



Le changement climatique et les Alpes.

Un rapport de synthèse.

SOMMAIRE

Faits et données	2
Le sol bouge	3
Glissements de terrain et fortes précipitations	4
Le glacier – une espèce menacée	6
Adieu au tourisme d'hiver ?	7
Des palmiers au sommet des montagnes ?	7
Gagnants et perdants	9
Les sceptiques de l'effet de serre	9
Une solution en vue ?	10
Références	12

Le changement climatique et les Alpes

Elke Haubner, CIPRA-International

Faits et données

D'une manière générale, les années 90 ont été la décennie la plus chaude depuis le début des séries de mesure fiables pratiquées avec des instruments, dans les années 1860, et très vraisemblablement aussi la plus chaude du dernier millénaire. Des scientifiques s'efforcent, à l'aide de modèles climatiques, d'estimer la responsabilité de l'homme dans ce processus ainsi que son évolution future.

La température moyenne dans l'hémisphère Nord durant ce dernier millénaire a été reconstituée dans le cadre de plusieurs travaux indépendants. On s'est servi pour ce faire d'archives naturelles sur le climat, telles que des carottes de glace, des sédiments et des cernes d'arbres, mais aussi de relevés historiques et des premières mesures effectuées avec des instruments. Les résultats indiquent que le réchauffement constaté au 20^{ème} siècle est unique depuis l'aube du dernier millénaire.¹ Le début de l'industrialisation coïncide avec la fin d'une phase naturelle de froid. Les phénomènes de réchauffement naturel et provoqué par l'homme se chevauchent.

Durant les cent dernières années, les gaz à effet de serre ont connu une forte augmentation ; simultanément, la température moyenne dans le monde s'est élevée de 0,3 à 0,6°C, et même de plus de 1°C en Suisse.

Sur la base de scénarios donnés par des modèles climatiques, on peut s'attendre à ce que ce changement climatique s'accélère encore d'ici à 2100. La température moyenne sur notre planète va augmenter encore de 1,5 à 5°C et le niveau de la mer monter de 50 cm.

La complexité du système climatique tient notamment à la présence de l'eau et plus particulièrement au fait que l'eau apparaît dans le système climatique sous un grand nombre d'états physiques : dans l'atmosphère sous forme de vapeur, de gouttes d'eau formant les nuages et de cristaux de glace ; sur la terre sous forme de neige ou de glace et sous forme liquide dans les cours d'eau de surface ; dans la terre comme eau souterraine, eau présente dans le sol et dans le permafrost ; dans les océans sous forme d'eau salée ; dans les régions polaires sous forme de banquise. Tous ces aspects de l'eau se distinguent par des propriétés radicalement différentes, et leur alternance joue un rôle déterminant pour le comportement de notre système climatique.

Bien que l'atmosphère n'ait qu'une teneur en eau négligeable par rapport aux océans, l'eau qu'elle contient joue un rôle absolument essentiel : la vapeur constitue le gaz à effet de serre le plus important de l'atmosphère, en raison de la réaction en chaîne de l'effet de serre due à l'évaporation. La nébulosité atmosphérique détermine l'albédo de la terre, c'est-à-dire la proportion du rayonnement solaire qui est réfléchi dans l'espace à travers l'atmosphère : les nuages renvoient une partie du rayonnement solaire. Les surfaces recouvertes de neige et les océans couverts de glace renforcent l'albédo de la surface terrestre, c'est-à-dire que la neige et la glace renvoient à leur tour une partie du rayonnement solaire. Les précipitations et l'écoulement des eaux, par l'apport d'eau douce dans les océans, ont une importance considérable sur le cycle de l'eau. Tous ces processus ne sont pas du tout linéaires et ils demandent un traitement quantitatif qui n'est possible qu'avec des modèles numériques dans le cadre de scénarios climatiques. C'est pourquoi la plupart des scénarios climatiques proviennent actuellement de modèles numériques et même d'une véritable chaîne de modèles.¹

Les derniers résultats relatifs à l'hydrosphère, c'est-à-dire au cycle de l'eau, et à la cryosphère, c'est-à-dire à la neige et à la glace, revêtent une importance particulière pour les pays alpins. Les hivers de demain connaîtront moins de neige et plus de pluie. Avec un réchauffement de 1°C, la durée moyenne de la couverture neigeuse va diminuer de 4 à 6 semaines dans plus d'une région.²

¹ Christoph Schär, Martin Wild : Modelle in der Klimadebatte

² "Die Alpen im Treibhaus" – une étude des bureaux de Greenpeace en Allemagne, en Autriche et en Suisse

Les principaux gaz à effet de serre anthropogènes et leur provenance :

- Gaz carbonique CO₂ (combustibles et carburants fossiles)
 - Méthane CH₄ (animaux d'élevage, voyages)
 - Gaz hilarant = protoxyde d'azote N₂O (agriculture, processus de combustion)
 - Hydrocarbures fluorés (technique frigorifique, mousses isolantes)
 - Chlorofluorocarbones (CFC), halogénés ou non (bombes aérosols, fabrication de mousse synthétique, solvants techniques, technique frigorifique)
- Dès 1996, CFC interdits dans les pays industrialisés afin de protéger la couche d'ozone

Peristance du CO₂ dans l'atmosphère : 100 ans

Emissions annuelles de CO₂ en tonnes/habitant :

Moyenne mondiale	3,8	1994
Suisse	6	1996
Autriche	7,8	1996
France	6,6	1996
Allemagne	11,1	1996
Italie	7,3	1996
Slovénie	6,5	1990
USA	20,1	1996
Pays en voie de développement	0,9	1990

Le sol bouge

Le pergélisol, ou permafrost, est un sol gelé en permanence, dont la glace soude les uns aux autres les morceaux de roche qui le constituent. En haute montagne, on rencontre le pergélisol tant dans la roche solide que dans les matériaux meubles comme les éboulis, les moraines et les sols.

