

OcCC

Organe consultatif sur les changements climatiques
Beratendes Organ für Fragen der Klimaänderung

Événements extrêmes et changements climatiques

Editeur et distribution:

OcCC, Bärenplatz 2, 3011 Berne
tél.: (+41 31) 328 23 23
fax: (+41 31) 328 23 20
e-mail: occc@sanw.unibe.ch

Publié à Berne en Septembre 2003

Numéro ISBN: 3-907630-24-6

Table des matières

Editorial	4
Evénements extrêmes et changements climatiques: état du savoir et recommandations de l'OcCC	7
Eventi estremi e cambiamenti climatici: conoscenze e raccomandazioni dell'OcCC	11
Introduction	15
1^e partie	
Les bases scientifiques	17
1.1. Evénements extrêmes, dangers naturels et catastrophes naturelles: clarification des notions	18
1.2. Observation des changements climatiques et estimation des changements futurs	20
1.3. Evénements extrêmes en Suisse	23
1.3.1. Caractérisation des événements climatiques extrêmes	23
1.3.2. Un aperçu des cinq cents dernières années	25
1.4. La détection des tendances se heurte à des limites	29
1.5. Méthodologie des scénarios climatiques régionaux	32
1.6. Les événements extrêmes dans la perspective de l'être humain	38
1.6.1. Influencer sur les risques et sur les dommages	38
1.6.2. Evolution des dommages dus aux crues, glissements de terrain et avalanches	42
1.6.3. Evolution des dommages de l'assurance contre les éléments naturels	45
1.6.4. Les événements extrêmes dans la perspective du secteur des assurances	49
2^e partie	
L'état des connaissances	53
2.1. Extrêmes de température	54
2.2. Le risque de gel	57
2.3. La sécheresse	60
2.4. Les incendies de forêts	63
2.5. Les fortes précipitations	67
2.6. La grêle	71
2.7. Les crues	75
2.8. Les mouvements de masse: glissements de terrain et éboulements	79
2.9. Les avalanches	83
2.10. Les tempêtes d'hiver	87
Annexes	91
A1. Impressum	92
A2. Crédits photographiques	93
A3. Membres de l'OcCC	94

Depuis quelques années, des crues, des tempêtes extrêmes et de dangereuses avalanches viennent à tout moment nous effrayer. La météo perd-elle la tête?

En 2000, l'Organe consultatif sur les changements climatiques (OcCC) a abordé la question du lien entre l'accumulation de tels événements et les changements climatiques et s'est demandé ce qu'il convenait de faire. Gian-Reto Plattner, qui était alors président, a lancé l'idée d'une publication sur cette question qui intéresse de larges cercles de la population et nombre de journalistes et de décideurs. Décision prise – mission accomplie: la présente publication fait le tour des connaissances scientifiques et des événements météorologiques les plus importants ayant trait à cette question. Quelles conclusions tirer maintenant de ces connaissances et quelles mesures prendre?

En théorie des jeux, le théorème du minimax s'applique aux jeux de hasard pour optimiser un choix de stratégies élémentaires de façon à minimiser le gain maximal de l'adversaire. Dans notre cas, il ne s'agit pas d'un jeu, mais d'un combat contre les caprices présumés de la nature. Les enjeux sont donc considérables et l'aire de jeu englobe le monde entier. La règle du minimax exige de choisir la stratégie qui minimise le plus grand dommage possible. Les décisions politiques devraient se tenir à cette règle. A la différence de la théorie des jeux, ce sont ici des dommages à long terme qu'il s'agit de minorer.

Les scientifiques débattront et feront des recherches encore pendant des décennies sur les causes exactes des changements climatiques. Mais les décideuses et décideurs sont appelés à prendre maintenant des mesures préventives. En page 7 de ce rapport (page 11 en italien), l'OcCC énonce des recommandations sans équivoques. La construction d'ouvrages anti-avalanche, de galeries de protection contre les chutes de pierres, de bassins de rétention et de digues ne suffit pas. Bien sûr ces mesures directes sont nécessaires pour limiter les dommages. Mais il faut prendre en premier lieu les mesures qui, outre leur rôle dans la lutte contre les changements climatiques et dans la protection contre les événements extrêmes, ont des effets positifs aussi dans d'autres domaines. C'est ainsi seulement que la planète Terre sera encore habitable dans un lointain avenir. Tandis que des situations gagnant-gagnant seront créées déjà à court terme, résultant par exemple d'une moindre consommation de combustibles et carburants fossiles ou de la promotion des énergies renouvelables.

Le 9 juillet 2003, la Suisse a apposé sa signature sur le Protocole de Kyoto. C'est un acte politique important, qu'il faut maintenant concrétiser. Il faudra rappeler aux partis et aux représentants de l'économie leurs promesses. La situation est grave. Les belles paroles doivent être suivies d'actes. La présente publication rend compte des risques qui menacent.



