas claire.^{1,2}

Les tempêtes et orages (tableau 1, au milieu) dépendent dans une large mesure, soit de différences de pression à grande échelle géographique (surtout en hiver), soit d'effets plus locaux, tels que la stagnation de masses d'air et l'humidité du sol (surtout en été). Les masses d'air peuvent stocker de l'énergie directement sous forme de chaleur ou indirectement sous forme d'humidité. En se condensant, la vapeur d'eau restitue l'énergie emmagasinée. Cette chaleur de condensation est la source d'énergie d'ouragans qui se produisent au-dessus d'une surface d'eau chaude lorsque l'évaporation atteint un niveau suffisant. Les flux de chaleur directs et indirects jouent un rôle important pour la Suisse, qu'ils soient à grande échelle (comme lors de tempêtes se formant au-dessus de l'Atlantique ouest) ou régionaux (lors des orages d'été).³ Les tempêtes d'hiver, telles que Lothar, résultent de processus très complexes.⁴

Les situations les plus diverses se peuvent présenter lors des crues (tableau 1, en bas). Elles sont la conséquence d'interactions entre l'at-

Tableau 1: Caractérisation des événements climatiques les plus importants pour la Suisse et situations météorologiques correspondantes.		
Événement extrême	Hiver	Été
Température Précipitations	(a)) Froid-sec: Courant d'air froid persistant dû à l'anticyclone continental de Sibérie: <i>Dégâts de gel et de sécheresse</i> <i>Echelle: semi-continentale</i> (c) Frais-humide: Courant persistant du nord-ouest: <i>Chutes de neige abondantes, avalanches</i> <i>Echelle: régionale</i>	(b) Très chaud-sec: Effet de la chaleur et de la sécheresse dans le domaine de subsidence de l'anticyclone des Açores ayant pénétré sur le continent: <i>Dégâts de chaleur et de sécheresse</i> <i>Echelle: semi-continentale</i> (d) Froid-humide: Zones dépressionnaires se déplaçant du nord-ouest au sud-ouest: <i>Dégâts à la végétation</i> <i>Echelle: régionale à semi-continentale</i>
Tempêtes/orages	Forts gradients de pression en partie avec tourbillon secondaire: <i>Vents de tempêtes, rafales, ouragans</i> <i>Echelle: régionale à semi-continentale</i>	Faibles gradients de pression, dépressions thermiques, orages: <i>Fortes pluies, grêle, rafales</i> <i>Echelle: locale à régionale</i>
Inondations	Versant nord des Alpes: Tendance aux situations météorologiques persistantes de sud-ouest, ouest et nord-ouest avec déplacement vers le sud de la trajectoire des zones dépressionnaires. Apport d'air chaud très humide qui s'élève dans des conditions d'ascendance extrêmes et conduit de ce fait à des précipitations abondantes et persistantes. Cela combiné éventuellement à un réchauffement, une fonte des neiges et, dans des cas rares, à des effets de barrage le long des Alpes. (Période: saisons chaudes et de transition, principalement du printemps au début de l'été) <i>Inondations massives dans des vallées et régions de lacs</i> <i>Echelle: régionale à semi-continentale</i> Versant sud des Alpes et espace intraalpin: Apport de masses d'air et ascendance extrême (due tant aux masses d'air qu'à la topographie des Alpes) suivis de chutes de pluie. Versant sud des Alpes: courant dominant du sud orienté vers les Alpes (avant tout lors du passage de zones dépressionnaires du sud); associé souvent au phénomène de «streamer» de la haute troposphère. Espace intraalpin: associé aussi à des creux barométriques stationnaires. (Période: Saisons froides et de transition, principalement en automne) <i>Inondations massives dans des vallées et des régions de lacs</i> <i>Intraalpin: dommages hydro- et géomorphologiques extrêmes, tels qu'éboulements, coulées de boue etc.</i> <i>Echelle: locale à suprarégionale</i>	

