

28
|
07

> Changements climatiques en Suisse

Indicateurs des causes, des effets et des mesures



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Office fédéral de l'environnement OFEV

28
—
07

> Changements climatiques en Suisse

Indicateurs des causes, des effets et des mesures

Impressum

Éditeur

Office fédéral de l'environnement (OFEV)

L'OFEV est un office du Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication (DETEC).

Auteurs

Nicole North, Natascha Kljun, Florian Kasser, Jürg Heldstab,
Markus Maibach, Judith Reutimann, Madeleine Guyer (INFRAS)

Remerciements

L'éditeur remercie l'Office fédéral de météorologie et de climatologie MétéoSuisse (Christof Appenzeller, Stephan Bader, Claudio Defila, Christoph Frei, Evelyn Zenklusen), à Zurich, pour la mise à disposition de données, d'analyses et d'interprétations concernant l'évolution du climat en Suisse.

Conseiller OFEV

Markus Nauser, section Climat

Référence bibliographique

North N., Kljun N., Kasser F., Heldstab J., Maibach M., Reutimann J.,
Guyer M. 2007 : Changements climatiques en Suisse – Indicateurs
des causes, des effets et des mesures. État de l'environnement
n° 0728. Office fédéral de l'environnement, Berne. 77 p.

Traduction

Stéphane Cuennet, Karin Singh

Graphisme, mise en page

Ursula Nöthiger-Koch, 4813 Uerkheim

Photo couverture

Triftgletscher, Canton de Berne, 1948 et 2003.

Archives VAW / EPF Zurich : E. Gyger (1948), M. Funk (2003)

Commande

OFEV

Documentation

CH-3003 Berne

Fax +41 (0) 31 324 02 16

docu@bafu.admin.ch

www.environnement-suisse.ch/uz-0728-f

Numéro de commande et prix :

UZ-0728-F / CHF 20.– (TVA incluse)

Cette publication est également disponible en allemand et en italien
(UZ-0728-D/I).

© OFEV 2007

> Table des matières

Abstracts	5		
Avant-propos	7		
Aperçu	8		
Introduction	11		
<hr/>			
1 Émissions de gaz à effet de serre	17		
1.1 Émissions de CO ₂ au plan mondial	17		
1.2 Émissions de CO ₂ dans différents pays	18		
1.3 Émissions de gaz à effet de serre en Suisse	19		
1.4 Émissions de gaz à effet de serre et facteurs exerçant une influence	20		
1.4.1 Ménages	20		
1.4.2 Industrie	21		
1.4.3 Transports	22		
1.4.4 Trafic routier	24		
1.5 Émissions de gaz à effet de serre par gaz	25		
1.6 Intensité des gaz à effet de serre	26		
1.7 Émissions de CO ₂ par ménage en comparaison avec d'autres pays	27		
1.8 Émissions grises de CO ₂	28		
<hr/>			
2 Évolution du climat en Suisse	30		
2.1 Évolution de la température	30		
2.2 Températures journalières maximales et minimales	32		
2.3 Jours de canicule et de gel, nuits tropicales et jours de dégel	33		
2.4 Fortes précipitations	35		
2.5 Couverture de neige sur le Plateau et dans les Préalpes	37		
<hr/>			
3 Conséquences pour l'espace naturel	38		
3.1 Bilan de masse et modification de la longueur des glaciers	38		
3.2 Variations de température du pergélisol	40		
3.3 Bilan hydrologique	41		
3.4 Température des cours d'eau	42		
3.5 Effectifs de truites de rivière	44		
3.6 Couverture de glace des lacs du Plateau	45		
<hr/>			
		3.7 Floraison des cerisiers à Liestal	46
		3.8 Propagation du palmier chanvre en Suisse méridionale	47
<hr/>			
4 Conséquences pour la société et l'économie	49		
4.1 Jours de chauffage et jours de climatisation	49		
4.2 Enneigement des stations de sports d'hiver	50		
4.3 Propagation des tiques et cas d'encéphalite à tiques	51		
4.4 Événements extrêmes et dommages assurés	53		
<hr/>			
5 Réponses apportées aux changements climatiques	55		
5.1 Mesures de réduction des émissions	55		
5.1.1 Aperçu	55		
5.1.2 Mise en œuvre de la loi sur le CO ₂	56		
5.1.3 Consommation des nouvelles voitures et émissions de CO ₂	59		
5.1.4 Surface de référence énergétique des bâtiments certifiés	60		
5.1.5 Effets des programmes d'encouragement cantonaux sur les émissions de CO ₂	62		
5.2 Stratégies de gestion des effets des changements climatiques	64		
5.2.1 Aperçu	64		
5.2.2 Cartographie et prévention des dangers	64		
5.2.3 Mesures d'adaptation dans le domaine du tourisme	66		
5.2.4 Irrigation agricole	68		
5.2.5 Adaptation de la gestion sylvicole	69		
<hr/>			
6 Perspectives	71		
<hr/>			
Index	72		
Abréviations	72		
Figures	72		
Tableaux	74		
Bibliographie	74		

> Abstracts

The climate is changing at a global scale. Switzerland – particularly the alpine regions – is affected above average by this change. Various indicators give evidence of the warming and its manifold impacts on nature, society, and the economy in Switzerland. By means of selected examples, the report illustrates the connections and interrelations between climate change, state of the environment, and society in the course of time and documents policy and economic responses to these changes.

Das Klima ändert sich weltweit, und die Schweiz – insbesondere der Alpenraum – ist davon überdurchschnittlich betroffen. Verschiedene Indikatoren belegen die Klimaerwärmung und deren mannigfaltige Auswirkungen auf Natur, Gesellschaft und Wirtschaft in der Schweiz. Der Bericht illustriert anhand von ausgewählten Beispielen die Beziehungen und Zusammenhänge zwischen Klimaänderung, Umweltzustand und Gesellschaft im Zeitverlauf und dokumentiert, wie Politik und Wirtschaft auf diese Veränderungen reagieren.

Le climat de la Terre se modifie et la Suisse est particulièrement touchée, surtout dans l'Arc alpin. Différents indicateurs attestent du réchauffement climatique et de ses multiples effets sur la nature, la société et l'économie en Suisse. À l'aide d'exemples choisis, le présent rapport illustre les liens et les corrélations entre les changements climatiques, l'état de l'environnement et la société au cours du temps et montre la manière dont la politique et l'économie réagissent à ces modifications.

Il clima della Terra sta cambiando. La Svizzera, soprattutto la regione alpina, è particolarmente interessata da tale fenomeno. Diversi indicatori attestano il riscaldamento climatico e i suoi molteplici effetti su natura, società ed economia in Svizzera. Sulla base di esempi appositamente selezionati, il presente rapporto illustra le relazioni e i nessi esistenti tra cambiamenti climatici, stato dell'ambiente e società nel corso del tempo e passa in rassegna le risposte date dalla politica e dall'economia a questi cambiamenti.

Keywords:

Climate change, global warming, climate policy, impacts, adaptation, indicator, Switzerland

Stichwörter:

Klimawandel, Klimaänderung, globale Erwärmung, Klimapolitik, Auswirkungen, Anpassung, Indikator, Schweiz

Mots-clés :

changements climatiques, réchauffement global, politique climatique, effets, adaptation, indicateur, Suisse

Parole chiave:

cambiamenti climatici, riscaldamento globale, politica climatica, effetti, adattamento, indicatore, Svizzera

> Avant-propos

La prise de conscience des causes et des effets apparents des changements climatiques s'est accrue ces dernières années tant au sein de l'économie et des milieux politiques que dans la population. Aujourd'hui, l'urgence d'une action coordonnée au plan international n'est pratiquement plus contestée et de nombreuses initiatives visant à protéger le climat sont mises en œuvre.

Les changements climatiques ne se manifestent pas uniquement par les anomalies de temps et les catastrophes naturelles dont la presse se fait largement l'écho. Les modifications subtiles, souvent irréversibles, qui se sont instaurées au cours des dernières décennies et qui ont une incidence toujours plus grande sur notre vie quotidienne, sont au moins aussi importantes que les événements extrêmes. Le présent rapport vise à aiguïser le regard sur ces effets insidieux et à long terme des modifications du climat et à rendre le débat plus objectif.

Le rapport montre, à l'aide d'exemples, que la Suisse a déjà commencé à faire face au défi posé par les changements climatiques : le tourisme d'hiver remédie au manque de neige par des installations d'enneigement artificiel et, sur le Plateau, la demande de subsides pour des installations d'irrigation est en augmentation. Cependant, des réponses de ce type aux modifications du climat sont non seulement coûteuses, mais elles entraînent en outre une demande accrue en ressources naturelles telles que l'eau et l'énergie. Il devient dès lors évident que la politique économique et la politique climatique doivent agir de concert.

Les conséquences néfastes des changements du climat doivent être décelées suffisamment tôt et l'efficacité des mesures prises doit être évaluée régulièrement afin d'effectuer les adaptations économiques et politiques appropriées. C'est pourquoi, l'OFEV continuera à documenter les indicateurs pertinents et publiera périodiquement les résultats obtenus.

Bruno Oberle
Directeur
Office fédéral de l'environnement (OFEV)

> Aperçu

Dans les milieux spécialisés, on ne conteste plus aujourd'hui le fait que le climat change et que les effets de ces modifications sont perceptibles dans la nature et la société. Le changement climatique se manifeste essentiellement par l'augmentation de la température observée partout dans le monde. L'Arc alpin est particulièrement touché par ces effets étant donné l'impact important du climat sur les conditions de vie en montagne.

Le présent rapport documente les indicateurs reflétant les liens et les corrélations entre le climat (et ses modifications), l'état de l'environnement et la société au cours du temps. Sa structure suit la chaîne des processus ayant des effets sur le climat : partant de l'homme, qui est responsable des changements climatiques, il examine ensuite les effets induits et enfin les activités visant à limiter et à maîtriser ces effets. Le rapport s'articule en cinq axes principaux :

- > évolution des émissions de gaz à effet de serre ;
- > effets sur le système climatique ;
- > conséquences pour l'espace naturel ;
- > conséquences pour la société et l'économie ;
- > mesures visant à atténuer les changements climatiques et à s'adapter à leurs effets.

Les conditions climatiques interagissent étroitement avec la société et l'économie, raison pour laquelle le temps qu'il fait est un sujet d'intérêt public qui revient régulièrement et les conditions météorologiques inhabituelles sont de plus en plus imputées aux changements climatiques induits par l'homme. Cependant, tous les caprices du temps ne doivent pas être interprétés comme un indice du changement climatique. Les conditions météorologiques présentent une grande variabilité naturelle qui ne peut être différenciée clairement des changements climatiques, dont l'évolution est relativement lente, que sur des périodes relativement longues. Pour ce faire, il est important de disposer de longues séries d'observations.

C'est pourquoi ce rapport présente quelques exemples bien documentés parmi les nombreux indices révélateurs des modifications climatiques qui permettent d'illustrer les interrelations complexes entre le climat, la nature et la société. On obtient ainsi un premier panorama sommaire de l'évolution du climat et de ses effets en Suisse. Toutefois, d'autres domaines doivent également être analysés et documentés afin de disposer des bases décisionnelles nécessaires à l'évaluation des actions requises et au contrôle du résultat des mesures prises, mais aussi afin de prévenir les évolutions indésirables.

Le Tab. 1 ci-après donne une vue d'ensemble des principaux indicateurs examinés dans ce rapport.

Tab. 1 > Principaux indicateurs et informations concernant les causes, les effets et les mesures.

Ce tableau présente des indicateurs choisis concernant différents domaines et les principales informations et tendances qui s'y rapportent. D'autres indicateurs sont présentés dans le rapport.