Dr Kathy Riklin, conseillère nationale
Présidente de l'OcCC

Evénements extrêmes et changements climatiques: état du savoir et recommandations de l'OcCC

Les membres de l'OcCC

On entend par événements extrêmes des événements météorologiques et naturels rares, qui s'écartent fortement de la moyenne. Ils peuvent causer d'énormes dommages. On parle de catastrophe naturelle lorsque la population touchée ne peut pas maîtriser le sinistre par ses propres forces. Le présent rapport traite des catégories d'événements extrêmes les plus importantes pour la Suisse, à savoir les extrêmes de température, la sécheresse, le gel, les incendies de forêts, les fortes précipitations, la grêle, les crues, les mouvements de masses, les avalanches et les tempêtes d'hiver, et s'interroge sur leur lien avec les changements climatiques.

D'une part, les événements extrêmes et les catastrophes naturelles sont des éléments naturels du climat de montagne. Au cours des millénaires, des glissements de terrain et des inondations ont façonné le paysage et formé les structures caractéristiques de nos vallées et cours d'eau. Même notre infrastructure moderne actuelle ne nous assure qu'une protection incomplète contre les événements extrêmes. Notre civilisation doit souvent se borner à délimiter les zones dangereuses, à prendre à temps des mesures pour atténuer les effets négatifs et à venir rapidement en aide aux victimes.

D'autre part, les dommages que les intempéries ont causés ces dernières décennies en Europe centrale sont énormes. Selon des estimations de la Swiss Re, les dommages causés aux économies nationales par les tempêtes Lothar et Martin se montent à 31 milliards de francs suisses, ceux provoqués en Suisse, France et Italie par les inondations et glissements de terrain d'octobre 2000 à 9 milliards de francs et ceux causés en Europe par les inondations de juillet et août 2002 à 23 milliards de francs (niveau des prix de 2002). Ces chiffres démontrent l'importance considérable des événements extrêmes en Europe et dans l'espace alpin. Si les changements climatiques devaient entraîner des modifications du caractère et de la fréquence des événements extrêmes, ils pourraient se révéler lourds de conséquences.

Etat du savoir

La relation entre climat, événements extrêmes et ampleur des dommages est très complexe et ne peut être étudiée que dans un vaste contexte interdisciplinaire. En l'état actuel du savoir, il est possible de tirer les conclusions générales suivantes:

- La température globale moyenne est montée de $0.6 \pm 0.2^\circ\text{C}$ au cours du siècle dernier. Ce réchauffement est attribuable dans une large mesure aux activités humaines. Pour le 21^e siècle, les modèles climatiques prévoient une croissance accélérée de la température globale près du sol, située entre 1.4°C et 5.8°C . L'ensemble du cycle hydrologique est concerné par ces changements, aussi attend-on des changements prononcés du régime des précipitations.
- La probabilité et la distribution spatiale des événements extrêmes se modifieront graduellement avec les changements climatiques. L'ampleur et le caractère de ces modifications différeront selon le lieu et le type d'événement extrême. Il n'est pas encore possible d'évaluer cette évolution quantitativement.
- On observe actuellement une accumulation de catastrophes naturelles. Cette accumulation pourrait être due au hasard, provenir de variations naturelles à long terme du climat ou être la conséquence de changements climatiques provoqués par l'être humain. Pour des raisons fondamentales, il est difficile, voire impossible de démontrer ou d'exclure une tendance de la fréquence d'événements extrêmes rares sur une base statistique fiable. Il est possible que des changements à long terme ayant trait à des événements extrêmes ne soient détectables que lorsqu'ils auront atteint une ampleur considérable et fait de gros dégâts.
- Par contre, il est possible d'obtenir des données statistiques sur les tendances d'événements «intenses». On peut montrer par exemple que les fortes précipitations (qui ne causent en général pas de dommages) ont nettement augmenté depuis le début du siècle.

cle. La pluviométrie est également nettement en hausse depuis le début du siècle sur presque tout le territoire suisse. Bien que ces résultats ne puissent pas être transposés directement aux événements extrêmes, ils constituent néanmoins un indice des changements sensibles que le cycle hydrologique a subis ces derniers cent ans.

- La compréhension actuelle des processus permet d'admettre que la fréquence et l'intensité de certains événements extrêmes (vagues de chaleur, fortes précipitations et crues pendant le semestre d'hiver, sécheresse en été au sud des Alpes et dans les vallées intra-alpines, glissements de terrain) augmenteront sous l'influence des changements climatiques. Cette crainte est étayée aussi par des simulations au moyen de modèles du climat. En outre, la fréquence des jours de gel et des vagues de froid diminuera.
- A part les facteurs climatiques, des changements sociaux détermineront aussi l'évolution future des dangers découlant des événements extrêmes. La concentration croissante de bâtiments et d'infrastructures jusque dans des zones exposées a eu par le passé des répercussions notables sur les montants des dommages. Des changements futurs de l'utilisation du territoire pourraient atténuer ou renforcer les facteurs strictement climatiques.

Recommandations de l'OcCC

De l'avis de l'OcCC, les politiques, l'Administration, l'économie et les scientifiques doivent intervenir au niveau des mesures de protection contre les événements extrêmes, à celui des mesures contre les changements climatiques dus aux activités humaines et à celui de la communication.

