

LE CLIMAT SUISSE DES DERNIÈRES DÉCENNIES

Martine Rebetez

1 Les températures à l'échelle du globe

Durant le XX^e siècle, les mesures de température ont montré une augmentation moyenne pour l'ensemble de la surface du globe de +0.7 °C.¹ Cependant, le globe ne se réchauffe pas de manière homogène ou continue, ni dans l'espace, ni dans le temps. La hausse des températures s'est renforcée durant la dernière partie du siècle.² La décennie 1990 s'est montrée de loin la plus chaude et les températures les plus élevées ont été relevées en 1998 et 2005. Le phénomène *El Niño* a contribué au record de 1998 en réchauffant très fortement la partie sud et tropicale du Pacifique.³

Des mesures effectuées depuis plus de quarante ans montrent que l'atmosphère s'est réchauffée jusqu'à une altitude de 8000 mètres.⁴ Le réchauffement touche aussi les océans: on l'a mesuré jusqu'à plus de trois kilomètres de profondeur.⁵

- 1 *Philip D. Jones, Anders Moberg*, Hemispheric and large-scale surface air temperature variations: An extensive revision and an update to 2001, in: *Journal of Climate* 16 (2003), S. 206–223.
- 2 *Anders Moberg, Philip D. Jones*, Trends in indices for extremes in daily temperature and precipitation in central and western Europe, 1901–99, in: *International Journal of Climatology* 25 (2005), S. 1149–1171.
- 3 IPCC 2007, *Climate change 2007: Synthesis Report, Summary for Policymakers*, Cambridge [www.ipcc.ch].
- 4 Ibid.
- 5 *Sydney Levitus, John I. Antonov, Timothy P. Boyer, Cathy Stephens*, Warming of the world ocean, in: *Science* 287 (2000), S. 2225–2229; *Tim P. Barnett, David W. Pierce, Reiner Schnur*, Detection of anthropogenic climate change in the world's oceans, in: *Science* 292 (2001), S. 270–274; *Sarah T. Gille*, Warming of the Southern Ocean since the 1950s, in: *Science* 295 (2002), S. 1275–1277.

A l'échelle du globe, les températures ont commencé à se réchauffer depuis le milieu du XIX^e siècle, mais principalement durant deux périodes du XX^e siècle, d'une part de 1920 à 1945, et d'autre part dès 1975.⁶ De 1945 à 1975, le réchauffement s'est poursuivi dans l'hémisphère Sud, mais pas dans l'hémisphère Nord, qui a subi au contraire un léger refroidissement, spécialement dans les zones qui s'étaient beaucoup réchauffées avant 1945. Dès les années 1980, l'hémisphère Nord s'est réchauffé à nouveau davantage que l'hémisphère Sud.⁷

Les recherches les plus récentes montrent que le réchauffement a probablement déjà débuté vers le milieu plutôt que vers la fin du XIX^e siècle, ce que confirmerait le recul de la plupart des glaciers de montagnes, qui s'est engagé approximativement à cette époque.⁸

Géographiquement, on constate que le contraste se renforce entre les régions océaniques et les régions continentales, qui se réchauffent davantage. Or l'hémisphère Nord comprend beaucoup plus de régions continentales que l'hémisphère Sud. Ce contraste est très net depuis les années 1970: les régions situées aux latitudes moyennes à hautes de l'hémisphère Nord (environ 35 à 65°N) se sont réchauffées dans des proportions particulièrement élevées, spécialement depuis les années 1980.

En moyenne planétaire, il faut s'attendre à un réchauffement de l'ordre de +3°C à +4°C d'ici l'an 2100.⁹ Toutefois, certaines recherches récentes montrent que ces valeurs pourraient encore être nettement sous-estimées.¹⁰ L'ampleur des incertitudes repose non seulement sur les inconnues qui régissent les mécanismes complexes d'interactions du système climatique, mais surtout sur la façon dont le monde va évoluer dans les années qui viennent. L'un des paramètres les plus importants concerne les quantités de gaz à effet de serre qui vont être émises ces prochaines décennies.