Domaine	Indicateur	Principales informations et tendances
Émissions de gaz à effet de serre	Émissions de gaz à effet de serre par secteur	En Suisse, les émissions de GES ¹ stagnent depuis 1990 ; les quotes-parts des différents secteurs se sont toutefois légèrement modifiées. Le secteur des transports est le plus gros émetteur de GES, suivi des ménages et de l'industrie.
	Émissions de gaz à effet de serre des ménages	La consommation d'énergie de chauffage par m ² de surface habitable a pu être réduite depuis 1990. Les émissions de CO ₂ des ménages suisses sont toutefois sensiblement plus élevées en comparaison internationale. Ceci est notamment dû au fait que les taxes sur les carburants et les combustibles sont plus faibles et les voitures plus grandes.
	Émissions de gaz à effet de serre de l'industrie	La production industrielle et les émissions de GES évoluent toujours en parallèle ; aucun découplage de cette évolution ne peut être mis en évidence.
	Émissions de gaz à effet de serre des transports	Les émissions de GES du trafic routier ont considérablement augmenté depuis 1990. Les émissions du transport aérien augmentent à nouveau après un fléchissement entre 2001 et 2003.
	Émissions de gaz à effet de serre par gaz	Les changements importants intervenus depuis 1950 au sein de la société et de l'économie ont entraîné une augmentation de la proportion de CO ₂ de 54 % à 85 %, celle de CH ₄ et de N ₂ O passant de 46 % à 13 %.
	Intensité des gaz à effet de serre	Par rapport à la population, au produit intérieur brut (PIB) et à la consommation d'énergie, les émissions ont diminué jusqu'à la fin des années 1990 et stagnent depuis lors.
	Émissions de CO ₂ par tête dans différents pays	La prise en compte des émissions liées aux activités préalables à l'importation accroît la moyenne des émissions de CO ₂ par tête de la Suisse de 5,8 à 9,5 tonnes de CO ₂ (situation en 1995).
Évolution du climat en Suisse	Température annuelle moyenne	Depuis 1900, les températures annuelles moyennes ont augmenté d'environ 1,5 °C, avec un accroissement de 0,4 °C par décennie depuis 1961. Treize des 20 années les plus chaudes depuis 1900 tombent dans la période postérieure à 1990. L'élévation de la température est plus marquée en été qu'en hiver.
	Maxima et minima de température	Les moyennes annuelles des températures journalières maximales et minimales ont augmenté de 0,3 à 0,5 °C par décennie depuis 1960 dans toutes les régions du pays.
	Jours de canicule et de gel, nuits tropicales et jours de dégel	Ces dernières décennies, le nombre de jours de canicule a sensiblement augmenté en Suisse, alors que le nombre de jours de gel a nettement diminué. Les nuits tropicales n'ont jusqu'ici augmenté de manière importante que dans le sud de la Suisse. L'accroissement du nombre de jours de dégel a avant tout une incidence en haute montagne dans les zones de pergélisol.
	Fortes précipitations	Alors qu'aucune tendance significative ne se dessine en ce qui concerne l'évolution des précipitations (en moyenne annuelle) depuis le début du XX ^e siècle, la fréquence des fortes précipitations s'est accrue dans une proportion allant jusqu'à 70 %, surtout en hiver et en automne au nord des Alpes.
	Couverture neigeuse sur le Plateau et dans les Préalpes	La limite du zéro degré a augmenté de 67 mètres par décennie au cours des mois d'hiver des 50 dernières années, d'où une diminution de la quantité de neige et de la fréquence des chutes de neige dans ces régions.
Conséquences pour l'espace naturel	Bilan de masse des glaciers	Les glaciers constituent des indicateurs climatiques particulièrement pertinents pour l'observation de l'environnement mondial. Depuis le milieu des années 1980, on perçoit nettement une tendance allant dans le sens de pertes continues, qui s'accroissent même.
	Variations de température du pergélisol	En de nombreux emplacements, l'ampleur de la couche active du pergélisol tend à augmenter, avec des valeurs maximales depuis le début de cette décennie.
	Couverture de glace des lacs du Plateau	Pour onze lacs du Plateau, on observe depuis les années 1940 une tendance à une raréfaction de la formation d'une couverture de glace.

¹ GES: gaz à effet de serre

Domaine	Indicateur	Principales informations et tendances
Conséquences pour l'espace naturel <i>(suite)</i>	Température des cours d'eau et effectifs de truites de rivière	Les rivières du Plateau se réchauffent de plus en plus depuis les années 1960. Le nombre d'heures pendant lesquelles la température de l'eau dépasse 18 °C s'accroît également. Parallèlement à ce réchauffement, les effectifs de truites de rivière diminuent.
	Floraison des cerisiers	L'observation des stades de développement des plantes fournit de bons indices concernant les effets locaux des changements climatiques. Depuis 1950, on observe une tendance vers un début plus précoce, de 15 à 20 jours, de la floraison des cerisiers.
	Propagation du palmier chanvre en Suisse méridionale	Les hivers sans gel de plus en plus fréquents ont favorisé la propagation du palmier chanvre au Tessin depuis les années 1950. Il existe actuellement déjà certains indices d'une expansion au nord des Alpes.
Conséquences pour la société et l'économie	Jours de chauffage et jours de climatisation	Les jours de chauffage (température extérieure moyenne < 12 °C) diminuent dans toute la Suisse et les jours de climatisation (température extérieure moyenne > 18,3 °C) ont tendance à augmenter.
	Enneigement des stations de sports d'hiver	Le nombre de jours d'enneigement tend à diminuer, surtout à des altitudes inférieures à 1500 mètres. En hiver, les chutes de neige sont plus tardives, ceci également à plus haute altitude.
	Propagation des tiques et cas d'encéphalite à tiques	L'augmentation des cas d'encéphalite à tiques ne s'explique que partiellement par le réchauffement climatique. D'autres facteurs jouent également un rôle.
	Événements extrêmes et dommages assurés	Depuis le début des années 1970, on observe une augmentation des coûts des dommages liés aux inondations et aux glissements de terrain. Elle est toutefois proportionnellement inférieure à l'accroissement démographique, ainsi qu'à l'augmentation de la surface construite et de la densité des biens matériels.
Réponses aux changements climatiques a) Réduction des émissions de gaz à effet de serre	Mise en œuvre de la loi sur le CO ₂	Les émissions de gaz à effet de serre ont pu être stabilisées à partir de 1990, mais n'ont pas pu être réduites. La politique énergétique (programme « SuisseÉnergie »), les mesures librement consenties par l'industrie et le recul des émissions de l'agriculture entraînent une réduction des émissions ; cette diminution est toutefois compensée par l'augmentation dans le secteur des transports ainsi que par la tendance à l'accroissement des émissions lié à l'augmentation démographique et à la croissance économique.
	Émissions de CO ₂ des nouvelles voitures de tourisme	Bien que les émissions moyennes de CO ₂ des nouveaux véhicules aient pu être abaissées à 187 grammes de CO ₂ /km, l'objectif de réduction de la consommation de carburant fixé pour 2008 n'est pas compatible avec l'évolution actuelle.
	Surface de référence énergétique des bâtiments certifiés	La surface de référence énergétique des bâtiments certifiés (Minergie et Minergie-P) augmente continuellement depuis 1998 ; toutefois, en 2006, elle ne s'élevait encore qu'à 0,9 % de la surface de référence énergétique totale de la Suisse.
	Programmes d'encouragement cantonaux	Le canton de Bâle-Ville réalise de loin l'économie d'émissions de CO ₂ la plus importante grâce à des mesures d'encouragement dans le cadre du programme « SuisseÉnergie ». Certains cantons ne disposent toujours pas de programmes d'encouragement.
b) Stratégies de gestion des changements climatiques	Cartographie et prévention des dangers	Les cartes des dangers constituent un instrument essentiel de la gestion des dangers naturels. Les dangers ont été cartographiés sur près de 30 % du territoire suisse en ce qui concerne les crues, les glissements de terrain et les chutes de pierre. Toutefois, seule une petite partie de ces éléments a été mise en œuvre dans les plans d'affectation communaux.
	Mesures concernant le tourisme hivernal	Les installations d'enneigement artificiel constituent avant tout un moyen approprié de garantir une exploitation sûre des domaines skiables en haute altitude lors d'hivers à faible enneigement. Leur utilisation s'est accrue exponentiellement en Suisse depuis le début des années 1990. En 2005, près de 20 % des pistes ont pu bénéficier d'un enneigement artificiel.
	Irrigation agricole	La Confédération a modifié sa pratique de subventions pour les installations d'irrigation depuis 2005. Les aides ne sont aujourd'hui plus allouées uniquement dans les vallées sèches intra-alpines du Valais et du sud des Grisons. Une réglementation générale des droits des différents utilisateurs en cas de pénurie d'eau plus fréquente n'existe pas encore.
	Adaptation de la gestion sylvicole	Les forêts mixtes de feuillus indigènes sont mieux adaptées au réchauffement climatique que les forêts de résineux. Depuis un certain temps, la conformité des essences avec le site est de plus en plus souvent prise en compte.

> Introduction

Le climat se modifie

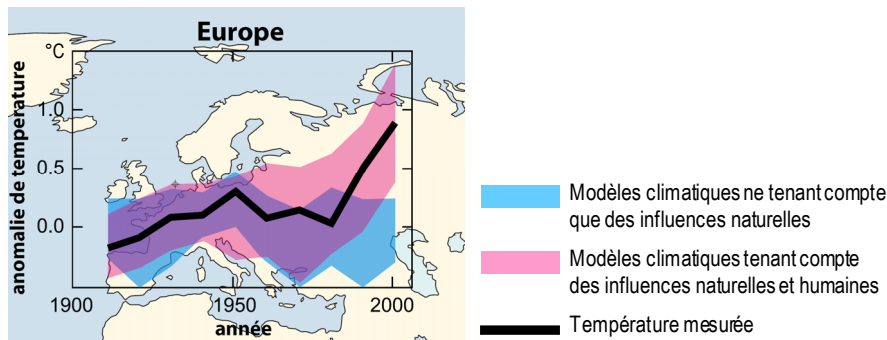
Grâce à la publication du 4^e rapport du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC 2007a) en février 2007, les connaissances sur les relations entre les émissions de gaz à effet de serre, les concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère et le réchauffement global ont considérablement progressé.

L'élévation de la température moyenne de la planète depuis le milieu du XX^e siècle est en grande partie imputable à l'augmentation de la concentration des gaz à effet de serre anthropiques dans l'atmosphère. Depuis 1970 environ, on observe, partout dans le monde, un réchauffement qui ne peut plus être expliqué uniquement par l'influence de facteurs naturels (p. ex. les variations de l'activité solaire ou les éruptions volcaniques). La Fig. 1 montre cette évolution pour l'Europe.

L'incertitude concernant l'influence des émissions anthropiques – autrement dit causées par l'homme – de gaz à effet de serre sur le climat est aujourd'hui levée.

Fig. 1 > Évolution effective de la température en Europe comparée à des modèles climatiques.

La courbe noire montre l'anomalie entre la température moyenne sur dix ans et la valeur moyenne pour la période de 1901 à 1950. Les bandes de couleur correspondent à la marge de fluctuation de modèles climatiques prenant en compte uniquement les influences naturelles (en bleu) ou les influences naturelles ainsi que les influences anthropiques (en rose).