La planification et la mise en œuvre des mesures doivent tenir compte de l'évolution dynamique des menaces et se dérouler dans le sens du développement durable (écologique, économique, social). Il faut privilégier des mesures qui, outre leur effet contre les changements climatiques et de protection contre les événements extrêmes, ont aussi des retombées positives dans d'autres domaines (win-win) et laissent, une fois prises, une marge de manœuvre aussi grande que possible (flexibilité).

(a) Mesures de protection contre les événements extrêmes

La nécessité d'agir pour se protéger des événements extrêmes est donnée aussi sans changements climatiques, en raison de la concentration croissante de biens toujours plus vulnérables et d'un besoin de sécurité allant en augmentant. Dans la prise de conscience des changements climatiques, les menaces, les objectifs de protection et les risques résiduels admis devraient être adaptés périodiquement aux conditions changeantes. Il faudrait aussi envisager des solutions aussi flexibles que possible. A moyen terme, des méthodes d'évaluation et de planification devront être développées, qui soient en mesure de quantifier le danger résultant d'un climat changeant.

Un renforcement des mesures s'impose pour se protéger contre des événements sur l'évolution desquels il est possible aujourd'hui déjà d'obtenir des données qualitatives:

- Fortes précipitations, crues et glissements de terrain: Le niveau actuel de compréhension des processus et les modélisations font attendre une augmentation de l'intensité des fortes précipitations et une accélération des débits des cours d'eau pendant le semestre d'hiver. Elles devraient être prises en considération dans l'évaluation des risques, la planification des mesures de protection (reforestations, ouvrages de protection, surfaces de rétention) et l'aménagement du territoire. Il faut tenir compte aussi des changements qui pourraient survenir jusqu'à l'horizon temporel de la mesure planifiée. Il en va de même pour évaluer des zones menacées par les glissements de terrain.
- Vagues de chaleur: Les changements climatiques pourraient entraîner des extrêmes de température plus élevés. Il faut s'attendre à une augmentation des décès liée à l'apparition de températures extrêmement hautes. Des mesures ayant trait aux bâtiments (p.ex. pare-soleil, isolation, écran de verdure) peuvent améliorer le confort et l'efficacité énergétique. Les extrêmes de température plus élevés stressent le milieu aquatique, la végétation et la faune.
- Permafrost: Le réchauffement provoquera un recul du permafrost. La stabilité des pentes diminuera dans les régions concernées. Les pentes et les bâtiments doivent y être surveillés.

- **Gel:** La fréquence des jours de gel diminuera probablement avec les changements climatiques. Comme les effets dépendent aussi bien de la température que de l'évolution de la végétation, on ne sait pas au juste vers quoi ils évolueront à l'avenir. De façon générale, le risque de dégâts de gel devrait diminuer si l'on maintient la date des semailles ou de la plantation.

Il n'est pas possible pour l'heure de fournir des précisions sur l'évolution future des sécheresses, des incendies de forêt, du föehn, des tempêtes d'hiver, de la grêle et des avalanches. Il importe de suivre attentivement les progrès de la recherche dans ces domaines.

(b) Mesures contre les changements climatiques provoqués par l'être humain

Des incertitudes notables subsistent quant aux interactions, au déroulement, à l'orientation et à l'ampleur des changements climatiques et des événements extrêmes. Les décisions en cas d'incertitude devraient s'appuyer sur la règle du minimax, selon laquelle il faut choisir la stratégie qui minimise le plus grand dommage possible.

Les efforts contre les causes des changements climatiques provoqués par l'être humain doivent être poursuivis et coordonnés à l'échelon national et international entre la recherche, l'Administration, l'économie et la politique. Du point de vue scientifique, une réduction des émissions de gaz à effet de serre au niveau d'avant 1950 est nécessaire à long terme. Le Protocole de Kyoto est un pas important en vue de coordonner les efforts internationaux. Les engagements de réduction pris par la Suisse doivent être remplis par la loi sur le CO₂, la loi sur l'énergie et des mesures additionnelles¹. Il devrait être ainsi possible de réduire d'ici 2010, comme prévu, les émissions de CO₂ de 10% par rapport à 1990. Vu les effets attendus des changements climatiques, la Suisse devrait s'engager en faveur d'objectifs efficaces de protection du climat, lors des négociations sur la procédure à adopter après la première période d'engagement du Protocole de Kyoto. La Suisse profitera aussi des mesures prises contre les changements climatiques.

En plus de la loi sur le CO₂ et de la loi sur l'énergie, d'autres mesures sont nécessaires en Suisse pour lutter contre les changements climatiques provoqués par l'être humain et favoriser

des styles de vie et une économie produisant peu d'émissions. Par exemple, des processus et relations plus transparents dans l'économie privée encourageraient le développement durable en général et les investissements compatibles avec le climat en particulier. Une législation fixant des conditions-cadres appropriées pourrait soutenir une évolution en ce sens. Des partenariats entre l'Etat et l'économie privée ou l'industrie devraient être constitués et encouragés pour assurer la mise en œuvre des mesures de protection du climat et des stratégies d'adaptation. Les technologies «propres» et notamment les énergies renouvelables devront assumer un rôle porteur à l'avenir.

