

Le climat devient-il plus extrême?

Enormes avalanches en février, grosses inondations en mai, ainsi que "Lothar", la tempête dévastatrice, en décembre 1999: trois événements extrêmes la même année en Suisse. La fréquence des événements extrêmes a-t-elle augmenté, et de tels bouleversements sont-ils une conséquence du changement climatique global?

Les statistiques sont actuellement insuffisantes pour répondre à de telles questions: les données disponibles ne permettent pas de mettre en évidence un changement qui influence des événements qui se produisent tous les cinquante à cent ans. Il est néanmoins possible d'établir une nette tendance à la hausse, au cours du siècle écoulé, d'événements intenses plus fréquents (ceux qui, jusqu'ici, survenaient en moyenne une fois par mois).

De plus, nos connaissances en matières de phénomènes météorologiques actifs permettent d'entrevoir un éventuel lien entre le changement climatique et les événements extrêmes. Selon l'état actuel des connaissances, il semblerait que la probabilité d'occurrence de certains événements météorologiques extrêmes augmente lorsque le climat se réchauffe. Toutefois, un tel événement pris de manière isolée est toujours la conséquence à court terme de divers facteurs qui agissent simultanément.

Chercher à savoir dans quelle mesure le changement climatique a une influence sur les événements extrêmes revient un peu à jouer avec des dés pipés. Supposons que vous jouiez régulièrement aux dés. A un moment donné, vous avez l'impression que le chiffre six sort plus souvent qu'avant. Est-ce le fruit du hasard, ou quelqu'un a-t-il pipé les dés?

Il y a deux approches pour répondre à cette question: l'une est statistique, l'autre consiste à examiner soigneusement les dés. Au niveau statistique, la situ-

ation pourrait se présenter comme suit: la probabilité d'obtenir un total de 18 avec trois dés (trois fois 6) est à peu près de 0,5% ($1/6 \times 1/6 \times 1/6$). Cela se présente par exemple 1.2 fois au cours d'un jeu totalisant 260 jets de dés: dans un tel jeu, il serait donc "normal" qu'un triple six sorte entre zéro et deux fois. La probabilité que cela se produise plus de deux fois est d'environ 12%. Ceci ne correspond donc pas non plus à un événement très rare, mais peut néanmoins susciter chez les joueurs l'impression d'une augmentation de la chance. On constate donc qu'on ne peut pas conclure statistiquement à un changement en se basant sur une accumulation unique, il faudrait pour cela répéter de très nombreuses fois l'opération.

La seconde approche, l'expertise des dés, montre que deux des dés ont des arêtes arrondies du côté du six. Il semble donc possible que, du point de vue de la physique, le dé puisse continuer à tourner quand le six se trouve en dessous. Il n'est donc pas possible de "démontrer" statistiquement que l'accumulation des six est favorisée par l'asymétrie des dés. Mais il y a néanmoins, au niveau physique, un soupçon fondé. A quoi s'ajoute la question de savoir si les arêtes ont été arrondies volontairement, pour piper le dé, ou s'il s'agit seulement d'une usure "naturelle".

Les "dés climatiques" complexes

Au niveau statistique, la recherche sur le climat est confrontée à des questions semblables, mais le contexte est bien plus difficile: d'abord, il y a de très nombreux "dés" différents (par exemple la répartition de l'humidité dans l'atmosphère, les courants atmosphériques, l'utilisation du sol, les courants océaniques, l'étendue de la banquise etc.); ensuite, ces "dés" ont tous plus ou moins des "arêtes arrondies"; et enfin, les chiffres ont des décimales et

ne sont pas toujours limités vers le haut et le bas. Par ailleurs, on ne perçoit jamais que le résultat global, soit la somme des dés, sans savoir exactement quel nombre provient de quel dé. Une accumulation d'événements pourrait être l'expression d'une tendance certes croissante, mais possible aussi dans des conditions climatiques "non pipées".

Les événements extrêmes deviennent-ils plus nombreux?

Selon des estimations théoriques, un changement de la fréquence d'événements survenant en moyenne tous les cent jours ne peut être démontré statistiquement que si leur probabilité a varié au moins d'un facteur 2, donc doublé, en cent ans. Il faut même que cette probabilité ait varié d'un facteur 3 s'il s'agit d'événements survenant une fois par année, et d'un facteur 10 à 20 pour des événements provoquant des dégâts importants (qui surviennent en Suisse à des intervalles de quelques années).

Les séries de mesures disponibles ne remontent guère au-delà d'une centaine d'années, il en va de même d'une influence humaine substantielle. Par conséquent il n'y a pas moyen de fournir une preuve statistique pour les événements extrêmes. Une fréquence décuplée est, fort heureusement, très improbable. Aussi ne sera-t-il pas possible non plus, au cours des prochaines décennies, de faire des pronostics sur les événements extrêmes capables de provoquer de sérieux dommages à l'échelle régionale. On peut songer en revanche à mettre en évidence une tendance à l'échelle planétaire, où les événements extrêmes sont alors plus fréquents, pour autant que cette tendance se manifeste sur des surfaces géographiques étendues.

Des pronostics sont néanmoins possibles pour des événements intenses moins rares, survenant tous les quelques mois: les observations du climat en Suisse indiquent que les précipitations intenses, qui surviennent en moyenne tous les trente jours, ont augmenté de manière substantielle depuis le début du 20e siècle. En hiver et en automne, cette augmentation se situe entre 20 et 80%. Pris de manière isolée, ces changements ne démontrent toujours pas de liens de cause à effet par rapport au changement climatique global, et ne sont pas non plus nécessairement représentatifs des précipitations extrêmes. Mais des observations comparables dans de nombreuses autres régions des moyennes latitudes, et surtout nos connaissances de la physique liée au cycle hydrologique dans un environnement plus chaud, rendent plausible un tel lien.