GIEC (2007a)

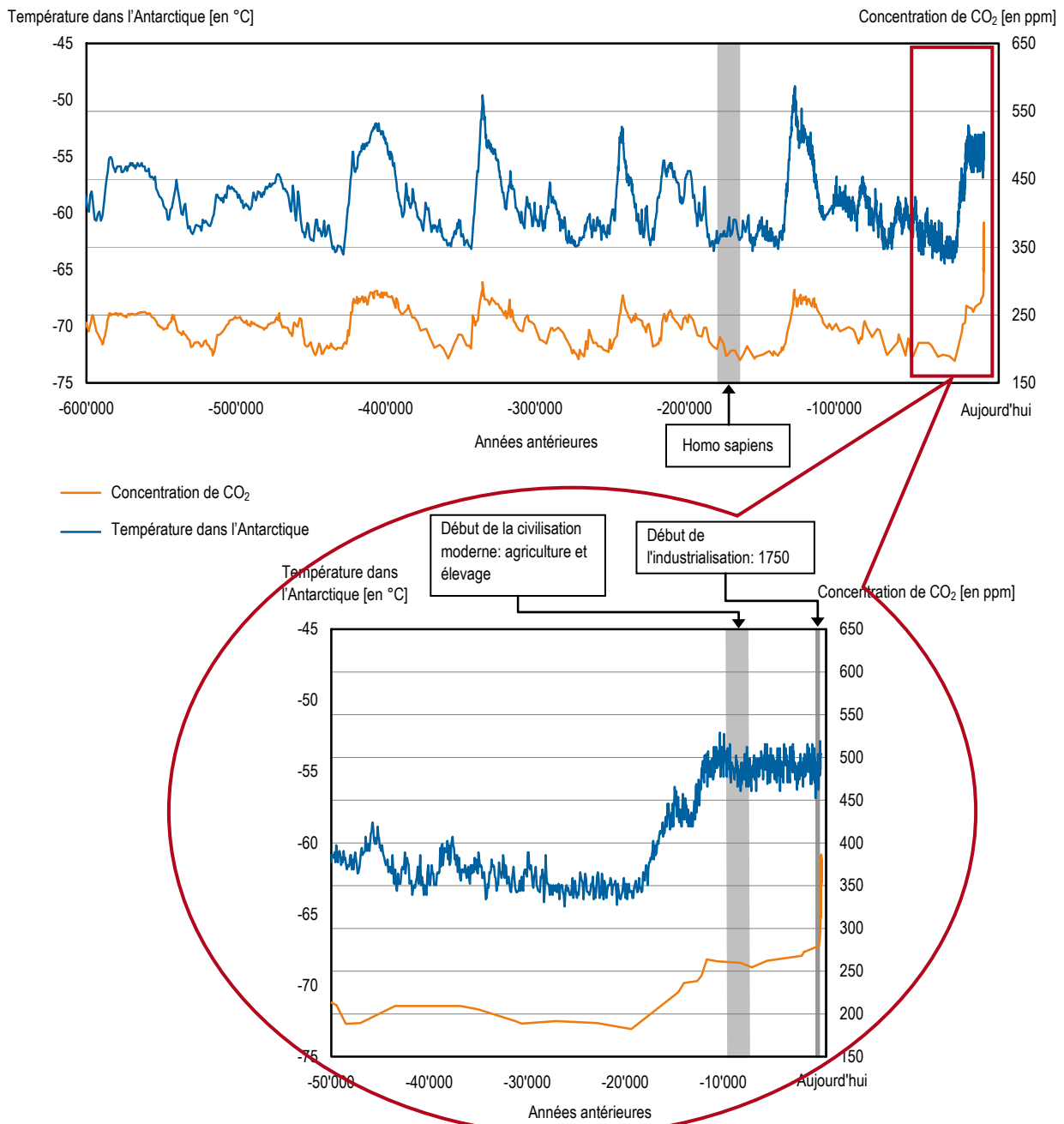
La concentration du CO₂ dans l'atmosphère est passée d'environ 280 ppm en 1750, valeur correspondant à l'ère préindustrielle, à plus de 380 ppm en 2007² en raison des activités de l'homme, en premier lieu la consommation de combustibles fossiles et les changements d'utilisation des sols. La concentration actuelle de CO₂ est de loin supérieure à la fluctuation naturelle des valeurs observée au cours des 600'000 dernières années (de 180 à 300 ppm), valeurs déterminées à partir de carottes de glace prélevées dans l'Antarctique. Jamais au cours de cette période, la concentration de CO₂ n'a augmenté aussi rapidement que depuis 50 ans. L'analyse des carottes de glace montre aussi qu'au cours de ces 600'000 ans, une concentration élevée de CO₂ dans l'atmosphère a toujours été étroitement associée à des températures ambiantes relativement élevées (Fig. 2).

Le dioxyde de carbone (CO₂) est le gaz à effet de serre anthropogène le plus important. Sa concentration est mesurée en ppm (nombre de molécules par million de molécules d'air sec).

² Données: Mauna Loa (NOAA/ESRL/GMD DATA)

Fig. 2 > Concentration de CO₂ et température dans l'Antarctique.

Évolution de la concentration de CO₂ (en orange) et de la température dans l'Antarctique (en bleu) au cours des 600'000 dernières années (en haut) et au cours des 50'000 dernières années (en bas). Les données ont été obtenues à partir de carottes de glace prélevées dans l'Antarctique. L'analyse des bulles d'air piégées dans la glace permet de déterminer la concentration de CO₂. La température a été extrapolée de la teneur en deutérium de la glace. Les strates annuelles et les mesures physicochimiques dans la glace permettent de tirer des conclusions sur l'âge de la glace analysée. Les données relatives à la concentration de CO₂ à partir de 1958 proviennent de mesures effectuées par la station de recherches de Mauna Loa, à Hawaii.



L'homme moderne (*Homo sapiens*), qui est apparu il y a plus de 150'000 ans sur la Terre, a été soumis à des variations climatiques importantes. Sa dissémination sur l'ensemble du globe est notamment imputée à sa grande capacité d'adaptation à des climats différents. Depuis que l'humanité s'est sédentarisée et qu'elle a commencé à cultiver la terre et à faire de l'élevage (il y a 11'500 à 5500 ans), le climat de la planète est toutefois resté relativement stable. Les changements climatiques induits récemment par l'homme menacent de mettre abruptement fin à cette phase de stabilité et pourraient entraîner des températures encore jamais atteintes dans l'histoire de la civilisation moderne.

Les effets des changements climatiques sont perceptibles – dans le monde entier ainsi qu'en Suisse

Il existe aujourd'hui, partout dans le monde, des preuves indubitables qui montrent que les systèmes naturels sont touchés par les changements climatiques régionaux, et plus particulièrement par l'augmentation de la température. Il est quasi certain que le réchauffement observé, et causé par l'homme, contribue notamment à la fonte des glaciers, à la modification du débit des cours d'eau, au réchauffement des eaux, au début plus précoce des floraisons, aux périodes de végétation plus longues ou à la migration des plantes et des animaux vers des latitudes plus septentrionales ou à des altitudes plus élevées dans de nombreuses régions du monde (GIEC 2007b).

En se basant sur un scénario climatique régional jusqu'en 2050, l'Organe consultatif suisse sur les changements climatiques (OcCC) et le Forum sur le climat et le changement global de l'Académie suisse des sciences naturelles (ProClim-) ont réalisé une évaluation qualitative de la vulnérabilité des différents systèmes naturels et humains en Suisse (OcCC/ProClim- 2007). Sur la base de cette étude de l'OcCC, l'Office fédéral de l'environnement (OFEV) a lancé des études sur les effets économiques des changements climatiques. Parallèlement aux effets induits à l'intérieur du pays, ces études ont également examiné les effets que des changements climatiques dans d'autres régions du globe pourraient avoir sur la Suisse, en tant que petite économie nationale fortement liée à l'économie mondiale (Ecoplan et al. 2007 ; Infrans et al. 2007).

En Suisse, les effets néfastes, documentés ou prévus, du réchauffement climatique concernent plus particulièrement la nature inanimée (cycle de l'eau, glaciers, pergélisol, couverture neigeuse), l'apparition d'événements entraînant des dommages importants (températures extrêmes, fortes précipitations, crues, glissements de terrain et laves torrentielles, sécheresse), ainsi que les écosystèmes (flore et faune, forêts). Les secteurs les plus vulnérables, mis à part l'environnement naturel, sont le tourisme d'hiver, l'énergie et la santé. D'autres secteurs, tels que l'agriculture, pourraient tirer profit d'un réchauffement climatique modéré dans la mesure où les changements climatiques ne dépassent pas les valeurs attendues d'ici à 2050. Ces études ont toutefois aussi montré que les conséquences négatives du climat sur les relations commerciales internationales seraient, pour la Suisse, au moins du même ordre de grandeur que celui des conséquences au plan national.

De nombreux systèmes naturels ont déjà réagi aux changements climatiques régionaux.

Les observations et les modélisations effectuées jusqu'ici laissent présager que la Suisse (en particulier les Alpes) sera particulièrement touchée par les changements climatiques.

Problèmes liés à la « mesure » des changements climatiques et de leurs effets

L'évaluation des effets des changements climatiques sur l'environnement naturel et humain n'est pas simple.

1. La bande très large des fluctuations des conditions météorologiques au cours des semaines, des mois et des années souligne la grande variabilité naturelle du climat. Ceci s'applique tout particulièrement à la Suisse, pays situé au cœur de la chaîne principale des Alpes et qui, de ce fait est soumis aux influences météorologiques les plus diverses. Étant donné les grandes variations naturelles, il n'est pas toujours facile de déceler de nouvelles tendances.
2. Les changements climatiques provoqués par l'homme s'effectuent lentement, mais inexorablement, sur des décennies ou des siècles en raison de la grande inertie du système climatique. Aussi, l'évolution plus rapide de la société et de l'économie (p. ex. le changement structurel de l'économie mondiale ou les progrès technologiques) se superpose généralement aux effets des modifications climatiques. C'est pourquoi il n'est généralement pas possible d'isoler totalement les conséquences du changement climatique des autres influences.
3. Il existe des interactions et des relations complexes entre l'influence de l'homme sur le climat et les adaptations, les réactions de compensation et les rétroactions à court, moyen et long terme du système climatique et des domaines de la nature inanimée et vivante influencés par le climat. Cette complexité ne peut pas être représentée par une relation simple entre les causes (dans le système climatique) et les effets (dans les écosystèmes ou au quotidien sur la société). C'est pourquoi les indicateurs des effets des changements climatiques se fondent sur des relations de cause à effet certes scientifiquement fondées et plausibles, mais qui sont souvent difficiles à démontrer de manière rigoureuse.

S'agissant du troisième point, la Fig. 3 présente un mécanisme d'action simplifié des changements climatiques et illustre l'accroissement de l'incertitude en fonction de l'approfondissement de l'analyse. Elle montre que les processus de rétroaction ont une influence sur les effets, compliquant ainsi l'analyse des effets.

La complexité du système climatique et des ses interactions avec la nature ne peut pas être appréhendée à l'aide de simples relations de cause à effet.

Fig. 3 > Chaîne des effets et ampleur de l'incertitude.

Chaîne des effets allant des émissions de gaz à effet de serre jusqu'aux effets sur la nature et la société (à gauche) et ampleur des incertitudes qui y sont liées (à droite). Les effets de rétroaction (en bleu) sont représentés à titre d'exemple. Sensibilité du climat : ampleur de la réaction du système climatique à une modification de la concentration des gaz à effet de serre.

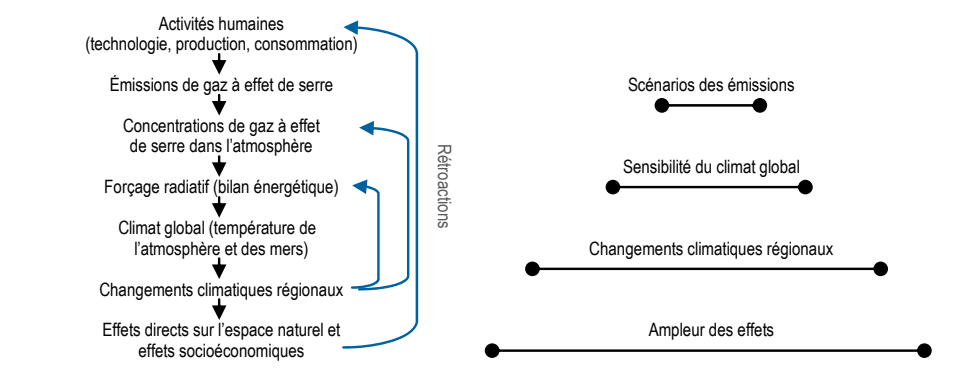


Schéma propre aux auteurs selon OCDE (2004) et Hope (2005).