L'étage du pergélisol se trouve en dessous de la zone des glaciers, à partir de 2600 m.

Une nouvelle augmentation des températures aura pour conséquence à court terme une augmentation de l'importance du dégel estival, mais, à moyen et long termes, la fonte d'éléments de permafrost situés en profondeur dans le sol et une élévation de la ceinture de permafrost en altitude.

Dans les années 1980, le permafrost s'est réchauffé de 0,5-1°C. Durant les 100 dernières années, la limite s'est élevée de 150 à 200 m. Les résultats du PNR 31³ prévoient pour les 50 prochaines années une nouvelle élévation de 200 à 750 m si l'atmosphère se réchauffe de 1 à 2°C.

On ne peut hélas pas encore évaluer le temps que mettra la température du permafrost pour réagir à l'augmentation des températures annuelles moyennes. Si la température continue d'augmenter, il pourrait cependant se produire des mouvements de terrain tels que l'histoire n'en a guère connus jusqu'ici.

Conséquences :

Il est encore difficile d'évaluer précisément les conséquences de cette augmentation pour les régions de montagne. Les fondations des bâtiments ainsi que celles des téléphériques et des installations de remontées mécaniques pourraient être directement touchées et endommagées par des tassements dans le sous-sol suite à la fonte de la glace. On peut citer l'exemple de la cabane Erzherzog-Johann-Hütte au Grossglockner.

La fonte de la glace peut même déstabiliser des parois rocheuses par la modification des conditions hydrologiques dans leurs réseaux de fissures. Les éboulis, les moraines, etc. contenant de la glace perdent leur cohésion avec la fonte de celle-ci. D'une manière générale, il faut s'attendre à une augmentation de

³ Programme national de recherche "Changements climatiques et catastrophes naturelles"

l'instabilité des versants en raison du retrait du permafrost. D'ici à ce que les températures du sous-sol s'équilibrent avec celles de l'atmosphère, il peut se produire encore beaucoup d'éboulements, de glissements de terrain ou de laves torrentielles, qui atteignent fréquemment le fond des vallées et menacent les zones habitées et les voies de communication. Le glissement de terrain catastrophique qui s'est produit le 28 juillet 1987 dans le Val Pola (Valteline) semble lié à la fonte du permafrost.

Glissements de terrain et fortes précipitations

Les conséquences locales et régionales du changement climatique s'avèrent particulièrement dramatiques dans les régions écologiquement sensibles comme les Alpes où elles prennent la forme d'avalanches et d'inondations répétées. Les chercheurs en sciences naturelles peuvent maintenant fournir la preuve qu'il existe des relations entre les changements climatiques et la modification des écosystèmes alpins.

Tout comme le recul des glaciers, l'élévation de la limite du permafrost est tenue pour responsable de la fréquence croissante des catastrophes naturelles. Un réchauffement du climat dans les Alpes aggrave considérablement les risques de laves torrentielles, de glissements de terrain et d'inondations, qui menacent toujours plus les régions alpines épargnées jusqu'ici.

Depuis la deuxième moitié des années 1980, les conditions atmosphériques extrêmes se multiplient, ce qui inquiète un nombre croissant de climatologues.

Dans l'espace alpin, les *précipitations extrêmes* et leurs conséquences comptent parmi les catastrophes naturelles les plus dévastatrices. En Suisse, elles causent pour 200 millions de francs de dommages matériels par année. Au premier abord, ce chiffre peut paraître modeste, mais deux circonstances particulières méritent d'être relevées. Premièrement, les dommages se produisent principalement dans un petit nombre de régions particulièrement exposées dont les cantons alpins qui connaissent déjà une situation économique difficile ; non seulement ces derniers subissent des dommages directs, mais ils doivent aussi assumer des mesures de prévention coûteuses. Deuxièmement, les dégâts sont principalement causés par des événements rares et particulièrement violents : dans la période allant de 1972 à 1996, plus de la moitié des dégâts liés à des précipitations ont eu lieu en 1987 et en 1993 – les deux années qui ont connu les dommages les plus importants – dans la vallée de la Reuss, au Tessin, à Poschiavo et à Brigue. Souvent, les conséquences économiques de telles catastrophes sont encore perceptibles dans les régions concernées bien des années plus tard.