(c) Communication

Les mesures de lutte contre les changements climatiques provoqués par l'être humain et de protection contre les événements extrêmes doivent être planifiées à long terme, à un moment où il n'existe encore que des prévisions qualitatives sur le climat futur. La sensibilisation de la population, des politiques et des milieux économiques est donc très importante. Les médias et les personnalités dirigeantes jouent ici un rôle déterminant.

Dans les comptes-rendus sur les changements climatiques et les événements extrêmes, il faut être attentif au fait que les événements extrêmes ne sont pas des indicateurs fiables du climat. Les changements climatiques sont mieux mis en évidence par d'autres indicateurs (réchauffement, fonte des glaciers). L'association, dans l'esprit du public, entre événements extrêmes et changements climatiques comporte le danger que la problématique du climat soit dramatisée en des périodes où les événements extrêmes sont nombreux et sous-estimée en des temps où ils se font rares.

Une augmentation de la fréquence de certains événements extrêmes (p.ex. les fortes précipitations, les inondations) concorde avec les pronostics des modèles climatiques et notre compréhension des processus physiques. Mais des événements extrêmes isolés ne peuvent pas être attribués causalement aux changements climatiques.

(d) Recherche

Il existe aujourd'hui déjà une base de savoir suffisante pour prendre des mesures de lutte contre les changements climatiques et de protection

contre les événements extrêmes. Mais la recherche accroîtra encore à l'avenir le niveau de connaissance et réduira les incertitudes.

L'approche des événements extrêmes requiert des analyses intégrant tous leurs aspects sous l'angle des sciences naturelles, sociales, techniques et économiques. Des réseaux de mesures fiables sont essentiels à la détection précoce et à l'analyse. Ils constituent l'épine dorsale des systèmes d'alarme et la base de données permettant de déceler des changements à long terme. L'analyse minutieuse des événements observés peut indiquer quels processus ont conduit à tel ou tel événement, si les conditions sont données pour d'autres événements semblables et si les changements climatiques en modifient la fréquence. Les modèles mathématiques et les simulations sur ordinateur gagnent en importance au niveau international pour les prévisions et alarmes à court terme. Ce sont aussi des instruments appropriés pour évaluer et quantifier les dangers sous un climat futur.

Des projets de recherche en Suisse et à l'étranger (NCCR-Climat, projets de recherche de l'UE etc.) ont aidé à mieux comprendre les changements climatiques et les événements extrêmes. Le lien entre le climat et ces événements n'est toutefois encore que partiellement compris. La recherche future doit s'orienter sur le plus récent rapport du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC)^{2,3,4,5} et prendre

en considération les données locales et les structures de l'espace alpin. Elle doit avoir notamment pour but de discerner à temps les effets sur la société et l'économie et d'indiquer des contre-mesures possibles. Les connaissances les plus récentes doivent alimenter en permanence les processus dynamiques de planification et de décision. La Suisse doit continuer de participer activement aux programmes scientifiques internationaux et promouvoir le débat entre la science, la politique, l'économie et l'Administration.

- 1 Par exemple le programme SuisseEnergie, qui encourage les énergies renouvelables et l'amélioration de l'efficacité énergétique.
- 2 IPCC, Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, U.K., 881 p., 2001.
- 3 IPCC, Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, U.K., 1032 p., 2001.
- 4 IPCC, Climate Change 2001: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, U.K., 752 p., 2001.
- 5 IPCC, Climate Change 2001: Synthesis Report. Cambridge University Press, Cambridge, U.K., 397 p., 2002.

Eventi estremi e cambiamenti climatici: conoscenze e raccomandazioni dell'OcCC

I membri dell'OcCC

Per eventi estremi si intendono gli eventi meteorologici e naturali rari che divergono fortemente dalla media. Tali eventi possono causare danni ingenti. Si parla di catastrofi naturali quando il ripristino della situazione implica sforzi superiori alle forze della popolazione colpita. Il presente rapporto analizza le categorie di eventi estremi più importanti per la Svizzera e la loro relazione con i cambiamenti climatici (temperature estreme, siccità, gelo, incendi di boschi, forti precipitazioni, grandine, inondazioni, movimenti di materiale, frane e tempeste invernali).

Da un canto, gli eventi estremi e le catastrofi naturali sono una componente naturale del clima alpino. Nel corso dei millenni gli smottamenti e le alluvioni hanno formato il paesaggio, scolpendo il profilo caratteristico delle valli e dei letti dei fiumi. Tuttavia, nemmeno le moderne infrastrutture ci proteggono a sufficienza dagli eventi estremi. La nostra civilizzazione si deve sovente limitare a definire le zone a rischio, ad attutire le ripercussioni negative con provvedimenti adottati tempestivamente e a soccorrere le vittime con aiuti immediati.

Dall'altro, le conseguenze degli eventi climatici che si sono abbattuti sull'Europa centrale negli ultimi decenni sono impressionanti. Secondo le stime di Swiss Re, le tempeste Lothar e Martin hanno causato danni per 31 miliardi di franchi, per 9 miliardi le inondazioni e le frane che nell'ottobre 2000 hanno colpito Svizzera, Francia e Italia e per 23 miliardi le alluvioni che nei mesi di luglio e agosto 2002 hanno interessato l'Europa (livello dei prezzi 2002). Tali cifre confermano il ruolo primario che gli eventi estremi assumono in Europa e nella regione alpina. Se i cambiamenti climatici generassero una mutazione del loro carattere e della loro frequenza, le conseguenze sarebbero altrettanto gravi.