mosphère, la constitution du sol et la topographie. En montagne, l'ascension de masses d'air amenées par des déplacements à grande échelle et les pluies qui s'ensuivent jouent un rôle important, de même que les courants atmosphériques dans l'ensemble de la troposphère. Les précipitations déclenchées par l'ascension de l'air sur le relief des Alpes ne sont pas autant déterminantes.⁵ Des précipitations abondantes et persistantes peuvent saturer le sol d'eau et, combinées en partie avec la fonte des neiges dans les Alpes, conduire à des crues affectant l'échelon régional à suprarégional. Au nord des Alpes d'Europe centrale, il faut tenir compte surtout du mouvement des zones de basse pression. Quand

l'oscillation de l'Atlantique nord est négative (c'est-à-dire que l'Atlantique nord est chaud et l'Atlantique sud froid), elles se déplacent vers le sud et conduisent à des situations stationnaires de sud-ouest à nord-ouest.² Il peut se former alors des bulles d'air froid qui stagnent des jours durant au-dessus d'une même région où elles sont à l'origine de pluies persistantes. Au sud des Alpes, à part les dépressions sous le vent déjà mentionnées, il faut prêter attention avant tout aux zones de basse pression provenant de l'Atlantique, qui longent la Méditerranée et se déplacent lentement vers la bordure orientale des Alpes puis vers la Pologne.

1.3.2. Un aperçu des cinq cents dernières années

Christian Pfister

La mise en évidence de tendances des événements extrêmes à l'aide de mesures instrumentées se heurte à des limites tenant à la brièveté des séries de mesures et à la rareté des événements. Des documents historiques⁶ permettent de prolonger ces séries. Ils contiennent les informations les plus significatives sur les événements extrêmes entre 1100 et 1800. Les catastrophes naturelles ne peuvent être mises en évidence que sur la base de témoignages historiques: plus un événement fut exceptionnel et extrême, plus nombreux et plus détaillés sont les témoignages.

Contrairement aux archives naturelles, telles que les cercles annuels de croissance des arbres, qui ne fournissent pas d'indications à une résolution inférieure à l'année, les documents historiques renseignent aussi sur les saisons et les mois. Ils datent les événements au jour et plus tard même à l'heure près. Pour préciser l'ampleur de l'anomalie, les observateurs ont souvent recouru à des indicateurs naturels qui peuvent être quantifiés et étalonnés aujourd'hui sur la base d'événements analogues. Par exemple, les cerisiers ont fleuri avec trois semaines de retard après des mois de mars et avril très froids. Selon les connaissances actuelles, cela correspond à un déficit de température de 5°C.⁷

Les documents ne couvrent chacun qu'une période limitée; ils sont hétérogènes et souvent lacunaires. En général, ils ne permettent pas de déduire des données quantitatives et ne peuvent donc pas faire l'objet d'un traitement statistique. Pour obtenir des informations quantitatives significatives, il faut réunir le plus grand nombre possible de sources fiables. Les données se complètent alors et peuvent être vérifiées. Pour la Suisse, quelque 40'000 observations tirées de 350 sources ont été rassemblées ayant trait à la période de 1500 à 1864.^{6,8} A partir de 1550, il existe des descriptions du temps et/ou des observations se référant à des indicateurs pour 99% des mois.

Les informations sur les températures et les précipitations sont reportées mois par mois sur une échelle d'intensité à sept niveaux. Les séries d'indices ainsi obtenues sont comparées avec celles de régions voisines. Elaborées

avec soin, elles correspondent presque aussi bien entre elles que des séries de mesures instrumentées.⁹

Quelques événements climatiques extrêmes survenus en Suisse ces 500 dernières années sont présentés ci-après selon la typologie des événements extrêmes décrite au chapitre 1.3.1.⁶ Dans le présent chapitre, l'interprétation des séries temporelles consiste simplement à distinguer des périodes selon la fréquence des témoignages ayant trait à des événements extrêmes. Vu la rareté des événements, il n'est pas possible de déterminer avec certitude si les variations sont des fluctuations aléatoires ou des changements effectifs de la probabilité (cf. chapitre 1.4).