Indicateurs de l'évolution du climat et de ses conséquences pour la nature et la société en Suisse

Le présent rapport examine des indicateurs pour lesquels on dispose déjà de données relativement facilement accessibles. L'objectif est d'illustrer, à l'aide d'exemples concrets bien documentés, les liens et les corrélations entre le climat (et ses modifications), l'état de l'environnement et la société au cours du temps. Les indicateurs recensés et analysés concernent les domaines suivants :

- > évolution des émissions de gaz à effet de serre en Suisse (par gaz, secteur, facteur ayant une influence, etc.) ;
- > évolution du climat, en particulier depuis 1960 (température, précipitations) ;
- > conséquences pour l'espace naturel (glaciers, bilan hydrologique, eaux, flore et faune) ;
- > conséquences pour la société et l'économie (énergie, tourisme, santé, événements extrêmes) ;
- > réaction au niveau politique : atténuation des changements climatiques (en particulier par la mise en œuvre de la loi sur le CO₂) et gestion des effets déjà perceptibles actuellement ou attendus.

Les indicateurs illustrent les changements climatiques et leurs effets sur la nature, la société, l'économie et la politique en Suisse.

Grâce aux inventaires des émissions qui doivent être remis chaque année à la Convention sur le climat ainsi qu'au suivi de la mise en œuvre de la loi sur le CO₂, l'OFEV dispose de données détaillées concernant l'évolution des émissions de gaz à effet de serre. Ces données permettent de suivre les modifications au sein des différents groupes d'émetteurs et aident à identifier les domaines dans lesquels les besoins en matière de mesures de réduction sont particulièrement importants. Le fait que les pays indus-

trialisés, notamment, doivent tenir depuis 1990 des inventaires comparables de leurs émissions permet également de comparer la situation de la Suisse à celle d'autres pays.

S'agissant des données météorologiques et climatologiques, il existe un réseau dense de stations d'observation réparties sur l'ensemble du territoire, disposant dans certains cas de séries de mesures sur des périodes relativement longues. L'Office fédéral de météorologie et de climatologie (MétéoSuisse) exploite en outre, depuis 2005, un service (Swiss GCOS Office) qui fait partie d'un réseau international, le système mondial d'observation du climat (Global Climate Observing System). Ce service coordonne les différentes activités d'observation ayant trait au climat déployées par les offices fédéraux, les hautes écoles et les instituts de recherche et assure la continuité des longues séries de mesures les plus pertinentes dans le cadre d'un système national d'observation du climat (Seiz, Foppa, sous presse). Il contribue ainsi de manière importante à la documentation de l'évolution des changements climatiques et de leurs effets sur l'espace naturel en Suisse. En ce qui concerne les effets sur les eaux, les mesures effectuées à l'OFEV constituent un apport particulièrement utile. Les résultats des différents projets de recherche et de monitoring sur l'évolution de la flore et de la faune peuvent également être utilisés.

Il n'existe jusqu'ici pratiquement aucun recensement systématique concernant les conséquences des changements climatiques pour la société et l'économie. De plus, le problème que pose la séparation de l'influence des facteurs climatiques de celle d'autres facteurs, p. ex. économiques ou politiques, est encore accentué ici. Une amélioration des données de base est néanmoins indispensable tant pour la détection précoce des changements que pour l'évaluation des mesures d'adaptation appropriées.

Lorsqu'on utilise des indicateurs pour les mesures relevant de la politique climatique, une différenciation entre les mesures visant à réduire les émissions et les mesures d'adaptation aux changements climatiques s'avère importante. Alors qu'il existe des bases relativement solides pour le suivi des mesures ayant une incidence sur l'évolution des émissions, la gestion des effets des changements climatiques n'est encore que peu documentée, probablement aussi parce que ces processus sont généralement très lents. Seul le domaine des dangers naturels dispose d'une tradition d'évaluation et de prévention des dangers bien établie et sans lien avec les changements climatiques, dont les données peuvent être exploitées.

Des systèmes de surveillance performants sont indispensables pour évaluer les actions nécessaires et planifier les mesures, pour prévenir les évolutions indésirables et pour contrôler les résultats des mesures prises. C'est pourquoi, à l'avenir, il y a lieu de prêter une attention plus grande aux domaines dont l'évolution n'est actuellement recensée que de manière très lacunaire ou pour lesquels il n'existe aucune base permettant l'évaluation d'éventuels effets. Parallèlement, il y a lieu de veiller à ce que les instruments d'observation existants continuent à être utilisés et à les étendre là où cela s'avère nécessaire. En effet, dans de nombreux domaines, ce n'est que sur des périodes relativement longues que l'évolution peut être analysée et interprétée de manière pertinente dans l'optique des actions politiques à entreprendre.

1 > Émissions de gaz à effet de serre

Dans les pays industrialisés, les émissions de gaz à effet de serre tendent encore à s'accroître ; dans les pays de l'ancien bloc de l'Est, elles sont aujourd'hui significativement plus faibles qu'en 1990 et, dans les pays en développement, elles ont continuellement augmenté. En Suisse, la somme des émissions de gaz à effet de serre est restée à peu près constante depuis 1990. L'évolution se caractérise par une augmentation dans le secteur de l'énergie, avec une diminution dans les mêmes proportions dans la plupart des autres secteurs.

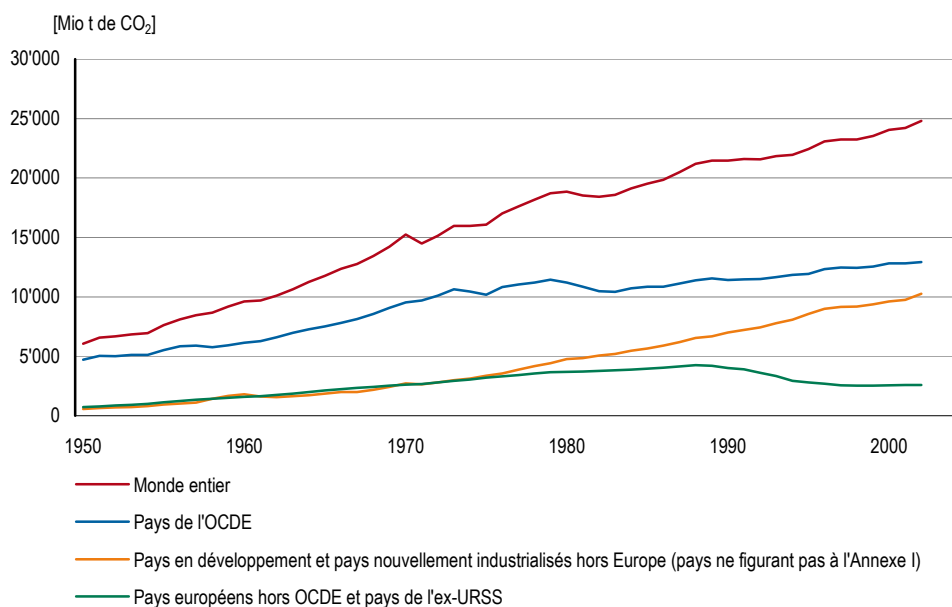
1.1 Émissions de CO₂ au plan mondial

Les émissions anthropiques de CO₂ sont principalement générées lors de la combustion d'agents énergétiques fossiles. Les émissions globales de CO₂ augmentent depuis l'industrialisation. Entre 1950 et 2002, elles ont été multipliées par quatre pour atteindre environ 25 milliards de tonnes de CO₂ en 2002 (Fig. 4).

Les principaux agents énergétiques au plan mondial sont le pétrole, le charbon et le gaz naturel. La combustion d'un kilo d'huile de chauffage ou d'essence entraîne la formation de 3,14 kg de CO₂.

Fig. 4 > Émissions de CO₂ pour la période de 1950 à 2002.

Émissions de CO₂ dans le monde et pour trois groupes de pays choisis. Les émissions représentées ici sont celles provenant de la combustion d'agents énergétiques fossiles et de la production de ciment (elles ne comprennent pas le bilan des émissions liées au déboisement et au reboisement).



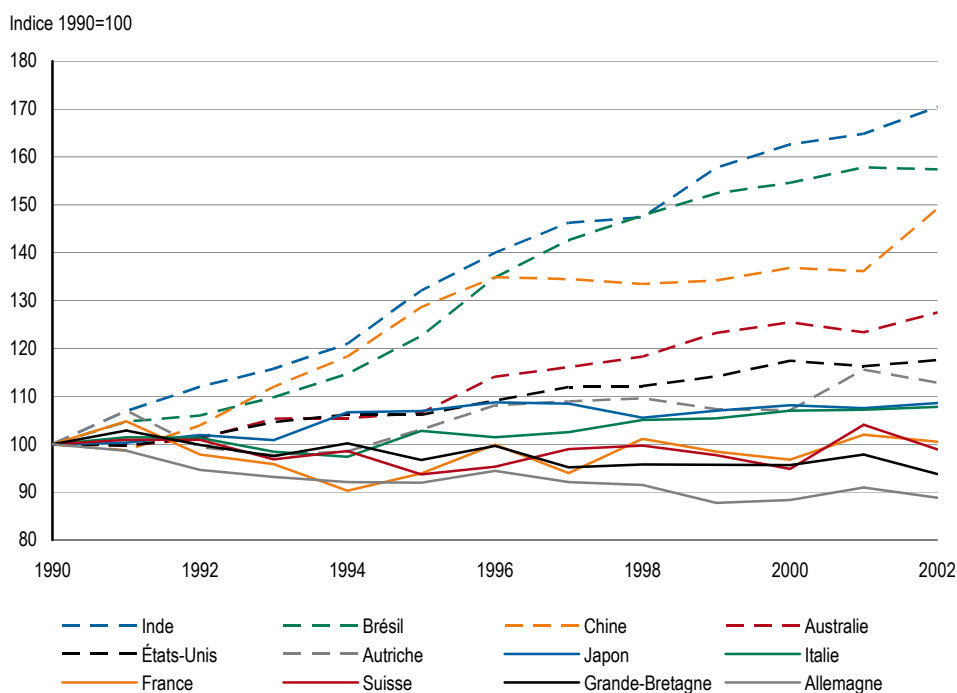
- > Dans les pays de l'OCDE, l'accroissement important au cours des années 1960 a été freiné par les deux chocs pétroliers de 1973 et 1979 sans toutefois amortir la tendance à la hausse.
- > Après l'effondrement du bloc de l'Est suivi de la dissolution de l'URSS, les émissions de CO₂ ont diminué en raison du déclin économique des pays concernés. Depuis 2000, les émissions de ces pays sont à peu près constantes ou augmentent à nouveau.
- > Dans les pays en développement et les pays nouvellement industrialisés sis hors de l'Europe (notamment la Chine et l'Inde), les émissions de CO₂ augmentent également sur l'ensemble de la période examinée, tout d'abord lentement jusqu'en 1970, puis de plus en plus vite.

1.2 **Émissions de CO₂ dans différents pays**

L'évolution des émissions de CO₂ depuis 1990 est très différente selon les pays. L'augmentation la plus importante (en chiffres absolus) est observée dans les pays nouvellement industrialisés alors que, dans quelques pays européens, un recul a même pu être enregistré.

Fig. 5 > Émissions de CO₂ dans différents pays pour la période de 1990 à 2002.

Émissions générées par la combustion d'agents énergétiques fossiles et la production de ciment (elles ne comprennent pas le bilan des émissions liées au déboisement et au reboisement).