Conoscenze

La relazione tra clima, eventi estremi e portata dei danni è estremamente complessa. La sua analisi concerne un vasto campo di ricerca interdisciplinare. In base alle conoscenze attuali, si

possono formulare in via generale le conclusioni seguenti:

- la temperatura media globale nel secolo scorso è aumentata di $0,6 \pm 0,2^\circ\text{C}$. Questo riscaldamento è ampiamente ascrivibile alle attività umane. I modelli climatici prevedono per il XXI secolo un aumento accelerato delle temperature medie globali al suolo di $1,4^\circ\text{C} - 5,8^\circ\text{C}$. Tali cambiamenti concernono anche l'intero circolo dell'acqua e ci si attendono sensibili cambiamenti del regime delle precipitazioni;
- con i cambiamenti climatici, la probabilità e la distribuzione geografica degli eventi estremi registrano uno spostamento graduale. La portata e la natura dei cambiamenti variano in funzione del luogo e del genere dell'evento. Non è possibile fornire una stima quantitativa di detta evoluzione;
- attualmente si osserva un'intensificazione delle catastrofi naturali, che potrebbe essere casuale, imputabile a variazioni climatiche naturali a lungo termine oppure una conseguenza dei cambiamenti climatici antropici. Per ragioni di principio è difficile o addirittura impossibile comprovare o escludere con certezza statistica una tendenza nella frequenza degli eventi estremi rari. È ipotizzabile che i cambiamenti a lungo termine degli eventi climatici potranno essere comprovati solo quando avranno raggiunto una portata considerevole e causato danni ingenti;
- si possono per contro formulare considerazioni statisticamente consolidate sulle tendenze relative agli eventi "intensivi". Si evince, per esempio, che le forti precipitazioni (che di solito non causano danni) sono sensibilmente aumentate dall'inizio del secolo. Anche le quantità delle precipitazioni in inverno hanno registrato un aumento quasi in tutta la Svizzera dall'inizio del secolo. Benché non possano essere relazionati direttamente con gli eventi estremi, questi dati costituiscono un indizio per i

- cambiamenti palesi subentrati nel circolo dell'acqua negli ultimi cento anni;
- la conoscenza attuale dei processi induce a credere che la frequenza e la forza di alcuni eventi estremi (ondate di caldo, forti precipitazioni e inondazioni nel periodo invernale, siccità estiva a Sud delle Alpi e nelle valli alpine, scoscendimenti) aumenteranno con il cambiamento del clima. Il timore è avvalorato dai calcoli basati su modelli climatici. D'altro canto, diminuirà la frequenza delle giornate di gelo e delle ondate di freddo;
 - le mutazioni future dei pericoli generati dagli eventi estremi saranno determinate, oltre che da fattori puramente climatici, anche da cambiamenti sociali. La crescente concentrazione di edifici e infrastrutture anche nelle regioni esposte ha comprovatamente inciso in passato sui costi dei danni. I futuri cambiamenti dell'utilizzazione del territorio potrebbero indebolire o rafforzare i fattori puramente climatici.

Raccomandazioni dell'OcCC

L'OcCC individua una necessità di intervenire sul piano politico, amministrativo e della ricerca sul fronte della comunicazione e dei provvedimenti di protezione contro gli eventi estremi e contro i cambiamenti climatici causati dall'uomo.

I provvedimenti vanno pianificati e applicati sulla base di un quadro dei pericoli in mutazione dinamica e nel senso della sostenibilità (ecologica, economica, sociale). Occorre privilegiare le misure che, oltre ad essere efficaci nella lotta ai cambiamenti climatici e ai fini della protezione dagli eventi estremi, si ripercuotono positivamente anche in altri settori (win-win) e concedono uno spazio di manovra possibilmente ampio anche dopo la loro realizzazione (flessibilità).

(a) *Provvedimenti di protezione contro gli eventi estremi*

La necessità di intervenire a sostegno della protezione dagli eventi estremi è dettata dalla crescente concentrazione dei valori, dalla sensibilità ai danni e dal maggior bisogno di protezione a prescindere dai cambiamenti climatici. Tenuto conto dei mutamenti del clima, i piani dei pericoli, gli obiettivi della protezione e i rischi resi-

dui vanno adeguati periodicamente alle condizioni in evoluzione e si dovrebbero cercare soluzioni che offrono la maggiore flessibilità possibile. A medio termine è opportuno mettere a punto nuovi metodi di misurazione e progettazione in grado di quantificare il pericolo insito in un clima mutante.

Bisogna intervenire maggiormente sul fronte della protezione dagli eventi per i quali attualmente esistono dati qualitativi sulla futura evoluzione.