2 Les températures en Suisse

La Suisse se situe dans une vaste région, allant du nord de l'Espagne au nord de la Russie, où les températures ont augmenté dans des proportions plus importantes que la moyenne du XX^e siècle, en particulier durant les dernières décennies

6 Note 2.

7 Ibid.

8 *Christian Vincent, Emmanuel Le Meur, Delphine Six, Martin Funk*, Solving the paradox of the end of the Little Ice Age in the Alps, in: *Geophysical Research Letters* 32 (2005).

9 Note 3.

10 *Christoph Schaer, Pier Luigi L. Vidale, Daniel Lüthi, Christoph Frei, Christian Häberli, Mark A. Liniger, Christof Appenzeller*, The role of increasing temperature variability in European summer heatwaves, in: *Nature* 427 (2004), S. 332–336.

(cf. graphique).¹¹ D'autres régions du globe, de surfaces plus réduites, se sont réchauffées autant et même davantage – c'est le cas du Nord de la Chine ou du Canada – tandis que certaines se sont réchauffées dans des proportions moindres.¹²

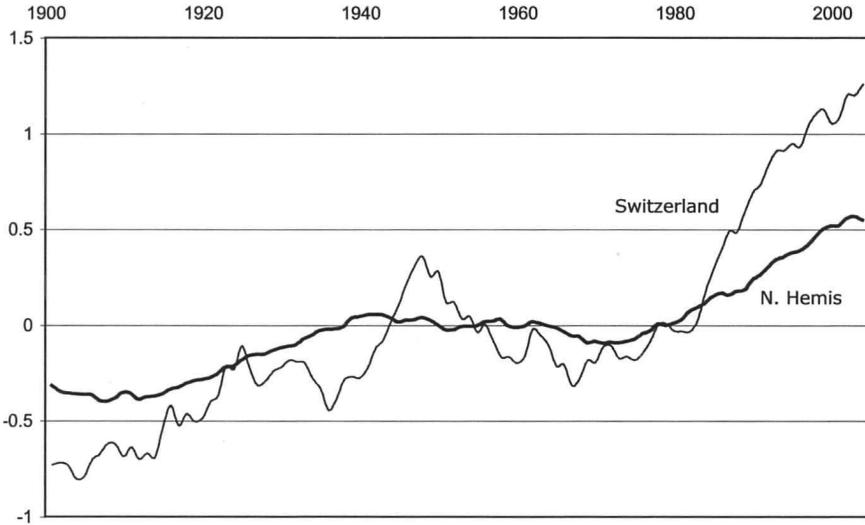


Fig. 1: Température en Suisse et dans l'hémisphère Nord depuis 1901 (adapté de Martine Rebetez et Michael Reinhard, 2008)

En Suisse, au XX^e siècle, les températures ont augmenté de 1.3 à 1.7°C en cent ans au nord des Alpes, de 1.0°C au sud, et l'augmentation se poursuit en ce début de XXI^e siècle.¹³ Le réchauffement s'est opéré principalement dans les années 1920 et 1940, ainsi que durant les deux dernières décennies, les années 1990 battant tous les records, en Suisse comme sur l'ensemble du globe.¹⁴ Il est probable qu'avec la poursuite du réchauffement actuel, la première décennie du XXI^e siècle s'avère plus chaude encore. La période 1950 à 1980 s'est montrée très stable et près de la moitié du réchauffement intervenu sur l'ensemble du siècle s'est opéré depuis 1980.¹⁵ Dans la comparaison des différentes valeurs publiées concernant l'augmentation de la température, il faut porter une attention particulière à la période concernée car le réchauffement s'accélère depuis le début des mesures. Il est

11 Martine Rebetez, Michael Reinhard, Monthly air temperature trends in Switzerland 1901–2000 and 1975–2004, in: Theoretical and Applied Climatology 91 (2007), S.27–34.