World Resources Institute (2007)

Une comparaison des émissions de CO₂ entre 1990 et 2002 révèle les différences suivantes en ce qui concerne l'évolution dans les différents pays :

- > Croissance : les émissions de l'Inde, du Brésil et de la Chine ont progressé de manière très importante en raison de l'augmentation de la production dans ces pays nouvellement industrialisés. L'Australie et les États-Unis enregistrent également un accroissement important de leurs émissions.
- > Stagnation : dans plusieurs pays européens, la progression a pu être stoppée, notamment en Suisse et en France (et aussi aux Pays-Bas et en Belgique, pays ne figurant pas sur ce graphique).
- > Recul : la Grande-Bretagne, mais aussi la Suède (ne figurant pas sur ce graphique), ont réussi à réduire leurs émissions grâce au passage du charbon au pétrole et au gaz naturel ainsi qu'à la promotion d'agents énergétiques renouvelables. En Allemagne, la restructuration de l'économie dans l'ancienne RDA a également contribué au recul des émissions.

1.3 Émissions de gaz à effet de serre en Suisse

En Suisse, les émissions de gaz à effet de serre (dioxyde de carbone, méthane, protoxyde d'azote, gaz synthétiques) n'ont plus augmenté depuis 1990. Toutefois, les quotes-parts des différents secteurs se sont quelque peu modifiées. La Fig. 6 présente la somme de tous les secteurs. Afin de pouvoir être additionnées, les émissions des différents gaz doivent être pondérées par leur potentiel de réchauffement (GWP³). La somme pondérée des gaz est exprimée dans une unité appelée « équivalent CO₂ ».

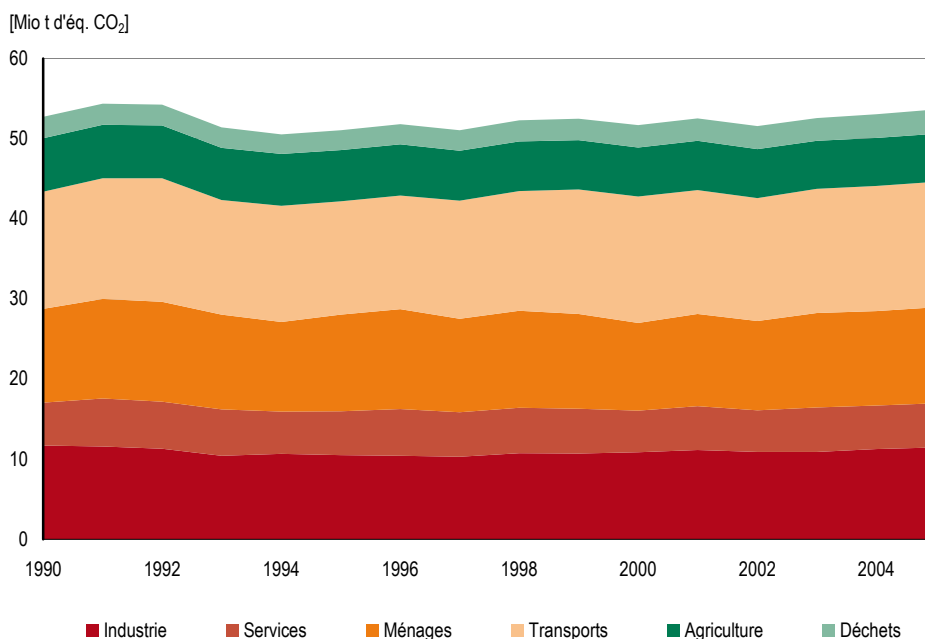
Le total des émissions de gaz à effet de serre présente des variations annuelles essentiellement imputables aux variations des températures hivernales : au cours des hivers froids, on chauffe plus, ce qui entraîne une augmentation des émissions dans deux secteurs – les ménages et les services. Les fluctuations annuelles de ces deux secteurs suivent les variations des degrés-jours de chauffage (cf. chapitre 1.4.1).

En 2005, les émissions totales étaient supérieures de 3 % à celles recensées en 1990. Les transports présentent l'augmentation la plus forte (7 %) ; après avoir très légèrement reculé au cours des années 1990, les émissions de l'industrie ont à nouveau pratiquement atteint en 2005 leur niveau de 1990 (2 % de moins qu'en 1990). Dans l'agriculture, les émissions ont diminué de 10 %, ce qui correspond au recul du cheptel. Dans le secteur des déchets, les émissions ont augmenté d'environ 10 % : l'incinération des déchets génère certes du CO₂, mais elle sert aussi à produire de l'énergie et évite sur le long terme les émissions relativement importantes de méthane libérées par les décharges.

³ GWP: *global warming potential* (potentiel de réchauffement global). La base de comparaison est le CO₂ (GWP = 1): 1 tonne de méthane correspond à 21 tonnes de CO₂ (GWP = 21); 1 tonne de protoxyde d'azote correspond à 310 tonnes de CO₂ (GWP = 310). Les gaz synthétiques ont des GWP compris entre 140 (HFC 152) et 23'900 (SF₆, hexafluorure de soufre). Les valeurs se rapportent à l'effet relatif d'un gaz sur une période de 100 ans.

Fig. 6 > Émissions de gaz à effet de serre par secteur pour la période de 1990 à 2005.

Évolution des émissions de gaz à effet de serre en Suisse entre 1990 et 2005, subdivisées en six secteurs.



OFEV (2007a)

1.4 Émissions de gaz à effet de serre et facteurs exerçant une influence

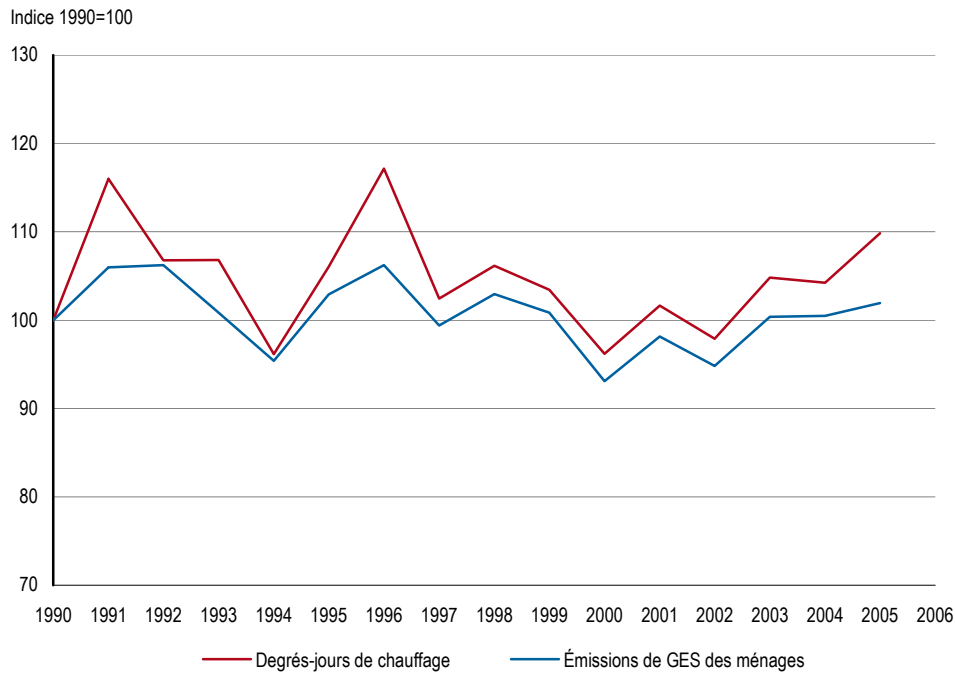
1.4.1 Ménages

En Suisse, le chauffage des locaux et la fourniture d'eau chaude s'effectuent principalement à l'aide de combustibles fossiles, qui constituent de loin la part la plus importante des émissions de gaz à effet de serre des ménages. La Fig. 7 présente les degrés-jours de chauffage annuels⁴ (moyenne suisse) parallèlement à l'évolution des émissions de gaz à effet de serre des ménages.

⁴ Degré-jour de chauffage: pour chaque jour où la température moyenne est inférieure à 12 °C, on calcule la différence de la température moyenne par rapport à 20 °C. Par exemple, si la température moyenne est de 6 °C, on impute à ce jour 20-6 = 14 degrés-jours de chauffage.

Fig. 7 > Émissions de gaz à effet de serre des ménages et degrés-jours de chauffage pour la période de 1990 à 2005.

Comparaison entre les émissions de gaz à effet de serre et les degrés-jours de chauffage (indexés). GES : gaz à effet de serre.



OFEN (2006) et OFEV (2007a)

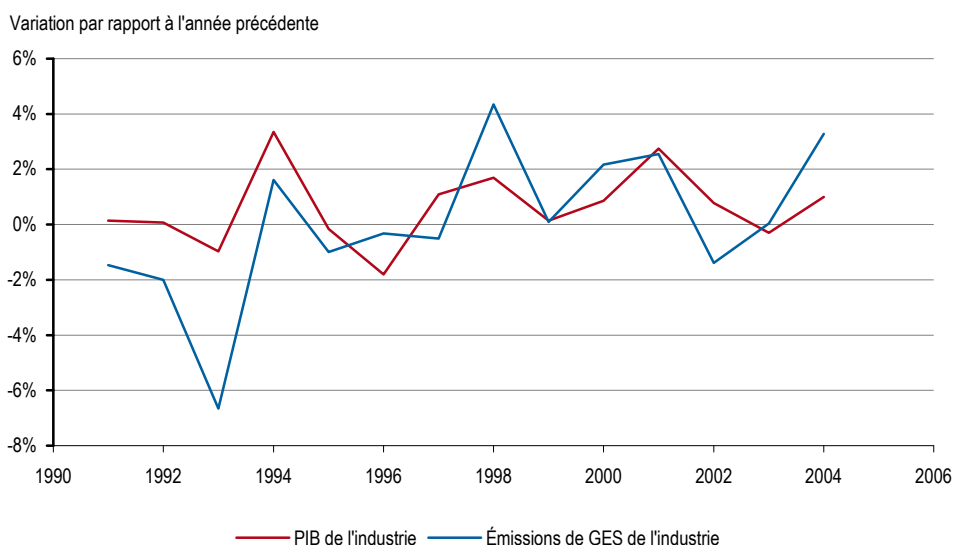
On observe une bonne corrélation entre l'évolution des deux indicateurs, mettant en évidence que lors d'hivers froids on chauffe plus que lors d'hivers doux. Si l'on considère qu'au cours de cette même période, le nombre d'habitants, la surface habitable par personne et, partant, la surface chauffée ont augmenté, on peut en déduire que la consommation d'énergie de chauffage par mètre carré de surface habitable a diminué (sinon les émissions de gaz à effet de serre auraient augmenté plus fortement que le nombre de degrés-jours de chauffage). La réduction de l'énergie spécifique de chauffage résulte d'une meilleure isolation des bâtiments et de l'efficacité plus grande des systèmes de chauffage. Ceci ressort également de manière quantitative de la Fig. 14 (cf. chapitre 1.6).

1.4.2 Industrie

Le volume de production de l'industrie et les émissions de gaz à effet de serre de ce secteur sont étroitement corrélés. La Fig. 8 présente les variations par rapport à l'année précédente (un chiffre négatif correspond à une diminution).

Fig. 8 > Variations annuelles des émissions de gaz à effet de serre et du PIB de l'industrie pour la période de 1990 à 2004.

Émissions de gaz à effet de serre et produit intérieur brut (PIB réel) du secteur de l'industrie. Le graphique présente les variations par rapport à l'année précédente et non les valeurs absolues. Les émissions comprennent également les gaz synthétiques⁵. GES : gaz à effet de serre.