- Forti precipitazioni, inondazioni e smottamenti: in base alle conoscenze attuali dei processi e ai modelli si prevede un aumento dell'intensità delle forti precipitazioni e una formazione accelerata del deflusso nel periodo invernale. Di questi fattori si dovrà tenere conto nell'ambito della valutazione dei rischi, della pianificazione delle misure di protezione (rimboschimenti, ripari, superfici di contenimento) e della pianificazione del territorio. Non si dovranno nemmeno trascurare i cambiamenti che potrebbero manifestarsi sull'arco della durata dei provvedimenti previsti. Lo stesso dicasi per la valutazione delle zone minacciate dagli scoscendimenti.
- Ondate di caldo: i cambiamenti climatici potrebbero indurre un innalzamento dei valori estremi di temperatura. Si prevede che il persistere di temperature estremamente elevate comporterà un aumento dei decessi. Provvedimenti edili, quali protezioni solari, isolamenti, zone verdi, possono migliorare il comfort e l'efficienza energetica. Estremi di temperatura più elevati significano ulteriore stress per le acque, la vegetazione e la fauna.
- Permafrost: il riscaldamento comporterà una riduzione del permafrost a scapito della stabilità dei versanti nelle regioni interessate. Si dovranno tenere sotto sorveglianza sia i versanti sia gli edifici.
- Gelo: probabilmente la frequenza delle giornate di gelo diminuirà per effetto dei cambiamenti climatici. Siccome le ripercussioni dipendono sia dalle temperature sia dallo sviluppo della vegetazione, è difficile prevederne l'evoluzione futura. In generale, se i periodi della semina non subiranno modifiche, il rischio di danni causati dal gelo diminuirà.

Attualmente non è possibile formulare previsioni certe sull'evoluzione di siccità, incendi di boschi, favonio, tempeste invernali, grandine e valanghe. In materia è importante osservare accuratamente i progressi della ricerca.

(b) Provvedimenti contro i cambiamenti climatici antropici

Per quanto concerne i nessi, il decorso, l'orientamento e la portata dei cambiamenti climatici e degli eventi estremi regnano molte incertezze. Le decisioni in questi casi si fondano pertanto sulla cosiddetta regola del minimax, secondo cui bisogna scegliere le strategie per le quali il massimo danno possibile è il minore.

Le misure contro le cause dei cambiamenti climatici antropici vanno portate avanti con coerenza e coordinate a livello nazionale e internazionale tra ricerca, amministrazione, economia e politica. Dal punto di vista scientifico si impone una riduzione a lungo termine delle emissioni globali di gas a effetto serra al livello del 1950. Il protocollo di Kyoto è un passo importante verso il coordinamento delle misure internazionali. L'impegno alla riduzione assunto dalla Svizzera si concretizza nella legge sul CO₂, la legge sull'energia e altri provvedimenti¹. Questi strumenti prevedono entro il 2010 una riduzione del 10% rispetto al 1990 delle emissioni di CO₂. Di fronte alle possibili ripercussioni dei cambiamenti climatici, la Svizzera deve impegnarsi a favore di obiettivi efficaci per la protezione del clima nell'ambito dei negoziati sul *modus operandi* dopo il primo periodo d'impegno previsto dal protocollo di Kyoto, non da ultimo perché anch'essa beneficerà dei provvedimenti contro i cambiamenti climatici.

Oltre alla legge sul CO₂ e alla legge sull'energia, in Svizzera sono necessarie ulteriori misure contro i cambiamenti climatici antropici e per il ristabilimento di uno stile di vita e processi economici che producono meno emissioni. I processi e le relazioni nell'economia privata devono per esempio essere impostati con maggiore trasparenza, al fine di incentivare la sostenibilità in via generale e la compatibilità con il clima degli investimenti in particolare. Condizioni quadro legali adeguate possono in questo caso rivelarsi un valido sostegno. Bisogna creare e promuovere i partenariati tra Stato ed economia privata o industria, al fine di garantire l'applicazione dei provvedimenti a

tutela del clima e delle strategie d'adeguamento. Tecnologie "pulite" e soprattutto le energie rinnovabili giocheranno in futuro un ruolo fondamentale.

(c) Comunicazione

Le misure contro i cambiamenti climatici antropici e per la protezione dagli eventi estremi devono essere pianificate a lungo termine al momento in cui si dispone di previsioni qualitative del clima futuro. Avvalendosi della preziosa collaborazione degli organi d'informazione e di personalità di spicco, è pertanto fondamentale indurre popolazione, cerchie politiche ed economiche a prenderne atto.

Nei rapporti sui cambiamenti climatici e gli eventi estremi va ricordato che questi ultimi non rappresentano indicatori climatici affidabili. I cambiamenti climatici si spiegano meglio con altri indicatori (riscaldamento, scioglimento dei ghiacciai alpini). Il fatto che l'opinione pubblica associ eventi estremi e cambiamenti climatici cela il pericolo che la problematica del clima venga drammatizzata in periodi in cui si registrano molti eventi estremi e banalizzata in quelli in cui se ne verificano pochi.

Un aumento della frequenza di determinati eventi estremi, quali forti precipitazioni e inondazioni, è consolidato dalle previsioni elaborate sulla base di modelli climatici e della conoscenza fisica dei processi. Singoli eventi estremi non possono tuttavia essere ascritti casualmente ai cambiamenti climatici.