Une analyse des séries de mesures relevées en Suisse montre que la fréquence des fortes précipitations, qui se produisent en moyenne une fois par mois, a augmenté durant les 100 dernières années. Ces augmentations ont été constatées en automne et en hiver et oscillent entre 20 et 80%. Les tendances observées ne sont pas forcément représentatives des précipitations extrêmes et elles ne prouvent pas un lien de cause à effet avec un changement climatique anthropogène. Elles indiquent cependant qu'un changement marquant et durable s'est produit dans les statistiques des précipitations. Ces résultats, ainsi que des observations similaires faites dans d'autres régions situées à des latitudes moyennes et élevées, étayaient la thèse qui veut que le cycle de l'eau du système climatique pourrait être influencé dans les prochaines décennies par le réchauffement global observé et son évolution présumée.

Cette thèse repose sur l'idée que le déplacement et la convergence de vapeur d'eau depuis des endroits relativement éloignés sont nécessaires pour obtenir des précipitations extrêmes. Les quantités d'eau présentes dans l'atmosphère sous forme de vapeur et de nuages atteignent 5 à 30 mm aux latitudes moyennes et ne suffisent pas à expliquer les précipitations extrêmes de plus de 100 mm mesurées par endroits. Le transport d'eau dans l'atmosphère depuis la Méditerranée joue un rôle important pour les régions situées en bordure sud des Alpes, les plus fréquemment touchées par de fortes précipitations. Dans le cas d'événements comme ceux de la mi-octobre 2000, par exemple, ce phénomène était particulièrement spectaculaire : environ 50 millions de mètres cubes d'eau à la seconde se sont déplacés dans l'atmosphère par dessus la côte ligure, entre les Alpes maritimes et les Apennins, jusqu'à l'ouest de la plaine du Pô et contre les Alpes. On peut comparer ce chiffre avec le débit moyen calculé à l'embouchure du Congo, soit 42 millions de m³/s, et du Yang-tseu-kiang, soit 35 millions de m³/s, les fleuves présentant les débits les plus élevés après l'Amazone. Même si une partie seulement de l'eau amenée dans

l'atmosphère tombe sous forme de précipitations, on comprendra aisément que cela suffit pour que les systèmes d'écoulement à la surface de la terre soient dépassés.

Le réchauffement climatique présumé pourrait encore avoir une influence considérable sur le déplacement de vapeur d'eau dans l'atmosphère. Selon la loi de Clausius-Clapeyron, la pression de vapeur saturante de l'air augmente de 7% par degré de réchauffement. Une atmosphère plus chaude peut donc stocker et transporter beaucoup plus d'eau. Des modèles climatiques globaux, qui permettent de simuler les processus du système climatique et leurs modifications, montrent d'ici à la fin du 21^{ème} siècle, outre un réchauffement prévu de 1 à 3,5°C en moyenne sur la planète, une intensification générale du cycle de l'eau. Alors que les parties arides subtropicales de plus d'un continent sont touchées par une sécheresse croissante du fait de l'augmentation de l'évaporation, les modèles relatifs aux latitudes géographiques moyennes et élevées indiquent une augmentation des déplacements de vapeur d'eau des océans vers les terres et une augmentation des précipitations moyennes. Les effets de cette intensification du cycle de l'eau sur les précipitations violentes dans l'espace alpin ont été étudiés au moyen de modèles climatiques régionaux. Les résultats obtenus méritent d'être relevés : si l'on admet un réchauffement de 2°C, les simulations ne montrent que des changements minimes dans le nombre des précipitations faibles et modérées, alors que les fortes pluies sont de 20 à 40% plus fréquentes. Ces simulations montrent une augmentation progressive des précipitations et de leur intensité et donc des effets particulièrement marquants sur la fréquence des fortes précipitations.

On a constaté depuis lors, par un grand nombre de simulations climatiques globales et régionales, une intensification du cycle de l'eau et une augmentation des précipitations violentes suite à l'augmentation de la concentration de gaz à effet de serre.⁴

Effets d'un réchauffement climatique sur le bilan hydrologique du bassin versant d'un torrent :

Durant la mauvaise saison, on constate une augmentation du débit en raison de la réduction de la proportion de précipitations sous forme de neige ; au printemps, par contre, on constate une réduction des débits en raison du manque de neige. L'été et l'automne sont des périodes particulièrement sensibles, où il se produit beaucoup d'orages et des précipitations très violentes.

Petite chronique des catastrophes naturelles :

- 1987 Poschiavo (Grisons) : dévastation de la localité par l'eau et les matériaux charriés
- 1987 Valteline : éboulement catastrophique après plusieurs jours de précipitations record
- 1987 Canton d'Uri : une crue endommage la ligne ferroviaire, l'autoroute du Gothard et de nombreux bâtiments
- 1990 Surselva (Grisons) et canton de Glaris : l'ouragan "Vivian" déboise des versants entiers
- 1991 Randa près de Zermatt : des masses de boue et de roches déboulent dans la vallée, y obstruent un torrent, créant un lac qui finit par inonder la moitié du village
- 1993 Brigue (Haut-Valais) : destruction du centre historique par un torrent en crue suite à de violentes précipitations
- 1994 Piémont : le Pô sort de son lit et détruit des habitations qui avaient été construites dans les zones inondables, à l'encontre des lois sur l'aménagement du territoire en vigueur
- 1999 Suisse, France, Autriche (Galtür) : plusieurs avalanches dramatiques en raison d'une accumulation inhabituelle de neige
- 1999 Suisse : crues record au printemps
- 1999 France, Suisse, Allemagne : l'ouragan "Lothar" cause des dégâts dévastateurs aux forêts des Préalpes
- 2000 Valais, Tessin, vallée d'Aoste : mi-octobre, à certains endroits il pleut autant en cinq jours qu'habituellement en trois mois. Destruction d'habitations, de voies de communication et de terres cultivées par des coulées de boue et des inondations.
- 2001 Täsch, Haut-Valais : une coulée charriant de la boue et des éboulis endommage un grand nombre de maisons de la localité.