12 Note 3.

13 Note 11.

14 Note 1, 2, 11.

15 Note 2, 11.

courant de mesurer des augmentations de l'ordre de 0.5 °C par décennie si l'on se base sur des séries débutant dans les années 1970 ou 1980 seulement, alors que celles qui comportent des données remontant à 1864 afficheront des tendances de l'ordre de 1 °C par 100 ans, soit en moyenne 0.1 °C par décennie,¹⁶ car on répartit alors le fort réchauffement des dernières décennies sur une période beaucoup plus longue au début de laquelle les températures étaient beaucoup plus stables. Pour la période 1975–2004, par exemple, le réchauffement atteint 0.57 °C par décennie en Suisse.¹⁷

Les conséquences de l'augmentation des températures dépendent du franchissement de certains seuils: par exemple, pour la santé humaine, ce n'est pas tant la hausse de la moyenne qui risque de poser problème que les vagues de chaleur ou le nombre de jours dépassant un seuil.¹⁸ Celui-ci peut être disproportionné par rapport à la moyenne en raison de modifications dans la variabilité du paramètre, c'est ce qui semble se confirmer pour les températures estivales.¹⁹

3 Les précipitations à l'échelle globale

À l'échelle du globe, on observe, au cours du XX^e siècle, une augmentation des précipitations de 2.4%.²⁰ Ce phénomène va se renforcer dans les années à venir en raison du renforcement du cycle de l'eau, lié à la hausse des températures. Le réchauffement dû à l'accroissement des gaz à effet de serre s'accompagne par ailleurs d'un refroidissement de la partie supérieure de la troposphère (la *troposphère* est la couche s'étendant de la terre jusqu'à une limite appelée *tropopause*, à environ 10–12 km d'altitude), soit la partie de l'atmosphère située à une altitude de 8–12 km. On s'attend à ce que ce contraste renforcé entre les températures de la partie inférieure et supérieure de la troposphère contribue à un accroissement de l'instabilité et donc des précipitations.²¹

16 Michael Begert, Thomas Schlegel, Walter Kirchhofer, Homogeneous temperature and precipitation series of Switzerland from 1864 to 2000, in: *International Journal of Climatology* 25 (2005), S. 65–80.

17 Note 11.

18 Martine Rebetez, Summer 2003 maximum and minimum daily temperatures over a 3300 m altitudinal range in the Alps, in: *Climate Research* 27 (2004), S. 45–50; Martine Rebetez, Helmut Mayer, Olivier Dupont, Dirk Schindler, Karl Gartner, Jürgen Kropp, Annette Menzel, Heat and drought 2003 in Europe: a climate synthesis, in: *Annals of Forest Sciences* 63 (2006), S. 569–577: in press.

19 Note 10.

20 Note 3.

21 Ibid.

Cette modification moyenne globale s'inscrit de manière très contrastée à l'échelle locale ou régionale, par de nettes augmentations ou diminutions des précipitations. De plus, les précipitations supplémentaires ou déficitaires ne se répartissent pas nécessairement de manière égale entre les saisons.²² Ce qui rend l'analyse encore plus difficile, c'est le fait que bien souvent, les tendances à long terme sont difficilement lisibles dans les contrastes énormes observés d'une année à l'autre et typiques des données de précipitations.