Froid et sec en hiver

Des extrêmes froids-secs ne sont jamais survenus de 1496 à 1566 et ont été rares les 110 années suivantes (figure 3). Ils s'accumulent entre 1676 et 1895. Un à huit mois secs et froids avec apport d'air froid persistant de l'anticyclone de Sibérie sont attestés chaque décennie. Que le lac de Biene



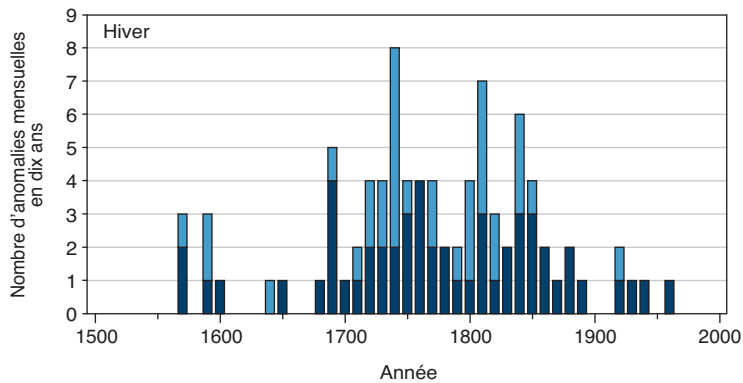


Figure 3: Fréquence des mois froids (bleu foncé) et froids-secs (bleu clair) pendant le semestre d'hiver (novembre à mars/avril) de 1496 à 2000 (sommés sur dix ans).

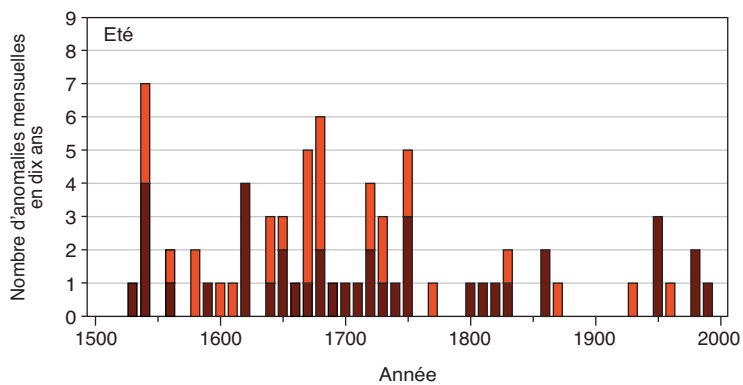


Figure 4: Fréquence des mois chauds (rouge foncé) et chauds-secs (rouge) pendant le semestre d'été (avril à septembre) de 1496 à 2000 (sommés sur dix ans).

soit entièrement recouvert de glace n'avait rien d'exceptionnel pour les gens du 18^e siècle. De 1895 à janvier 1963 (dernier gel du lac de Zurich), les mois froids et secs sont redevenus plus rares et ont totalement disparu depuis lors (jusqu'en mars 2003).

Frais et humide en hiver

Pour avoir de nombreuses avalanches dévastatrices, il suffit que des courants intenses du nord-ouest subsistent plusieurs jours consécutifs dans des conditions spécifiques. Vu que ces courants n'apparaissent pas dans les moyennes mensuelles des températures et des précipitations, les séries d'indices décrites plus haut ne sont pas un outil statistique utilisable.

Les hivers à avalanches dévastatrices se répartissent de façon assez homogène. Ils ne sont pas plus fréquents au 20^e siècle que pendant les siècles précédents.

Très chaud et sec en été

Les mois chauds et secs étaient nettement plus fréquents avant 1730 que par la suite (figure 4). Entre 1718 et 1728, un été sur deux était notablement trop sec. Aucun extrême météorologique séculaire (comme celui de 1540 ou de 1947) n'est survenu pendant ces années. Mais une situation comparable s'est présentée à deux reprises (en 1718/19 et 1723/24), de par les effets cumulés de deux étés secs consécutifs, alternant avec un hiver et un printemps pauvres en pluie.

Au 20^e siècle – mis à part la décennie 1946–1955 – les mois chauds et secs ont été relativement rares pendant la période de végétation.

Froid et humide en été

Avant que l'économie suisse, aux environs de 1880, ne soit reliée au réseau global de transport, les dégâts à la végétation pendant les étés froids et humides entraînaient une hausse des prix, des crises d'approvisionnement et dans certains cas la famine (p. ex. en

1816/17). De 1576 à 1635, les mois d'été froids et humides furent particulièrement nombreux et les glaciers ont grandi. Depuis lors, de tels événements extrêmes sont devenus plus rares.