⁴ Christoph Frei : Extremniederschläge im Wandel?

Le glacier – une espèce menacée

Le recul des glaciers a commencé depuis le milieu du 19^{ème} siècle. La réaction des Alpes à l'augmentation des températures est décalée dans le temps, ce qui explique que nous ne pouvons observer qu'aujourd'hui la fonte des glaciers, dont les causes remontent à plusieurs décennies. Compte tenu des températures record atteintes dans les années 90 – dans les pays alpins aussi – il faut s'attendre à un nouveau recul dramatique des glaciers au cours des prochaines années.

Les régions alpines réagissent différemment au réchauffement climatique. La proportion de glaciers joue un rôle décisif à cet égard. Lorsque cette proportion est faible, l'écoulement des eaux diminue proportionnellement au réchauffement climatique. Mais les glaciers exercent pendant un certain temps un effet tampon sur ce phénomène et font même augmenter l'écoulement des eaux. Tels sont les résultats d'une étude récente⁵.

Jusqu'ici, on parlait du principe que l'écoulement total des eaux diminue lorsque les températures augmentent. Cette nouvelle étude montre cependant que l'écoulement des eaux augmente dans l'une des trois régions considérées : dans le bassin versant du Rhône (Sion), qui compte beaucoup de glaciers. Lorsque les températures augmentent, il fond davantage de glace. De plus, il tombe moins de précipitations sous forme de neige fraîche, qui pourrait protéger le glacier de la fonte en été et au début de l'automne. La conséquence en est une augmentation de l'écoulement d'eau tant qu'il reste encore assez de glace. Par contre, une fois toute la glace fondue, l'écoulement des eaux va diminuer. Les conséquences probables pour l'environnement de cette réduction de l'écoulement des eaux n'ont pas été abordées dans le cadre de ce travail.

L'augmentation des températures modifie non seulement l'écoulement, mais aussi le régime des eaux. Jusqu'ici, l'écoulement des eaux atteignait son maximum l'été dans toutes les régions. Mais, lorsque les températures augmentent, il tombe en hiver plus de pluie que de neige. La pluie exerce un effet direct sur l'écoulement des eaux, si bien que le régime des basses eaux est moins marqué en hiver. En été, il fond moins de neige, car la couverture neigeuse est moins épaisse. En outre, lorsque les températures s'élèvent, il s'évapore plus d'eau durant la bonne saison. Tous ces éléments font que le régime des eaux est plus équilibré, ce qui constitue un avantage pour l'industrie électrique : à l'avenir les centrales hydroélectriques au fil de l'eau, notamment, pourraient mieux exploiter tout le potentiel de leurs installations et produire davantage d'électricité. En effet, jusqu'ici les pointes estivales dépassaient généralement leur capacité d'exploitation. Par contre, les quantités d'eau étaient trop faibles en hiver.⁶

La perte des glaciers entraîne dans les Alpes de nouveaux problèmes écologiques, mais aussi économiques. Avec la disparition des glaciers, nous perdons un réservoir d'eau vital mais aussi un élément important du paysage, qui a beaucoup fait pour le tourisme alpin pendant 200 ans.⁷

Exemples de glaciers concernés par ce phénomène :

Le Mont Clapier qui culmine à 3045 mètres se situe dans la zone frontière franco-italienne des Alpes Cottiques. En passant par le Col del Chiapous, on aperçoit une petite tache blanc sale sur le flanc du Mont Clapier. Ce sont les restes misérables du plus méridional des glaciers alpins. Si le climat de serre persiste, le petit névé aura complètement fondu d'ici quelques années. De nombreux autres glaciers alpins subiront le même sort. Si les pronostics actuels se vérifient – et il n'y a plus guère lieu d'en douter – on ne verra plus rien, dans quelques décennies, du célèbre fleuve de glace du grand glacier d'Aletsch depuis le sommet de la Riederfurka. Dans les Alpes orientales, la dernière heure de la plupart des glaciers sonnera nettement plus tôt. Selon les avis concordants des experts, seuls le Pasterze du Grossglockner et quelques rares autres glaciers de haute altitude survivront au-delà du 21^e siècle.⁷

⁵ Etude de Jesko Schaper dans le cadre d'un projet du Fonds national sur le développement de nouvelles méthodes d'estimation de la couverture neigeuse à l'EPF de Zurich

⁶ Fonds national suisse FNS – Communiqués de presse, 21 mars 2001

⁷ Dominik Siegrist : Sur les traces du changement climatique dans l'espace alpin, in : 2^{ème} Rapport sur l'état des Alpes

Données sur la disparition des glaciers :

- Depuis l'apogée des glaciers en 1850, une centaine d'entre eux ont disparu des Alpes suisses.
- Entre 1850 et 1973, l'épaisseur des glaciers a diminué de 19 m en moyenne. Le volume de glace a passé de 107 km³ à 74 km³ (- 33%).
- Les glaciers alpins ont perdu environ la moitié de leur volume de glace et 30 à 40% de leur surface d'origine.