Certaines régions du monde vivent déjà, et continueront à vivre avec des diminutions de précipitations tandis que des régions voisines, dans le même temps, subiront des augmentations. Par exemple, en Asie du Sud, on s'attend simultanément à des moussons plus intenses à l'est et moindres à l'ouest.²³

Plus généralement, les accroissements les plus importants ont été observés dans l'hémisphère Nord, aux latitudes moyennes et élevées (approximativement à partir de la latitude de la Suisse et plus au nord). On y a mesuré une augmentation moyenne des précipitations d'environ 10 % au XX^e siècle. C'est surtout au Canada que la progression est importante alors qu'en Afrique du Nord on assiste depuis la fin des années 1960 à un accroissement très net de la sécheresse (au sud du Sahara, tout particulièrement à l'ouest du continent).²⁴

4 Les précipitations en Suisse

En Suisse, si l'on observe nettement des modifications saisonnières et des modifications des valeurs extrêmes, on distingue peu d'augmentation ou de diminution de la somme des précipitations annuelles. Les différences sont et ont toujours été très importantes d'une année à l'autre. S'il pleut approximativement un mètre d'eau chaque année sur le Plateau suisse, les quantités annuelles peuvent varier de plus du simple au double. Par exemple, à Viège, on mesurait seulement 306 mm en 1921 contre 795 mm en 1922, selon les relevés de MétéoSuisse.

Dans le contexte d'une telle variabilité, il est bien sûr difficile de détecter un faible pourcentage dans la tendance annuelle des précipitations. En fait, quoi qu'il en soit, de telles variations ne risquent guère de porter à conséquence dans une région comme la Suisse: ce qui a de l'importance, c'est la saison à laquelle les précipitations se produisent, leur forme – pluie ou neige – et, surtout, la part des extrêmes entre précipitations intenses et sécheresses.

En Suisse, indépendamment du changement climatique, la relation entre température et précipitations n'est pas la même selon la saison. Les étés les plus frais

22 Ibid.

23 Ibid.

24 Ibid.

sont aussi les plus pluvieux, autant en termes de quantité qu'en termes de fréquence, et les étés les plus chauds sont aussi les plus secs.²⁵ En revanche, en hiver, indépendamment de la forme des précipitations, il faut distinguer entre la plaine et la montagne. En plaine, plus les températures sont douces et plus l'hiver est arrosé, tandis que plus elles sont basses et plus les précipitations sont faibles:²⁶ en effet, généralement, les températures les plus basses correspondent à des périodes de hautes pressions durant lesquelles l'air froid s'installe sur le Plateau, souvent surmonté d'un couvercle de stratus persistant qui empêche le rayonnement solaire de passer ; les périodes plus douces sont celles qui voient un afflux d'air océanique lié au passage de perturbations et à des précipitations.

En montagne, c'est l'inverse: plus les températures sont douces en hiver, moins il y a de précipitations.²⁷ Les périodes les plus douces en altitude sont souvent celles qui voient l'installation d'une haute pression et d'un temps bien ensoleillé. Ce fut en particulier le cas durant les hivers au tournant des années 1990: de l'air très doux s'installait pendant plusieurs semaines sur les Alpes qui manquaient de neige, au point de porter préjudice à la pratique des sports d'hiver.

S'agissant de changements saisonniers en lien avec le réchauffement climatique, certaines modifications dans les précipitations s'observent déjà. Au cours du XX^e siècle, on a mesuré une augmentation significative des précipitations hivernales. C'est le cas pour l'ensemble de l'Europe centrale et pour la Suisse, où elle atteint 15 à 20 % en un siècle.²⁸ Elle apparaît la plus forte sur l'ouest et le nord du pays.²⁹ L'hiver reste toutefois de loin une saison moins pluvieuse que l'été, en Suisse, à l'exception d'une petite région au sud du Valais.³⁰

Pour les autres saisons, les tendances observées en Suisse marquent une diminution en été (à l'exception de l'est du pays), particulièrement quant à la fréquence des précipitations, et une augmentation en automne (à l'exception du sud des Alpes) et au printemps.³¹ Mais les valeurs sont encore souvent peu significatives, en raison de la grande variabilité interannuelle.

25 Martine Rebetez, Seasonal relationship between temperature, precipitation and snow cover in a mountainous region, in: *Theoretical and Applied Climatology* 54 (1996), S. 99–106.