Tempêtes en hiver

Sur le versant nord des Alpes, le nombre des jours de tempête tend statistiquement à diminuer, de même que la durée des périodes de vent de force 7 à 9.¹⁰

Entre 1500 et 1960, la plupart des tempêtes se sont produites en décembre, les plus extrêmes toutefois en janvier et février. Il y a toujours eu de longues périodes sans tempêtes graves (figure 5). De 1600 à 1900, le Plateau a connu chaque siècle sa «tempête du siècle»: tempête d'ouest en hiver, causant des dégâts importants et à vaste échelle aux forêts, bâtiments et infrastructures. Au 20^e siècle, trois tempêtes séculaires ont été enregistrées en l'espace de seulement trente-trois ans: en février

1967, en février 1990 (Vivian) et en décembre 1999 (Lothar). Mais ces événements sont trop rares pour qu'on puisse en déduire une tendance statistique à long terme.

Crués sur le versant nord des Alpes

Sur le Plateau, la plupart des crués se produisent en été, quand la fonte des neiges dans les montagnes est importante et que de grandes parties du bassin versant subissent les plus fortes précipitations de l'année.

Jusqu'en 1762, le Rhin près de Bâle sortait de son lit en moyenne tous les dix ans (figure 6). Au cours des 120 années suivantes, ce rythme s'est ralenti. Il n'y a plus eu du tout de crués extrêmes de 1882 à 1992. Mais cette évolution ne peut pas être interprétée seulement selon des critères météorologiques et hydrologiques, car différentes interventions ont modifié les écoulements aux cours des 120 dernières années.

Crués dans les Alpes centrales et sur le versant sud des Alpes

Dans les cantons du Valais, d'Uri, du Tessin et des Grisons, on relève, au cours des cinq derniers siècles, deux périodes pendant lesquelles les inondations furent relativement peu fréquentes (1641 à 1706; 1927 à 1975) et deux périodes pendant lesquelles elles le furent davantage (1550 à 1580; 1827 à 1875; figure 7). Des fluctuations à long terme de la fréquence des inondations ont été mises en évidence aussi dans les Pyrénées et en Allemagne¹¹. Elles sont dues à des variations naturelles du climat, on ne leur connaît pas d'influences humaines.

Par rapport aux moyennes du 20^e siècle, le nombre d'inondations extrêmes dans les Alpes centrales et méridionales a augmenté ces quinze dernières années (août 1987, septembre 1993, octobre 2000); la fréquence de ces événements reste néanmoins confinée dans la largeur de bande antérieure.

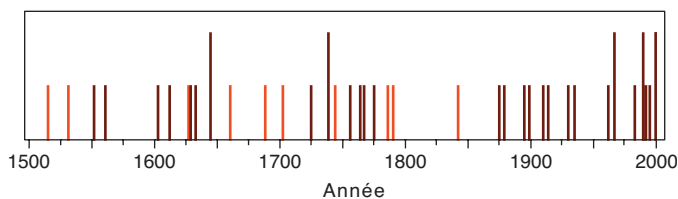


Figure 5: Tempêtes d'hiver fortes (barres courtes) et extrêmes (barres longues) en Suisse pendant les 500 dernières années. Dans quelques cas (orange), les données historiques ne sont pas univoques.⁶

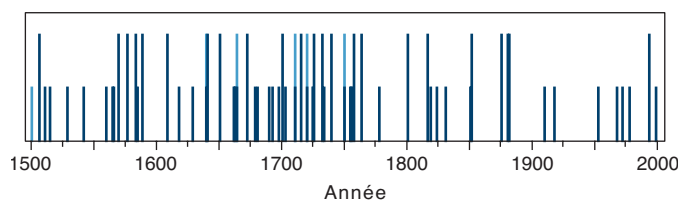


Figure 6: Crués du Rhin près de Bâle fortes (barres courtes) et extrêmes (barres longues), pendant les 500 dernières années. Dans quelques cas (bleu clair), les données historiques ne sont pas univoques.⁶