OFEN (2006) et OFEV (2007a)

Après avoir stagné au début des années 1990, la production industrielle présente des fluctuations importantes sur des périodes relativement courtes. La production et les émissions de gaz à effet de serre évoluent en parallèle. Les variations d'une année à l'autre sont à peu près identiques depuis 1994. On pourrait parler de découplage de la production et des émissions dans l'industrie si la courbe des émissions se situait en-dessous de celle du PIB de la production ou si les deux courbes évoluaient en s'écartant de plus en plus l'une de l'autre. Toutefois, une telle tendance ne peut pas être mise en évidence.

1.4.3 Transports

Le secteur des transports comprend le trafic routier, le transport aérien, le transport par bateau et le transport par rail. Dans le cadre du Protocole de Kyoto, le calcul des émissions de gaz à effet de serre s'effectue selon le «principe territorial» : s'agissant du trafic routier, il prend en compte l'essence et le diesel vendus dans toutes les stations-service de Suisse. L'essence étant moins chère chez nous qu'à l'étranger, de nombreux frontaliers font le plein en Suisse, ce qui augmente les ventes enregistrées dans notre pays. Pour le diesel, la situation est inversée, mais dans des proportions plus faibles. Globalement, il en résulte une exportation de carburant qui est représentée séparément

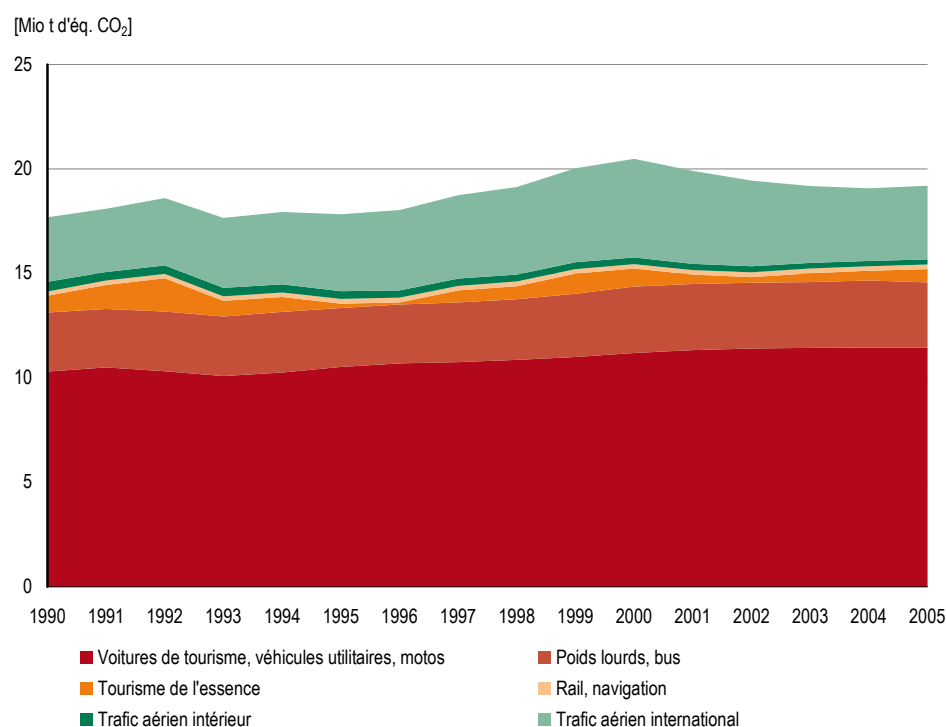
⁵ Sont considérés comme des gaz synthétiques:

- les hydrofluorocarbones (HFC): fluides frigorigènes, agents moussants, gaz propulseurs dans des bombes aérosols
- les hydrocarbures perfluorés (PFC): fabrication de semi-conducteurs, solvants, fluides caloporteurs
- l'hexafluorure de soufre (SF₆): isolateurs haute tension, fonderies d'aluminium et de magnésium, fabrication de semi-conducteurs

dans la Fig. 9 en tant que « tourisme de l'essence ». S'agissant du transport aérien, la consommation de carburant des vols intérieurs et des vols internationaux est enregistrée séparément ; seule la consommation intérieure est déterminante pour le Protocole de Kyoto.

Fig. 9 > Émissions de gaz à effet de serre des transports pour la période de 1990 à 2005.

*Évolution des émissions de gaz à effet de serre des différents modes de transport.
Tourisme de l'essence : voir l'explication dans le texte.*



OFEV (2007b)

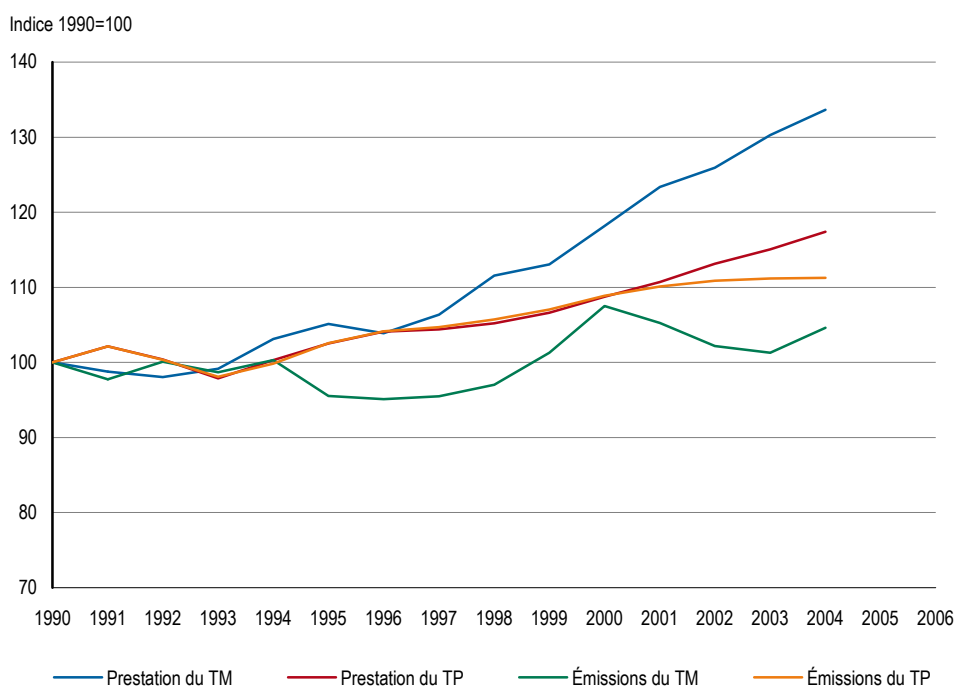
- > **Trafic routier** : entre 1990 et 2005, les émissions de gaz à effet de serre des voitures de tourisme et des véhicules utilitaires ont augmenté de 11 % et celles des poids lourds et des autobus de 10 %. Le tourisme de l'essence présente d'importantes fluctuations parce qu'il réagit de manière sensible aux différences de prix entre la Suisse et l'étranger.
- > **Rail et navigation** : le transport par rail (locomotives à diesel pour le trafic des trains et des manœuvres) a émis en 2005 près de 100'000 tonnes d'équivalents CO₂ et le transport par bateau sur les eaux territoriales près de 130'000 tonnes. Entre 1990 et 2005, les émissions du transport par rail ont augmenté de 15 % et celles du transport par bateau de 1 %.
- > **Transport aérien** : les émissions se sont accrues de 6 % entre 1990 et 2005. En 2000 – avant le « grounding » de Swissair – un pic avait été atteint, avec une augmentation de 41 % par rapport aux émissions de 1990. Après le « grounding », les émissions ont diminué jusqu'en 2004 ; depuis, elles sont à nouveau en augmentation.

1.4.4 **Trafic routier**

La prestation de trafic routier comprend la prestation de transport de personnes et celle de transport de marchandises. Après la phase de stagnation enregistrée entre 1990 et 1993, on observe un accroissement de la prestation de transport de personnes tout comme de celle de transport de marchandises.

Fig. 10 > Émissions de gaz à effet de serre du trafic routier et prestation de transport pour la période de 1990 à 2004.

Prestations de transport du trafic routier et émissions de gaz à effet de serre (indexées). La prestation de transport est indiquée en personnes-kilomètre (TP : transport de personnes) et en tonnes-kilomètre (TM : transport de marchandises).



OFEV (2007b) et OFS (2007a)

Les émissions de gaz à effet de serre du trafic routier sont principalement déterminées par la prestation kilométrique (nombre de kilomètres parcourus) et, partant, la consommation de carburant. Ceci ressort bien de l'évolution du transport de personnes, qui est en constante augmentation. Le trafic de marchandises fluctue plus parce qu'il réagit aux variations conjoncturelles. Grâce aux progrès constants de la technologie du traitement des gaz d'échappement (catalyseurs), les émissions de méthane et de protoxyde d'azote ne progressent pas dans les mêmes proportions que la prestation kilométrique. De plus, l'amélioration de l'efficacité énergétique de la flotte de voitures de tourisme ainsi que la tendance à la hausse des voitures roulant au diesel freinent l'augmentation des émissions. Alors qu'entre 1990 et 2000, les émissions évoluaient en parallèle avec les prestations de transport, elles progressent moins vite que ces dernières depuis 2001, reflétant ainsi l'augmentation de l'efficacité.

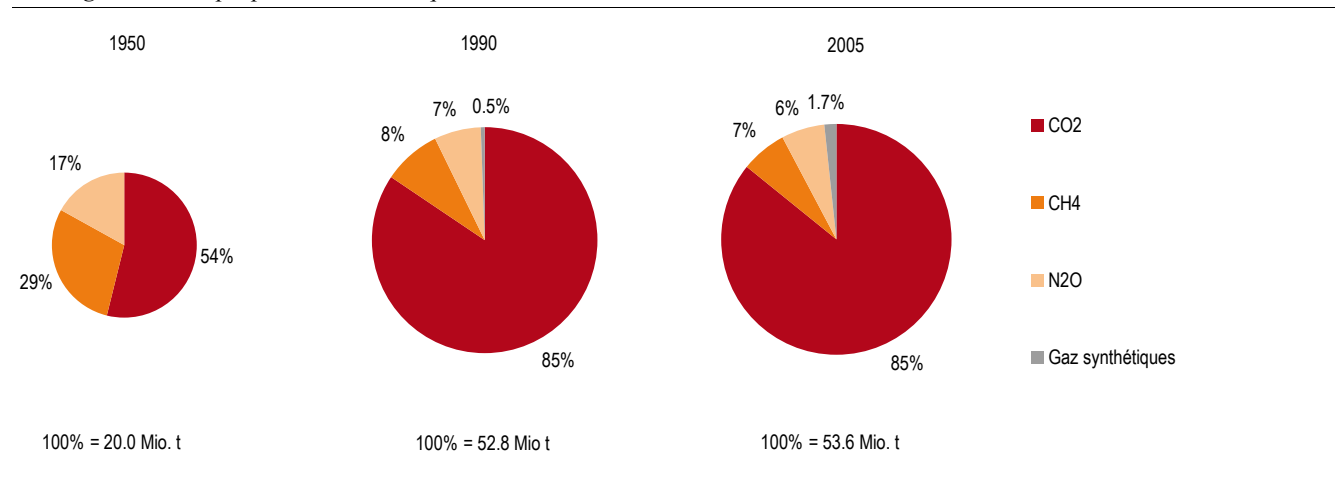
S'agissant des émissions du transport de marchandises, l'effet de la redevance sur le trafic des poids lourds liée aux prestations, dont l'introduction en 2001 a entraîné une réduction passagère (2001–2003) des kilomètres parcourus, est visible. L'augmentation concomitante de la prestation de transport présuppose l'utilisation de véhicules plus grands, ce qui a effectivement été le cas de par le relèvement progressif de la limite, de 28 tonnes à 40 tonnes.