Adieu au tourisme d'hiver ?

La limite au-delà de laquelle on est sûr de trouver de la neige en Suisse se trouve aujourd'hui à 1200 m. D'ici à 2050, elle va monter à 1500 m. Actuellement, 85% des domaines skiables peuvent compter sur un bon enneigement, mais ils ne seront plus que 63% dans le futur. Le nombre de jours convenant à la pratique du ski, avec une couche de neige supérieure à 30 cm, va diminuer : à Einsiedeln (910 m), par exemple, les jours où l'on pourra skier passeront de 51 à 24.

Dans une vingtaine d'années, le tourisme lié au ski va battre de l'aile dans les régions de moyenne altitude de l'espace alpin si l'on n'entreprend rien pour réduire les émissions de gaz à effet de serre. Figurent sur la liste rouge, des stations importantes comme „Les Portes du Soleil“ en Valais/Haute Savoie, Kitzbühel au Tyrol ou Kranjska Gora en Slovénie. Dans une trentaine d'années, le tourisme d'hiver va même être sérieusement compromis dans les régions de plus de 1500 m également et dans les régions des glaciers. On tente souvent de freiner ce déclin en enneigeant artificiellement les pistes.

Rien qu'en Suisse, les coûts sociaux et économiques des dommages résultant directement des changements climatiques sont chiffrés à 2,3 milliards de francs par année, soit 1,5 milliard d'euros. Le manque de neige en basse altitude a encore une autre conséquence fatale. De grandes entreprises de remontées mécaniques, financièrement solides, essaient déjà d'étendre leurs pistes toujours plus haut : sur les glaciers en haute montagne et dans quelques-uns des derniers sites naturels intacts des Alpes.

Le tourisme d'hiver dans les Alpes est presque exclusivement axé sur le ski et donc extrêmement dépendant des chutes de neige. Les régions concernées – qui bénéficient d'aides financières – auraient donc tout intérêt à devenir moins tributaires de la neige et du ski, en diversifiant leur offre et en développant un tourisme orienté sur les quatre saisons.

Des palmiers au sommet des montagnes ?

L'aire naturelle de répartition de nombreuses espèces végétales et animales est limitée par des facteurs climatiques. Un changement climatique entraîne la modification d'un grand nombre de conditions locales comme la température, les précipitations et l'ensoleillement. Il faut donc s'attendre à un déplacement des espèces.

Les effets d'un changement climatique sur la végétation ont une composante spatiale et une composante temporelle.

Conséquences sur la diversité des espèces :

Dans un grand nombre de régions de montagne, on trouve aujourd'hui deux fois plus d'espèces que lors de relevés effectués au siècle passé. Par ailleurs, les sommets présentant une grande biodiversité et une couverture végétale élevée ont un potentiel d'accueil plus restreint pour de nouvelles espèces que les régions montagneuses ouvertes avec une moins grande biodiversité, dont le "pool" d'espèces n'est pas encore saturé.

On peut craindre une menace pour la diversité des espèces animales et végétales de haute montagne, c'est-à-dire des pertes sur le plan de la biodiversité.

Plusieurs scénarios ont déjà été ébauchés sur les conséquences éventuelles des modifications de la végétation en haute montagne. En ce qui concerne la flore alpine d'altitude, on émet souvent l'hypothèse

qu'elle sera tôt ou tard évincée par des espèces plus concurrentielles venant d'en bas et qu'elle est donc menacée d'extinction. Une fuite vers le haut n'est pas possible à long terme. Au-delà des sommets, il n'y a plus guère que le ciel.⁸

En outre, la végétation est aussi menacée par les effets indirects du changement climatique, comme par ex. une plus grande instabilité des versants.

Il se produit aussi un déplacement géographique de la végétation :

Un grand nombre de facteurs écologiques peuvent s'être modifiés durant les dernières décennies et avoir contribué à la diffusion d'espèces exotiques. Les modifications climatiques jouent un rôle décisif dans cette évolution, à double titre. Tant les températures minimales absolues que la fréquence des jours de gel ont diminué alors que la répartition des précipitations est restée la même dans la période examinée. Ces conditions ont favorisé durablement la colonisation d'espèces exotiques à feuilles persistantes.