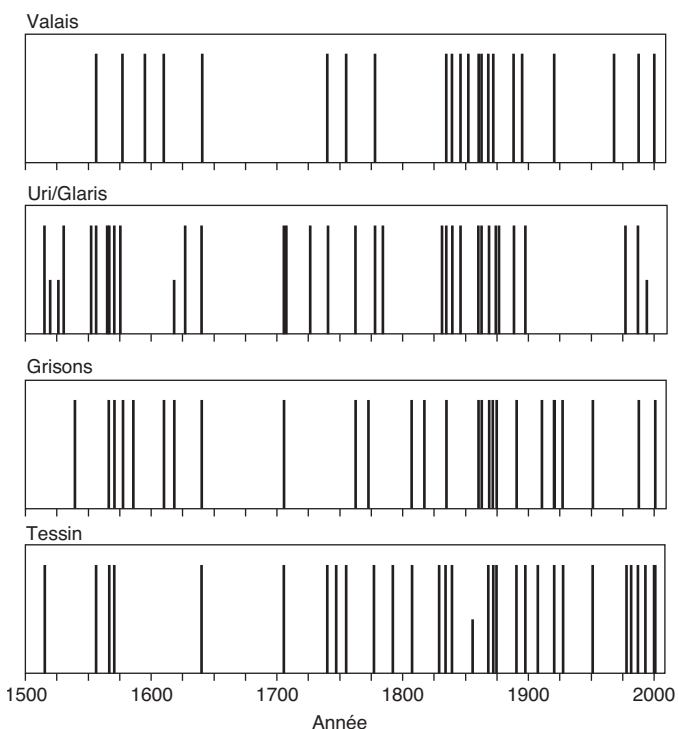


Figure 7: Inondations graves (barres courtes) et extrêmes (barres longues) dans les quatre cantons du Gothard (Valais, Uri, Tessin et Grisons) pendant les 500 dernières années. Des inondations sont qualifiées d'extrêmes si elles causent des dégâts dans au moins deux vallées et/ou au-delà des frontières.⁶

- 1 Easterling D. R., G. A. Meehl, C. Parmesan, S. A. Changnon, T. R. Karl, and L. O. Mearns, Climate extremes: Observations, modeling, and impacts. *Science* 289, 2068–2074, 2000.
- 2 Wanner H., S. Brönnimann, C. Casty, D. Gyalistras, J. Luterbacher, C. Schmutz, D. B. Stephenson, and E. Xoplaki, North Atlantic Oscillation – concepts and studies. *Surveys in Geophysics*, 2002.
- 3 Schär C., D. Lüthi, U. Beyerle, and E. Heise, The soil-precipitation feedback: A process study with a regional climate model. *J. Climate* 12, 722–741, 1999.
- 4 Wernli H., S. Dirren, M. Liniger, and M. Zillig, Dynamical aspects of the life-cycle of the winter storm ‘Lothar’ (24–26 December 1999). *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 128, 405–429, 2002.
- 5 Frei C. and C. Schär, Detection probability of trends in rare events: Theory and application to heavy precipitation in the Alpine region. *J. Clim.*, 14, 1568–1584, 2001.
- 6 Pfister C., *Wetternachhersage. 500 Jahre Klimavariationen und Naturkatastrophen 1496–1995*, Haupt Verlag, Berne, 304 S., 1999.
- 7 Somme des écarts par rapport à la température moyenne de 1901 à 1960 pendant les deux mois.
- 8 Une version complète est stockée dans la banque de données Euro-Climhist. Des extraits sont accessibles librement comme version pilote à l’adresse www.euroclimhist.com.
- 9 Pfister C., *Raum-zeitliche Rekonstruktion von Witterungsanomalien und Naturkatastrophen*, vdf, Zurich, 142 S., 1998.
- 10 Schiesser H. H., C. Pfister, and J. Bader, Winter storms in Switzerland North of the Alps 1864/65–1993/94, *Theor. Appl. Climatol.*, 58, 1–19, 1997.
- 11 Glaser R., *Klimageschichte Mitteleuropas. 1000 Jahre Wetter, Klima, Katastrophen*, Primus Verlag, Darmstadt, 227 S., 2001.