(d) Ricerca

Attualmente si dispone di una base di conoscenze sufficiente per adottare provvedimenti contro i cambiamenti climatici e a sostegno della protezione da eventi estremi. La ricerca amplierà tuttavia anche in futuro il proprio sapere, riducendo nel contempo le incertezze.

Per gestire gli eventi estremi servono analisi integrali dei nessi naturali, sociali, ingegneristici ed economici. Reti di misurazione affidabili rivestono un'importanza fondamentale ai fini dell'individuazione tempestiva e dell'analisi, costituiscono la spina dorsale dei sistemi d'allarme e la base per l'identificazione di cambiamenti a lungo termine. Analisi accurate degli eventi osservati possono indicare quali processi conducono all'evento, se esistono le condizioni per eventi analoghi e se i cambiamenti climatici

incidono sulla frequenza di eventi simili. In tale ambito i modelli matematici e le simulazioni al computer, strumenti particolarmente adatti alla valutazione e alla quantificazione dei pericoli insiti nel clima futuro, acquistano un'importanza sempre maggiore sul piano internazionale nell'ambito delle previsioni e dell'allerta a breve termine.

I progetti di ricerca in corso in Svizzera e all'estero (NCCR Climate, progetti di ricerca UE ecc.) hanno agevolato la comprensione dei cambiamenti climatici e degli eventi estremi, anche se il nesso tra clima ed eventi climatici è tuttora conosciuto solo in parte. In futuro la ricerca dovrà impennare la propria attività sull'ultimo rapporto dell'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)^{2,3,4,5} e tenere conto delle peculiarità locali e delle strutture della regione alpina. Si mira in particolare a riconoscere tempestivamente le ripercussioni per la società e l'economia e individuare possibili contromisure. Occorre integrare costantemente nei processi dinamici, pianificatori e decisionali le scoperte più recenti. La Svizzera deve continuare a partecipare attivamente ai programmi di ricerca internazionali e promuovere il dialogo tra scienza, politica, economia e amministrazione.

- 1 Per esempio il programma SvizzeraEnergia, volto a promuovere le energie rinnovabili e le misure dell'efficienza energetica.
- 2 IPCC, Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, U.K., 881 p., 2001.
- 3 IPCC, Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, U.K., 1032 p., 2001.
- 4 IPCC, Climate Change 2001: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, U.K., 752 p., 2001.
- 5 IPCC, Climate Change 2001: Synthesis Report. Cambridge University Press, Cambridge, U.K., 397 p., 2002.

Par climat, nous entendons communément le temps moyen, décrit par les moyennes des grandeurs météorologiques. Les événements extrêmes sont des épisodes au cours desquels le temps s'écarte fortement de sa moyenne à long terme, bien au-delà des fluctuations qu'il subit d'ordinaire dans le lieu et pendant la saison considérés. Ils font partie du climat d'une région et marquent de leur empreinte le paysage et les conditions de vie. Mais les événements extrêmes peuvent aussi ravager les cultures et endommager les équipements. Les connaissances sur leur fréquence et leur intensité sont donc de première importance pour la société. Elles sont utiles aux tâches de planification et à la mise en oeuvre de mesures de protection.

Il y a eu récemment en Suisse de nombreux événements extrêmes. La liste suivante en mentionne quelques-uns:

- En 2003, une vague de chaleur a valu à la Suisse le mois de juin le plus chaud depuis le début des mesures de températures en 1864. La moyenne à long terme de la température mensuelle a été dépassée d'environ 6°C.
- A mi-novembre 2002, des fortes précipitations dans les cantons des Grisons, d'Uri et du Tessin ont entraîné des coulées de boue dévastatrices. Les communes de Schlans et Rueun dans la Surselva furent particulièrement touchées.
- En octobre 2000, près de 500 mm de pluie est tombée en deux jours dans la région du Simplon. Le 14 octobre 2000, le mur de soutènement au-dessus de Gondo s'est rompu. L'ovaille qui s'ensuivit a détruit des parties du village et entraîné la mort de treize personnes.
- En décembre 1999, la tempête Lothar a traversé l'Europe occidentale, provoquant d'énormes dommages en France, en Allemagne et en Suisse. L'ouragan a fait treize morts en Suisse. Les dommages aux forêts représentent 12.7 millions de m³ de bois.
- En juillet 1999, un vaste système de tempêtes, comprenant des cellules orageuses, s'est déplacé d'ouest en est sur le Plateau suisse et

les Préalpes. Plus de 500 communes ont annoncé des dégâts de grêle à l'agriculture.

- Au début de 1999, plus de 300 cm de neige sont tombés au cours de trois brèves périodes successives de précipitations en Valais, au nord des Grisons et en Basse-Engadine. Conséquences: quelque 1200 avalanches ont causé des dommages dans les Alpes suisses.

Les événements extrêmes causant d'importants dommages sont des coups douloureux pour la population des régions concernées. Ils ont beaucoup d'écho dans les médias. Partant du fait de l'augmentation de la température globale, la question revient toujours de savoir s'il y a un lien entre les événements extrêmes et les changements climatiques. Les événements extrêmes sont-ils devenus plus fréquents en raison des changements climatiques?