26 Ibid.

27 Ibid.

28 Jürg Schmidli, Christoph Schmutz, Christoph Frei, Heinz Wanner, Christoph Schär, Mesoscale precipitation variability in the region of the European Alps during the 20th century, in: *International Journal of Climatology* 22 (2002), S. 1049–1074.

29 Christoph Frei, Christoph Schär, A precipitation climatology of the Alps from high-resolution rain-gauge observations, in: *International Journal of Climatology* 18 (1998), S. 873–900; note 28.

30 Pierre-Alain Baeriswyl, Martine Rebetez, Regionalization of precipitation in Switzerland by means of principal component analysis, in: *Theoretical and Applied Climatology* 58 (1997), S. 31–41.

31 Note 28.

En Suisse, la part des extrêmes, dans les précipitations, a déjà changé de manière significative.³² D'un côté, on voit augmenter les précipitations intenses, se produisant sur quelques heures ou quelques jours. De l'autre, les sécheresses se sont aussi intensifiées et sont devenues plus fréquentes, en particulier au Tessin, de novembre à mars: les périodes de deux à trois mois durant lesquels il tombe au total un maximum de 10 mm d'eau sont devenues plus fréquentes, surtout depuis les années 1980.³³ A cette période de l'année, l'absence de précipitations, conjuguée avec des épisodes de fœhn, accroît le risque de feux de forêts.³⁴ Dès la mi-août, durant l'automne et l'hiver, la fréquence des précipitations intenses a nettement augmenté dans toute la Suisse.³⁵ Pour le printemps, on n'observe pas de tendance homogène.³⁶

Les résultats de l'ensemble des modèles régionaux montrent qu'en Europe, en hiver, l'augmentation des températures sera accompagnée d'un accroissement des événements de précipitations extrêmes au nord d'une latitude d'environ 45 °N, tandis qu'il n'y aura pas de changement ou même une diminution de ces événements au sud de cette limite.³⁷ Au nord de l'Europe, à la fin du XXI^e siècle, la valeur correspondant à un événement d'une durée de retour de 20 ans correspondra à celle d'une durée de retour de 40–100 ans actuellement.³⁸ Les prévisions pour l'été sont encore contradictoires entre les modèles. Toutefois, tous semblent s'accorder sur des changements accrus au niveau des extrêmes, indépendamment de l'évolution des moyennes.³⁹

Indépendamment de l'accroissement des précipitations extrêmes, l'augmentation des températures, et donc de l'altitude de la neige, est susceptible d'accroître la portée des événements de fortes précipitations: lorsque la limite des chutes de neige reste basse, une partie des précipitations est stockée sous forme de neige et ne participe momentanément pas à l'augmentation du débit. Ainsi, le décala-

32 *Christoph Frei, Christoph Schär, Daniel Lüthi, Huw C. Davies*, Heavy precipitation processes in a warmer climate, in: *Geophysical Research Letters* 25 (1998), S. 1431–1434; *Christoph Frei, Christoph Schär*, Detection probability of trends in rare events: Theory and application to heavy precipitation in the Alpine region, in: *Journal of Climate* 14 (2001), S. 1568–1584.

33 *Martine Rebetez*, Twentieth century trends in droughts in southern Switzerland, in: *Geophysical Research Letters* 26 (1999), S. 755–758; *Michael Reinhard, Martine Rebetez, Rodolphe Schläepfer*, Recent climate change: Rethinking drought in the context of Forest Fire Research in Ticino, South of Switzerland, in: *Theoretical and Applied Climatology* 82 (2005), S. 17–25.

34 Note 33.

35 Note 32.

36 Ibid.

37 *Christoph Frei, Regina Schöll, Sophie Fukutome, Jürg Schmidli, Pier Luigi Vidale*, Future change of precipitation extremes in Europe: Intercomparison of scenarios from regional climate models, in: *Journal of Geophysical Research-Atmospheres* 111 (2006).