Un exemple : palmiers et arbustes exotiques à feuilles persistantes comme le laurier, le camphrier, l'olivier de Bohême et le palmier chanvre colonisent les forêts mélangées à feuillus nobles du sud du Tessin.⁹

Forêt de montagne :

Si un réchauffement climatique a effectivement lieu, la végétation naturelle potentielle se modifiera en de nombreux endroits de Suisse. Cela peut se traduire par une progression de la ceinture de feuillus à des altitudes plus élevées, accompagnée d'un rétrécissement de la ceinture actuelle de conifères. Au cas où le réchauffement serait très marqué, la ceinture de hêtres pourrait être remplacée par celle de chênes et de charmes. Cela pourrait se produire dans les 150 à 200 ans à venir. L'éventualité d'un déplacement de la limite supérieure de la zone forestière ne dépend pas seulement du changement climatique. Même si, pour des raisons purement climatiques, la forêt pouvait grimper plus haut, elle ne le ferait pas tant que l'exploitation des pâturages alpestres serait aussi intensive qu'elle l'est aujourd'hui. Il s'est avéré, à l'exemple des pelouses alpines, que des régions au climat continental, comme le Valais ou les Grisons, pourraient être les plus sensibles à un changement climatique.¹⁰

Effets sur la physiologie :

On se serait attendu à ce qu'une concentration plus élevée de CO₂ dans l'air ait un effet fertilisant : le CO₂ stimule la photosynthèse des plantes, qui peuvent donc constituer plus de substance organique. En d'autres termes, les plantes ont une croissance plus rapide et deviennent plus grandes. Toutefois, des études menées sur les pelouses alpines et la forêt de montagne n'ont pas confirmé cet effet fertilisant du CO₂. Avec une concentration accrue de CO₂ dans l'air, les plantes ne se développent pas mieux à long terme et ne sont donc pas plus résistantes aux effets du changement climatique.²

En fait, la photosynthèse des plantes poussant dans la nature est davantage limitée par les substances nutritives et l'eau que par le CO₂ présent dans l'air.

Les plantes de haute montagne que l'on trouve dans les pelouses alpines s'adaptent à une augmentation de l'apport en CO₂ en rendant leur système de photosynthèse moins performant. La capacité de photosynthèse reste donc à peu près la même. Une intensification de la photosynthèse n'intervient qu'au début, en particulier dans les zones subissant des apports d'engrais.

Les jeunes peuplements, des puits à carbone ?

L'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) voit dans les jeunes forêts le meilleur moyen de stocker du gaz carbonique dans la biomasse. Cependant, si la biomasse aérienne des jeunes forêts à croissance rapide fixe plus de gaz carbonique qu'elle n'en rejette, la respiration des organismes présents dans le sol est aussi plus importante : comme les jeunes arbres n'arrêtent guère les rayons du soleil et la

⁸ Georg Grabherr : Le changement climatique affecte la flore de haute montagne, in : 2^{ème} Rapport sur l'état des Alpes

⁹ Gian-Reto Walther : Palmen in der Schweiz - ein Indiz ?

¹⁰ Felix Kienast, Otto Wildi, Niklaus Zimmermann : Quels sont les effets du changement climatique sur la forêt de montagne ?, in : 2^{ème} Rapport sur l'état des Alpes

pluie, ces organismes se portent mieux et respirent davantage. Ce n'est donc pas le taux de fixation du carbone qui est déterminant, mais le temps pendant lequel il est stocké dans la biomasse.¹¹

Avec le temps, les vieux arbres fixent une grande quantité de carbone par l'intermédiaire de leur litière et de leurs racines. Les vieilles forêts constituent de véritables puits à carbone, alors que les reboisements en libèrent plutôt.

Une étude publiée dans le magazine *Nature* montre aussi que le sol et la couche de litière ne stockent qu'une quantité restreinte de carbone et que le stockage du carbone dans les arbres est limité à long terme par les substances nutritives et l'eau.

Gagnants et perdants

Dans le cas des scénarios climatiques extrêmes, les modèles climatiques font état d'une diminution importante de la production d'un point de vue global et d'une forte augmentation du prix des céréales sur le marché mondial. L'écart entre les pays industrialisés et les pays en voie de développement va se creuser. Les pays industrialisés bénéficiant d'une position géographique dans la zone tempérée, il va s'y produire une augmentation de la production en raison de l'effet fertilisant du CO₂.

En Suisse, ces scénarios indiquent certes une diminution des surfaces cultivées, mais cette diminution est compensée par l'effet fertilisant d'une concentration plus élevée en CO₂, un prolongement de la période de végétation et un déplacement des zones d'altitude. Il faut donc s'attendre somme toute à un accroissement de la production.

Les sceptiques de l'effet de serre

Le protocole sur le climat adopté en 1997 à Kyoto demande aux pays industrialisés de réduire leurs émissions de gaz à effet de serre d'au moins 5% par rapport à 1990, d'ici à la période 2008 - 2012. L'objectif manqué de la 6^{ème} Conférence mondiale sur le climat à La Haye en novembre 2000 était de modifier le protocole sur le climat de Kyoto dans les domaines controversés de façon qu'il puisse être ratifié par les principales parties contractantes.

Avec l'"Intergovernmental Panel on Climate Change" (IPCC) – une commission internationale des Nations Unies réunissant 2500 scientifiques et assistée par 3000 autres scientifiques – la Convention sur le climat dispose de sa propre commission scientifique, qui met à jour et évalue en continu les dernières découvertes en la matière.