1.5 Émissions de gaz à effet de serre par gaz

Entre 1950 et 2005, la somme des émissions de gaz à effet de serre en Suisse a augmenté d'un facteur 2,7, passant de 20,0 millions de tonnes d'équivalents CO_2 ⁶ à 53,6 millions de tonnes. La quote-part du dioxyde de carbone est passée de 54 % à 85 %, alors que celle du méthane et du protoxyde d'azote a globalement diminué de 46 à 13 %.

Fig. 11 > Émissions de gaz à effet de serre par gaz en 1950, en 1990 et en 2005.

Quotes-parts de dioxyde de carbone (CO_2), de méthane (CH_4), de protoxyde d'azote (N_2O) et de gaz synthétiques (HCF, PCF et SF_6) par rapport aux émissions totales de gaz à effet de serre en Suisse (comparaison basée sur les équivalents CO_2). La grandeur des diagrammes est proportionnelle aux quantités absolues d'émissions.



OFEFP (1995) et OFEV (2007b)

Les causes des modifications observées pour les proportions des différents gaz sont à rechercher dans les changements profonds intervenus dans la société et l'économie au cours des 50 dernières années :

- > Le volume du trafic routier a énormément augmenté : le nombre de voitures de tourisme est notamment passé d'environ 150'000 à 3,8 millions. Les prestations kilométriques de l'ensemble des véhicules, qui se situaient globalement autour de 3,5 milliards de véhicules-kilomètres en 1950, sont passées à 63 milliards de véhicules-kilomètres en 2005. La consommation de carburant et les émissions de CO_2 se sont aussi accrues dans des proportions similaires.

⁶ cf. chapitre 1.3

- > Le nombre d’habitants et de logements ainsi que le volume chauffé ont augmenté et, partant, aussi la consommation de combustible et les émissions de CO₂.
- > Dans l’agriculture, bien que la taille et la structure des exploitations se soient modifiées de manière significative depuis 1950, les surfaces agricoles cultivables et les effectifs d’animaux de rente sont restés à peu près identiques. De ce fait, les émissions de méthane et de protoxyde d’azote, deux gaz typiquement imputables à l’agriculture, n’ont que très légèrement varié (la diminution d’env. 10 % des émissions depuis 1990 correspond au recul des effectifs d’animaux de rente). En revanche, en valeur relative, les quotes-parts du méthane et du protoxyde d’azote sont beaucoup plus petites parce que les émissions de CO₂ ont augmenté de manière importante dans les autres secteurs.
- > Les gaz synthétiques HFC, PFC et SF₆ n’existaient pas en 1950 ; ils n’ont été développés qu’avec l’apparition de la technique du froid et de la climatisation, de la fabrication de mousses et de la technique des semi-conducteurs. Ils ont surtout été largement utilisés depuis l’interdiction, dans les années 1990, des CFC et des HCFC – des gaz synthétiques appauvrissant la couche d’ozone.

1.6 **Intensité des gaz à effet de serre**

L’intensité des émissions de gaz à effet de serre est déterminée par le rapport entre les émissions de gaz à effet de serre et différentes grandeurs socioéconomiques.

Fig. 12 > Émissions de gaz à effet de serre et population.

*Émissions de gaz à effet de serre par habitant entre 1990 et 2005.
Indice 1990=100*

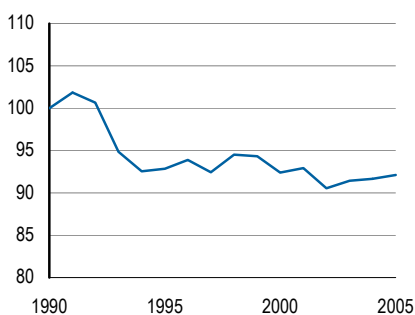


Fig. 13 > Émissions de gaz à effet de serre et produit intérieur brut.

*Émissions de gaz à effet de serre par franc suisse de produit intérieur brut (réel) entre 1990 et 2005.
Indice 1990=100*

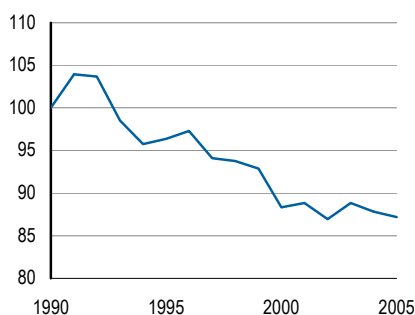
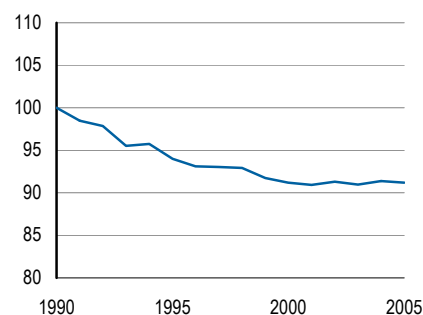


Fig. 14 > Émissions de gaz à effet de serre et consommation d’énergie finale.

*Émissions de gaz à effet de serre en fonction de la consommation d’énergie finale entre 1990 et 2005.
Indice 1990=100*



OFEN (2006) et OFEV (2007b)

- > Population : la courbe des émissions de gaz à effet de serre en fonction du nombre d’habitants (Fig. 12) montre qu’au début des années 1990, les émissions par tête ont d’abord diminué d’environ 7 % et qu’elles sont depuis restées à peu près stables à une valeur de 7,2 tonnes d’équivalents CO₂ par habitant (CO₂ seul : env. 6 tonnes par habitant).
- > Produit intérieur brut (PIB) : par rapport au PIB, on observe également une baisse des émissions de gaz à effet de serre (Fig. 13). La tendance se poursuit depuis 1991.

Elle est imputable à la tertiarisation (passage de l'économie d'une société industrielle à une société de services) et à l'augmentation de l'efficacité énergétique de la production.

- > Consommation d'énergie finale : entre 1990 et 1999, les émissions de gaz à effet de serre par unité d'énergie finale consommée ont diminué d'environ 8 % ; cette baisse est avant tout due au passage du pétrole au gaz naturel ainsi qu'à l'importance accrue de l'électricité. Les émissions spécifiques sont stables depuis 2000 (Fig. 14).

La tendance commune de ces trois indicateurs montre que les émissions ont pu être abaissées jusqu'à la fin des années 1990 malgré la croissance démographique, l'élévation du PIB et l'augmentation de la consommation d'énergie finale, et qu'elles stagnent depuis lors. On n'est pas encore parvenu à réduire les émissions globales, réduction nécessaire selon les prescriptions de la loi sur le CO₂ et du Protocole de Kyoto, et qui présuppose un découplage durable entre les émissions et la consommation d'énergie (cf. chapitre 5.1).

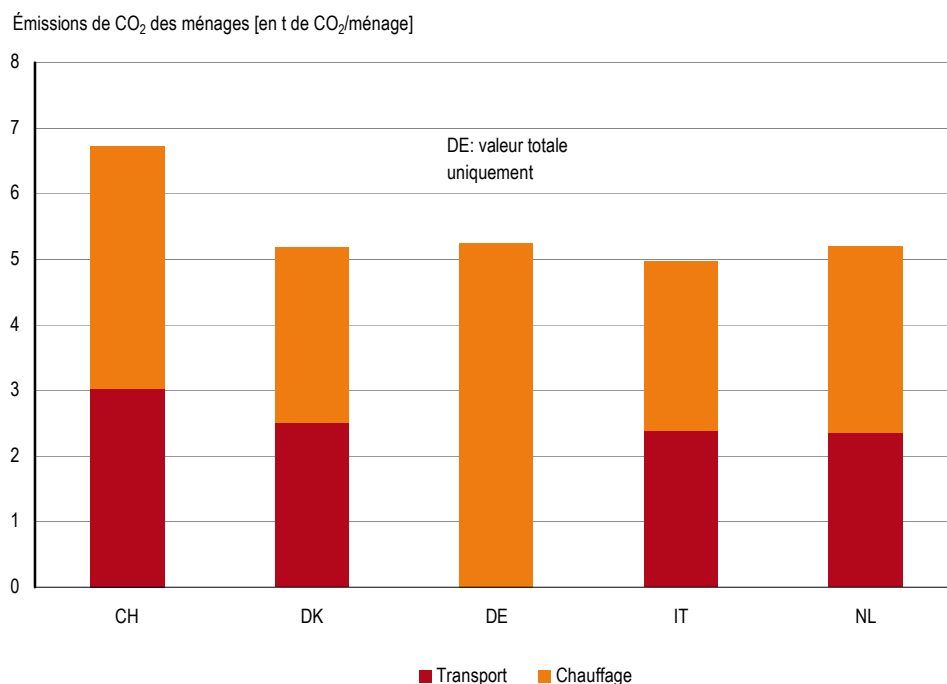
1.7

Émissions de CO₂ par ménage en comparaison avec d'autres pays

Les émissions de CO₂ par ménage sont nettement plus élevées en Suisse qu'au Danemark, en Allemagne, en Italie et aux Pays-Bas (OFS 2005).

Fig. 15 > Émissions de CO₂ par ménage en comparaison internationale.

Émissions de CO₂ moyennes d'un ménage en Suisse et dans quatre pays de l'UE.



Les émissions de CO₂ plus élevées observées pour les ménages suisses sont notamment dues aux facteurs suivants :

- > Les taxes sur l'essence, le diesel et l'huile de chauffage sont nettement plus basses en Suisse en comparaison avec d'autres pays européens et représentent une part plus faible des dépenses du ménage, ce qui se traduit par une consommation plus grande et des émissions de CO₂ plus élevées.
- > En 2001, une voiture de tourisme consommait en moyenne 8,3 litres pour 100 km en Suisse et seulement 6,7 litres pour 100 km dans l'UE. En Suisse, la puissance moyenne des nouvelles voitures était de 100 kW (136 ch.) en 2002 alors qu'elle n'était que de 77 kW (105 ch.) dans l'UE. Pour une même prestation kilométrique, cette différence entraîne une consommation plus grande de carburant et des émissions plus élevées de gaz à effet de serre.