38 Ibid.

39 Ibid.

ge général de la limite des précipitations neigeuses, qui va se poursuivre au cours du XXI^e siècle, augmente, à précipitations égales, la quantité d'eau susceptible de contribuer immédiatement à des crues dans les vallées.

Même si de nombreux indicateurs concordent pour montrer que les périodes comportant peu de précipitations sont en augmentation, il est difficile de démontrer des tendances significatives en raison de la forte variabilité de ce paramètre. En revanche, il apparaît clairement que l'augmentation des températures constitue en soi un facteur d'augmentation des situations de sécheresse,⁴⁰ car les températures élevées impliquent une évaporation accrue. Les régions où les épisodes de sécheresse constituent un problème seront donc inévitablement davantage concernées par le manque d'eau à l'avenir, en raison de l'augmentation des températures, et cela même sans diminution des précipitations. En Suisse, la vallée du Rhône et particulièrement le Haut-Valais seront concernés, surtout en été mais aussi sur l'ensemble de l'année, ainsi que le Tessin en hiver et au début du printemps.

5 L'enneigement

Si l'on considère la hauteur de la neige au sol sur une saison, plus on se situe à basse altitude et plus la valeur va dépendre de la température, alors que si l'altitude est élevée, cette interdépendance faiblit au profit d'un lien renforcé avec les précipitations. En Suisse, en dessous d'une altitude approximative de 1500 m, les hivers aux températures douces connaissent un enneigement généralement faible. Au-dessus de 2000 m, les hivers les plus enneigés sont ceux qui bénéficient des plus grandes quantités de précipitations, mais pas forcément des températures les plus basses. Au-dessus de 2000 ou 2500 m, la quasi-totalité des précipitations de décembre à mars tombent sous forme de neige, quelle que soit la température, qui ne joue donc guère de rôle à cette altitude, du moins pour l'instant. Les précipitations varient beaucoup d'une année à l'autre, c'est surtout leur grand potentiel de variabilité que l'on mesure dans l'enneigement.

A haute altitude, l'enneigement n'a guère changé dans les Alpes au cours du dernier siècle, mais il a nettement diminué à basse et moyenne altitude, ce qui n'a pas empêché quelques saisons très enneigées jusqu'en plaine comme l'hiver 2008–2009 par exemple.

40 Richard T. Wetherald, *Synkuro Manabe*, Simulation of hydrologic changes associated with global warming, in: *Journal of Geophysical Research-Atmospheres* 107 (2002), S. 4379–4394; Aiguo G. Dai, Kevin E. Trenberth, Taotao Qian, A global dataset of Palmer Drought Severity Index for 1870–2002: Relationship with soil moisture and effects of surface warming, in: *Journal of Hydrometeorology* 5 (2004), S. 1117–1130; Neville Nicholls, The changing nature of Australian droughts, in: *Climatic Change* 63 (2004), S. 323–336.

6 Ailleurs dans le monde

L'enneigement diminue sur l'ensemble de la planète, de manière bien visible depuis le milieu du XX^e siècle et surtout depuis les années 1980. La surface et l'épaisseur de la glace aussi diminuent, dans les Alpes, dans les Andes, dans l'Himalaya ou dans l'Arctique. Cette fonte est actuellement beaucoup plus rapide que ce que l'on avait prévu jusqu'ici, et l'on vient de réviser les estimations de la montée du niveau des mers: on évalue aujourd'hui l'augmentation du niveau des océans entre un et deux mètres d'ici la fin du XXI^e siècle. C'est énorme et cela ne manquera pas d'avoir des conséquences dans le monde entier, bien au-delà des régions directement concernées.⁴¹

41 Pour aller plus loin en français ou en allemand: *Martine Rebetez*, *Helvetien im Treibhaus*, Berne 2006; *Martine Rebetez*, *La Suisse se réchauffe*. PPUR – Le Savoir Suisse, Lausanne 2006.