Dans leur troisième rapport, ces conseillers scientifiques de l'ONU s'attendent à une augmentation de la température allant jusqu'à six degrés Celsius d'ici à cent ans et estiment vraisemblable que le réchauffement des dernières décennies soit en grande partie causé par des activités humaines. Ils s'efforcent de faire valoir leurs arguments face à un petit nombre de soi-disant "experts" du climat engagés par l'industrie du pétrole et du charbon. Ces derniers se trouvent à la tête de différentes organisations comme la "Global Climate Coalition" et contestent les résultats des scientifiques de l'IPCC. Dans les milieux spécialisés, ces "experts" sont appelés des sceptiques du climat ("Climate Skeptics") ou des sceptiques de l'effet de serre ("Greenhouse Skeptics").¹²

Le journaliste américain Ross Gelbspan a étudié pendant deux ans l'industrie américaine du mazout et du charbon et les activités des sceptiques du climat financées par ces industries.¹³ Il constate : "Durant les six dernières années, les filières du charbon et du pétrole ont dépensé des millions pour une campagne de propagande qui cherchait à balayer la menace d'une catastrophe climatique. Des montants importants ont notamment été employés à faire connaître dans les médias une poignée de scientifiques ayant un point de vue aberrant sur la problématique climatique, des 'experts' dont la notoriété et la crédibilité sont sans commune mesure avec leur importance au sein de la communauté scientifique."

¹¹ Martin Läubli : Klimazank : Jungwald bringt wenig

¹² Site Internet de Greenpeace Autriche

¹³ Ross Gelbspan : The Heat is on

Les raisons de poursuivre activement une politique climatique internationale sont multiples. On trouve en premier lieu les différents intérêts des Etats contractants. Dans le cas de la politique climatique, il s'agit d'intérêts nationaux primordiaux, tels que l'approvisionnement en énergie, la croissance, l'innovation, la libre mobilité, la consommation individuelle.

Ces conflits d'intérêts sont sensibles dans les violents antagonismes opposant les Européens, prêts à adopter une politique climatique plus restrictive, et ce qu'on appelle le groupe du parapluie, auquel appartiennent les Etats-Unis, le Canada, le Japon, l'Australie et plusieurs pays exportateurs de pétrole. Les pays en voie de développement constituent une troisième coalition d'intérêts. Ils demandent le respect des promesses faites à Rio en 1992, comme le transfert des connaissances en matière de technologie neutre pour le climat ainsi qu'une aide financière et technologique pour leur permettre de s'adapter au changement climatique.¹⁴

Le manque de consensus des scientifiques en ce qui concerne les conséquences de l'effet de serre accroît encore les incertitudes des politiques. Inversement, la méthodologie permettant de gérer cette incertitude scientifique fait défaut aux décideurs, qui devraient se mettre à penser en termes de modèles, d'options et de probabilités.

En ce qui concerne la réduction des émissions de gaz à effet de serre, la façon de comptabiliser l'effet de ce qu'on appelle les puits – les forêts et les cultures prélevant des gaz à effet de serre dans l'atmosphère – peut, par exemple, jouer un rôle décisif. Le bilan des gaz à effet de serre pour un pays peut ainsi se modifier jusqu'à 20%, ce qui représente plusieurs fois l'équivalent des objectifs de réduction décidés à Kyoto. En fin de compte, il s'agit de savoir combien les Etats contractants investissent dans la réduction des gaz à effet de serre et dans quelle mesure leurs habitants doivent changer leurs habitudes de consommation.¹⁴

Nombreuses sont les critiques formulées au sein de l'ONU à l'encontre des intentions du président Bush d'assurer l'approvisionnement en énergie des Etats-Unis par un développement massif des centrales à charbon, à mazout, à gaz et des centrales nucléaires, plutôt que par des programmes d'économie et une utilisation accrue des énergies renouvelables. En avril 2001, les Etats-Unis ont renoncé aux accords de Kyoto sur la protection du climat, car Bush mettait en doute le réchauffement climatique et ses conséquences en s'appuyant sur les déclarations des scientifiques qu'il avait engagés. On peut rappeler à ce propos que la campagne électorale de Bush a été en grande partie financée – à raison de 25,5% pour chacun de ces deux groupes d'intérêts - par l'industrie du mazout et du gaz ainsi que par des banques et des sociétés de cartes de crédit ; mais aussi par l'industrie pharmaceutique, celle du tabac, l'industrie minière et par les lignes aériennes.

Une étude toute récente de l'Académie américaine des sciences, commandée par le gouvernement Bush (!), indique aussi qu'il faut s'attendre à une augmentation de 1,5 à 5°C des températures au cours des cent prochaines années, ce qui au moins ne permet plus au président Bush de remettre en doute les fondements scientifiques du débat.

Une solution en vue ?

Une politique énergétique commune, l'utilisation accrue des énergies renouvelables et la promotion d'un mode de vie et d'une économie compatibles avec un développement durable sont porteurs d'espoir dans le contexte climatique actuel. On peut mentionner un projet inédit imaginé par la Landesinitiative Zukunftsenergien du Land de Rhénanie-du-Nord-Westphalie pour dix écoles du Land et concrétisé en ce moment par l'Institut Wuppertal. Il s'agit de combiner la construction d'une installation photovoltaïque de 40 kW à des investissements devant assurer une économie d'électricité – dans un premier temps dans une seule école pilote. Des bailleurs de fonds privés peuvent participer au financement de ces mesures et bénéficier d'un revenu sur l'argent investi dans ces travaux. La protection du climat devient ainsi un placement intéressant.