Les changements climatiques et leurs effets sont décrits en détails dans le dernier rapport du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC^{1,2,3,4}). Pendant le 20^e siècle, la température globale moyenne est montée d'env. 0.6°C et les précipitations ont sensiblement augmenté sur les continents aux latitudes moyennes et hautes de l'hémisphère Nord. Le réchauffement des 50 dernières années est attribuable en majeure partie aux activités humaines. On s'attend à ce que le réchauffement global s'accélère au 21^e siècle et que le régime des précipitations se modifie sensiblement selon les régions.

Les changements climatiques influenceront aussi sur la fréquence et l'intensité des événements extrêmes. Selon certains indices, la fréquence des événements extrêmes pourrait réagir de façon particulièrement sensible aux changements climatiques. Ceci tient d'une part à des mécanismes physiques de rétroaction. D'autre part, certains effets statistiques font que les changements climatiques pourraient se manifester de façon plus prononcée dans la fréquence des extrêmes que dans les événements météorologiques «normaux» (la figure 1 illustre cette sensibilité statistique dans le cas des extrêmes de température). L'éventualité d'une telle sensibilité, qui s'ajoute à la vulnérabilité de la civilisation moderne exige que l'on évalue scientifique-

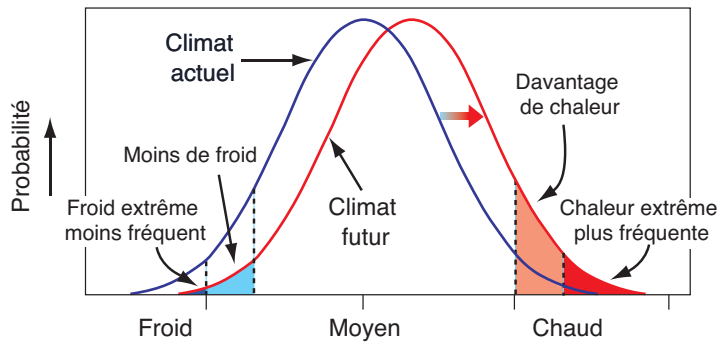


Figure 1: Influence possible des changements climatiques sur la fréquence d'événements extrêmes dans le cas des extrêmes de températures.¹ La courbe bleue est la distribution statistique des températures actuelles. Les températures sont souvent dans la moyenne; il fait rarement extrêmement froid (surface bleue sous la courbe) ou extrêmement chaud (surface rouge sous la courbe). Avec les changements climatiques, la distribution de la température pourrait se décaler vers les températures plus hautes (courbe rouge). Les effets de ce déplacement sur la fréquence des événements extrêmes sont particulièrement prononcés: il fait beaucoup plus souvent extrêmement chaud et beaucoup plus rarement extrêmement froid. Les changements relatifs sont peu perceptibles pour les températures se situant dans la moyenne.

ment les développements futurs possibles des événements extrêmes et que l'on estime leur portée pour l'être humain et l'environnement.

Le présent rapport résume l'état actuel du savoir sur le lien entre événements extrêmes en Suisse et changements climatiques globaux dans la perspective d'un groupe d'experts interdisciplinaire. Il considère toute la chaîne d'actions qui part des changements climatiques globaux, passe par les modifications des extrêmes météorologiques dans les Alpes et aboutit aux effets sur l'ampleur des dommages et aux conséquences économiques. Le rapport cherche à donner une vue nuancée, considérant la dimension scientifique, les effets possibles sur les espaces de vie, mais aussi des influences non climatiques sur les risques de dommages (p. ex. changements d'affectation des sols, valeurs des biens exposés). Le rapport s'adresse aux décideurs politiques, aux autorités, aux médias et au grand public.

Le rapport comprend deux parties. La première clarifie le sens des notions utilisées dans

le rapport, introduit à la méthode scientifique – autant que cela est nécessaire pour bien juger des choses – et décrit quelques bases scientifiques importantes. La seconde partie donne une vue d'ensemble de l'état actuel du savoir relatif aux catégories d'événements extrêmes les plus importants pour la Suisse (extrêmes de température, gel, sécheresse, incendies de forêts, fortes précipitations, grêle, crues, mouvements de masse, avalanches et tempêtes d'hiver). Autant que cela est possible et judicieux, chacun des chapitres de cette deuxième partie suit un même schéma pour décrire la sensibilité de la catégorie traitée, les changements passés et les perspectives d'avenir.

Vingt-quatre personnes ont collaboré à ce rapport. Le contenu de ce dernier a été expertisé par sept spécialistes. Enfin, les membres de l'OcCC ont discuté et approuvé le texte lors des séances du 27 février et du 28 mai 2003.

- 1 IPCC, Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, U.K., 881 p., 2001.
- 2 IPCC, Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, U.K., 1032 p., 2001.
- 3 IPCC, Climate Change 2001: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, U.K., 752 p., 2001.
- 4 IPCC, Climate Change 2001: Synthesis Report. Cambridge University Press, Cambridge, U.K., 397 p., 2002.