Davantage de chaleur - d'humidité - d'énergie

Les "dés climatiques" affichent-ils des traces d'une influence humaine? Un indice est incontestable: la croissance de la concentration en CO₂ et, par conséquent, de l'effet de serre dans l'atmosphère. Mais qu'en est-il des événements extrêmes? L'état actuel de nos connaissances sur les processus physiques dans l'océan et l'atmosphère nous donnent effectivement quelques éléments de réponse. La possibilité d'un renforcement d'événements extrêmes à cause du réchauffement global découle notamment de ce qu'une atmosphère plus chaude contient davantage d'énergie.

L'augmentation de la température stimule l'évaporation de l'eau, ce qui fournit davantage de chaleur latente (énergie, qui est restituée lors de la condensation de la vapeur) dans l'atmosphère. Cette énergie peut d'une part agir sur la dynamique de systèmes météorologiques tels que les zones de basse pression, les fronts, les orages ou encore les cyclones tropicaux. D'autre part, cette situation peut donner naissance à de fortes rétroactions sur le cycle hydrologique: des simulations de modèles climatiques globaux indiquent que l'humidité absorbée par l'atmosphère peut augmenter de 7% par degré de réchauffement, et ainsi renforcer le cycle hydrologique. Ceci peut alors conduire à un accroissement des précipitations, surtout aux moyennes et hautes latitudes, et pendant la période hivernale. Des simulations pour l'Europe indiquent par ailleurs que des précipitations plus abondantes provoquées par un cycle hydrologique plus actif ne sont pas réparties sur des épisodes de pluie plus longs ou sur de plus vastes régions. C'est bien davantage leur intensité qui augmente: les calculs pour un réchauffement de 2 degrés indiquent une augmentation de 20-40% des fortes précipitations. Comme mentionné plus haut, c'est précisément ce que montrent les analyses statistiques des observations climatiques à long terme en Suisse.

Une intensification du cycle hydrologique pendant les mois d'hiver pourrait avoir des effets surtout sur le flanc sud des Alpes. Les précipitations du climat actuel y sont particulièrement intenses en automne, en raison de l'apport d'air humide de la Méditerranée. Mais elles pourraient encore s'intensifier à l'avenir dans un climat plus chaud. Les crues d'hiver pourraient également subir l'influence d'une telle évolution. Quant aux orages d'été, il n'est pour l'instant pas possible d'établir des prévisions quant à leur évolution future.

Courants atmosphériques modifiés?

Les vitesses des vents et l'incidence des tempêtes ne dépendent pas tellement des températures absolues, mais bien plus des contrastes de températures au niveau régional. Il est très difficile d'estimer comment ceux-ci se modifient sous l'effet d'un réchauffement de l'atmosphère. D'une part, on s'attend à ce que les régions polaires se réchauffent davantage que les zones tropicales, ce qui représenterait une décroissance de l'écart de température entre l'équateur et les pôles. D'un autre côté on pourrait aussi assister à un changement du régime des courants atmosphériques: quand les écarts de températures sont très marqués entre le nord et le sud de l'hémisphère, l'échange thermique s'effectue par la biais de puissantes avancées d'air froid, tandis que les vents restent généralement faibles; lorsque les températures sont plus équilibrées, la frontière entre les masses d'air polaires et tropicales tend à se déployer d'ouest en est, avec une prédominance des vents d'ouest. Il peut alors s'ensuivre de grandes différences de température à l'échelon régional. Pas plus les simulations effectuées jusqu'ici que les statistiques ne permettent de dire quels effets domineront à l'avenir, ni si les régimes de vent

d'ouest, qui sont en Suisse à l'origine des vitesses de vent les plus élevées (nous leur devons notamment "Lothar"), deviendront effectivement plus fréquents.

Risques modifiés

Même dans cinquante ans, les observations ne permettront ni de démontrer ni d'exclure un changement du risque climatique à l'échelon national. Le nombre d'événements continuera d'y être le produit du hasard, même si leur probabilité s'est déjà fortement modifiée. Ce sera d'abord à l'échelon global et continental que les effets d'un risque modifié pourront être constatés. A cette échelle, des écarts pourraient bientôt se démarquer des variations aléatoires du climat. Les compagnies de réassurance opérant au niveau planétaire pourraient bien être les premières à percevoir une telle évolution.

Le nombre d'événements extrêmes que l'on a vécu récemment est peut-être le simple fruit du hasard; cependant, tant nos connaissances de la physique du climat que nos observations de l'évolution actuelle des événements un peu moins rares renforcent nos soupçons que le réchauffement global pourrait bien être l'un des moteurs de cette évolution.

Personnes de contact:

Prof. Martin Beniston, Institut de Géographie, Université de Fribourg, Pérolles, CH-1700 Fribourg, tél. 026-300 90 11, fax : 026-300 97 46, e-mail: martin.beniston@unifr.ch

Dr. Christoph Frei, Institute for Climate Research, ETH Zürich, Winterthurerstr. 190, 8057 Zürich, tél: 01-635 52 32, fax: 01-362 51 97, e-mail: christoph.frei@geo.umnw.ethz.ch

Prof. Christoph Schär, Institute for Climate Research, ETH Zürich, Winterthurerstr. 190, 8057 Zürich, tél: 01-635 51 99, fax: 01-362 51 97, e-mail: schaer@geo.umnw.ethz.ch

Prof. Heinz Wanner, Institut de Géographie, Université de Berne, Hallerstr. 12, 3012 Bern, tél: 031-631 88 85, fax: 031-631 85 11, e-mail: wanner@giub.unibe.ch