¹⁴ Stephan Kux : Chancen und Risiken im Klimapoker

Il existe aussi des approches telles que l'Integrated Assessment : les résultats scientifiques obtenus dans le cadre du projet CLEAR (Climate Change in the Alpine Region) du programme Environnement du Fonds national suisse, ont été traités pour constituer des modèles aisément compréhensibles et mis en relation entre eux (clear.eawag.ch/clear/index.html). On dispose ainsi de bases de décision accessibles pour orienter notre politique climatique. Les mesures radicales et les changements de comportement nécessaires en vue de réduire l'effet de serre n'étant pas seulement l'affaire des politiques, mais celle de toute la société, les résultats de CLEAR ont été soumis à un large éventail de groupes de population, afin de tester leur compréhensibilité par le public et d'examiner l'accueil réservé aux options proposées. L'Integrated Assessment permet ainsi d'évaluer des connaissances encore aléatoires et de mesurer les conséquences des options de remplacement.¹⁴

A l'avenir, les modèles climatiques devront permettre des évaluations plus fiables de l'évolution climatique, non seulement en donnant une moyenne sur l'ensemble de la planète, mais aussi dans des régions spécifiques. En outre, il sera nécessaire d'évaluer, outre la situation générale du climat, la fréquence d'événements ponctuels comme les sécheresses, les inondations et d'autres intempéries ainsi que d'en étudier les effets éventuels sur notre environnement, notre économie, nos ressources en eau et nos populations.¹

Références

1. Stefan Bader, Pierre Kunz : Klimarisiken - Herausforderung für die Schweiz, Rapport scientifique final du PNR 31, vdf Hochschulverlag AG à l'EPF de Zurich, 1998.
2. Stefan Flückiger, Peter Rieder : Klimaänderung und Landwirtschaft, Rapport final du PNR 31, vdf Hochschulverlag AG à l'EPF de Zurich, 1997.
3. Stefan Flückiger, Peter Rieder, Peter Burri, Thomas Schmid : Klimaänderung und Naturkatastrophen im Berggebiet, Rapport final du PNR 31, vdf Hochschulverlag AG à l'EPF de Zurich, 1997.
4. Bruno Abegg : Klimaänderung und Tourismus, Rapport final du PNR 31, vdf Hochschulverlag AG AG à l'EPF de Zurich, 1996.
5. CIPRA-International (Ed.) : 2^{ème} Rapport sur l'état des Alpes, 2001.
6. CIPRA-International (Ed.) : Mögliche ökologische Auswirkungen von Klimaveränderungen in den Alpen. Petite série documentaire 8/91.
7. Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEFP), Suisse (Ed.) : Le climat en danger, Faits et perspectives concernant l'effet de serre, Berne, 1997.
8. Peter Schütt : Bergwald und Klimaänderung, in : Schöne neue Alpen (Ed. Sylvia Hamberger, Oswald Baumeister, Rudi Erlacher, Wolfgang Zängl), Raben Verlag par Wittern KG et la Gesellschaft für ökologische Forschung e.V., Munich, 1998, p. 142.
9. Helmut Klein : Die Alpen im Klimastress, in : Schöne neue Alpen (Ed. Sylvia Hamberger, Oswald Baumeister, Rudi Erlacher, Wolfgang Zängl), Raben Verlag par Wittern KG et la Gesellschaft für ökologische Forschung e.V., Munich, 1998, p. 143.
10. Michael Gottfried, Harald Pauli, Georg Grabherr : Die Alpen im "Treibhaus" : Nachweise für das erwärmungsbedingte Höhersteigen der alpinen und nivalen Vegetation, Jahrbuch des Vereins zum Schutz der Bergwelt, Munich, 59 (1994) : 13-27.
11. Stephan Kux : Chancen und Risiken im Klimapoker, Bulletin (Magazine de l'EPF de Zurich), n° 280, janvier 2001, p. 6.
12. Christoph Schär, Martin Wild : Modelle in der Klimadebatte, Bulletin (Magazine de l'EPF de Zurich), n° 280, janvier 2001, p. 18.
13. Christoph Frei : Extremniederschläge im Wandel ?, Bulletin (Magazine de l'EPF de Zurich), n° 280, janvier 2001, p. 30.
14. Harald Bugmann : Fiebertemperaturen am Gebirgswald, Bulletin (Magazine de l'EPF de Zurich), n° 280, janvier 2001, p. 34.
15. Gian-Reto Walther : Palmen in der Schweiz - ein Indiz ?, Bulletin (Magazine de l'EPF de Zurich), n° 280, janvier 2001, p. 38.
16. Martin Läubli : Klimazank : Jungwald bringt wenig, Tagesanzeiger (7.6.2001)
17. Christian Plüss, Urs Neu : Le climat change-t-il ?, in : Les Alpes (Ed. Club alpin suisse), 5/2001, p. 46.
18. Données sur le climat : http://clear.eawag.ch/menu_d.html
19. <http://www.proclim.ch/ClimateFacts.html>
20. Découvertes scientifiques récentes : <http://news.swiss-science.ch/news/newsarchive.jsp>
21. <http://www.greenpeace.at/umweltwissen/klima/auswirkungen>
22. <http://www.greenpeace.at/umweltwissen/klima/klimawandel/skeptiker>