1.8

Émissions grises de CO₂

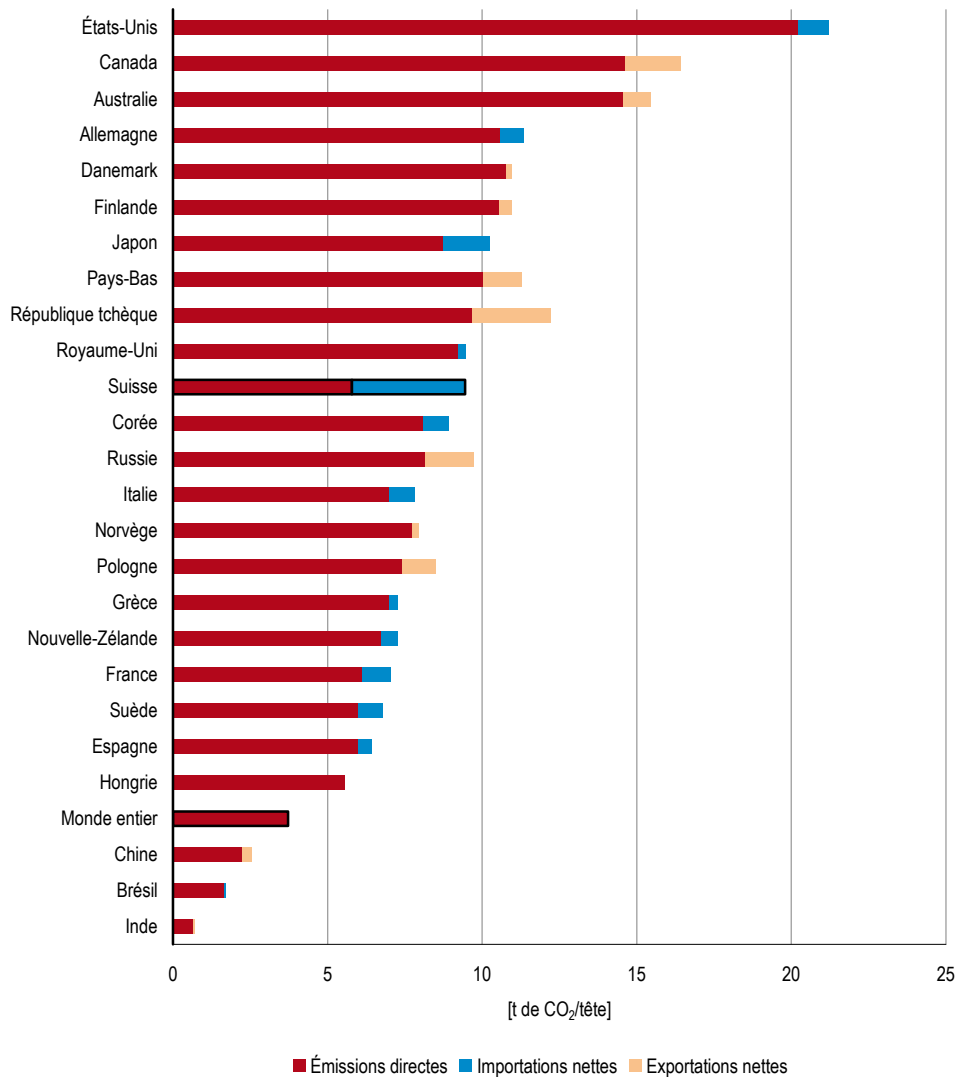
Dans le cadre du Protocole de Kyoto, les émissions générées à l'intérieur du territoire sont déterminantes pour le bilan national des gaz à effet de serre. Cette démarche ne prend pas en considération les émissions « grises ». Il s'agit là des émissions qui sont générées à l'étranger lors de la production d'un produit ou d'un agent énergétique ainsi que lors de l'élimination des déchets de production (Jungbluth et al. 2007), par exemple lors du transport et du traitement du pétrole ou de la fabrication de l'acier.

Le bilan des émissions des économies qui achètent de nombreux biens et services à l'étranger ne reflète donc qu'une partie de la réalité : les émissions grises des biens importés en Suisse apparaissent dans l'inventaire des gaz à effet de serre du pays producteur. C'est pourquoi la Suisse présente des émissions par tête relativement plus faibles en comparaison d'autres pays industrialisés.

La prise en compte de l'énergie grise dans le calcul augmente considérablement les émissions par tête (Fig. 16) : en 1995, année pour laquelle on dispose de données comparables, les émissions totales par tête, y compris les importations et les exportations d'émissions grises liées à la circulation des marchandises, s'élevaient à 9,5 tonnes de CO₂, alors qu'elles n'étaient que de 5,8 tonnes de CO₂ sans les émissions grises (Jungbluth et al. 2007). Dans ce calcul, seules les émissions de CO₂ liées à la consommation d'énergie ont été quantifiées. Les émissions des autres gaz à effet de serre (par exemple le méthane et le protoxyde d'azote) et les émissions de CO₂ spécifiques à un procédé (par exemple générées par les cimenteries ou les verreries) ne sont pas comprises. Compte tenu du taux élevé des importations et du niveau élevé de consommation, la Suisse se situe donc dans la zone médiane parmi les pays de l'OCDE en ce qui concerne les émissions par tête.

Fig. 16 > Émissions de CO₂ par tête : comparaison entre différents pays (situation en 1995).

Émissions de CO₂ par tête dans différents pays pour l'année 1995 compte tenu des émissions grises liées aux importations et aux exportations (les chiffres prennent uniquement en considération les émissions générées par la consommation d'énergie et ne comprennent pas les émissions du transport de marchandises et du trafic aérien).



2 > Évolution du climat en Suisse

En Suisse, la température moyenne a augmenté d'environ 1,5 °C depuis 1970, soit une fois et demie plus rapidement que sur les terres de l'hémisphère Nord. Différents indicateurs climatiques, tels que le nombre d'années chaudes, de jours de canicule ou de nuits tropicales, ou encore la couverture neigeuse du Plateau, attestent de cette évolution. Alors qu'aucune tendance claire ne se dégage de l'évolution globale des précipitations, l'analyse des fortes précipitations révèle une tendance à la hausse.

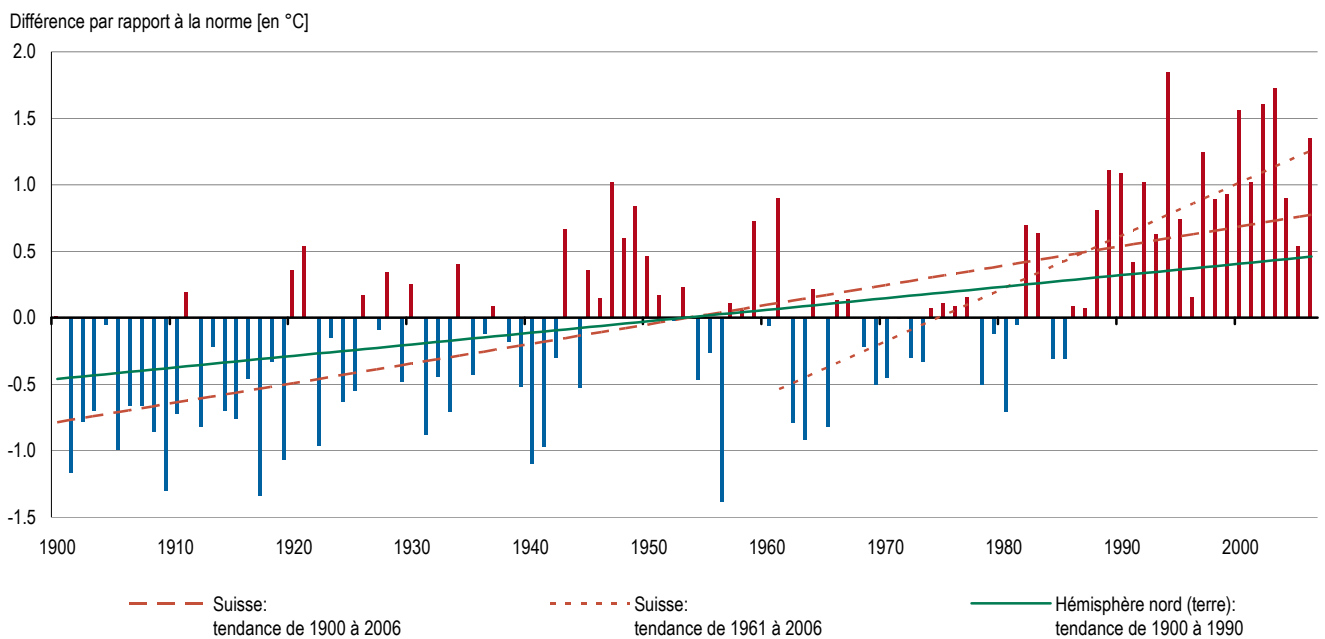
2.1 Évolution de la température

La Fig. 17 présente la différence des températures moyennes en Suisse depuis 1900 par rapport à la norme, soit la température moyenne de la période de 1961 à 1990 (barres rouges et bleues). Les lignes en pointillé montrent la tendance pour deux périodes : de 1900 à 2006 et de 1961 à 2006. La tendance des différences de température à la surface de l'hémisphère Nord par rapport à la norme (1961–1990) est également représentée.

En Suisse, la température moyenne de la période de 1961 à 1990 est définie comme la valeur de référence pour la comparaison des températures de périodes antérieures ou postérieures.

Fig. 17 > Températures moyennes en Suisse pour la période de 1900 à 2006.

Différence de la température annuelle moyenne en Suisse entre 1900 et 2006 par rapport à la norme (1961 à 1990) ; différences annuelles par rapport à la norme (barres) et évolution des tendances (lignes).

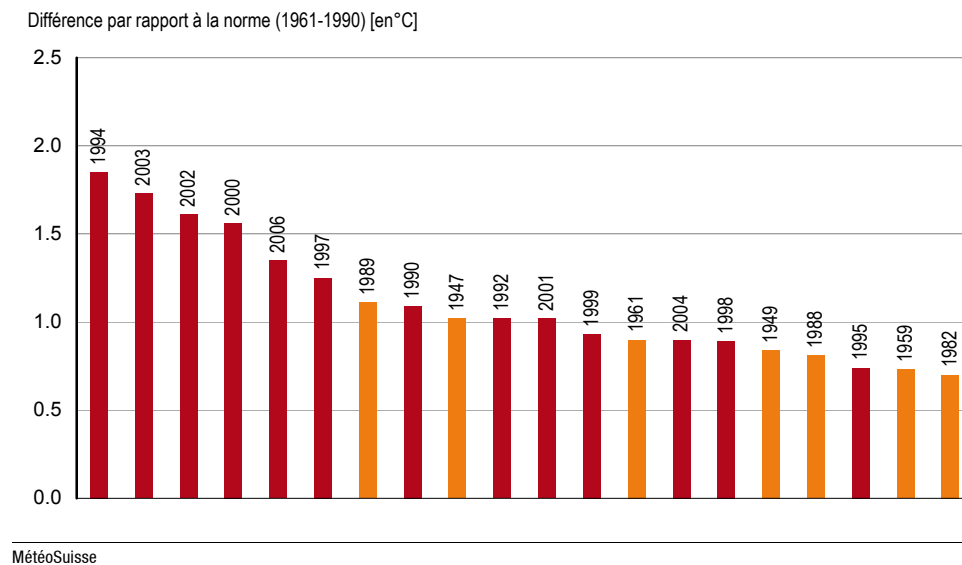


Les années où la température moyenne a dépassé la moyenne de celle des années 1961 à 1990 se sont multipliées vers la fin du XX^e siècle. La différence par rapport à la norme s'est également accrue au cours du temps. La tendance évolue donc de la manière suivante : sur l'ensemble de la période allant de 1900 à 2006, les températures moyennes ont augmenté de 1,47 °C alors que la hausse moyenne de température enregistrée dans l'hémisphère Nord est de 0,87 °C. L'augmentation de la température a ainsi été beaucoup plus marquée en Suisse.

L'augmentation de la température moyenne en Suisse s'avère encore plus grande lors que l'on ne prend en considération que les mesures postérieures à 1961. Au cours de cette période, la hausse de la température moyenne a été de 0,4 °C par décennie. Depuis le début des années 1980, presque toutes les années ont été nettement plus chaudes que la valeur moyenne de la période de référence de 1961 à 1990. La Fig. 18 confirme également la tendance récente à une multiplication des années chaudes : parmi les 20 années les plus chaudes depuis 1900, 13 tombent dans la période débutant en 1990.

Fig. 18 > Années les plus chaudes depuis 1900.

Classement des 20 années les plus chaudes depuis 1900. Les barres correspondent à la différence de la température annuelle moyenne par rapport à la norme (1961–1990), en °C. Les années à partir de 1990 sont représentées en rouge.



L'analyse de l'évolution des températures saisonnières sur les quelque 50 dernières années (Fig. 19 et Fig. 20) montre que les modifications climatiques ont des effets plus marqués en été qu'en hiver (+0,54 °C contre +0,33 °C par décennie). Les modélisations indiquent que cette évolution devrait se poursuivre et s'accélérer dans les années à venir (GIEC 2007a). En Suisse, on s'attend d'ici à 2050 à une hausse supplémentaire de la température d'environ 2 °C en hiver et de près de 3 °C en été par rapport à 1990 (Occc/ProClim- 2007).

Fig. 19 > Températures estivales pour la période de 1961 à 2006.

Différence des températures estivales moyennes en Suisse par rapport à la norme (1961–1990). Le graphique présente les valeurs moyennes relevées par 12 stations sises à différentes altitudes en Suisse septentrionale et méridionale ainsi que la tendance entre 1961 et 2006.

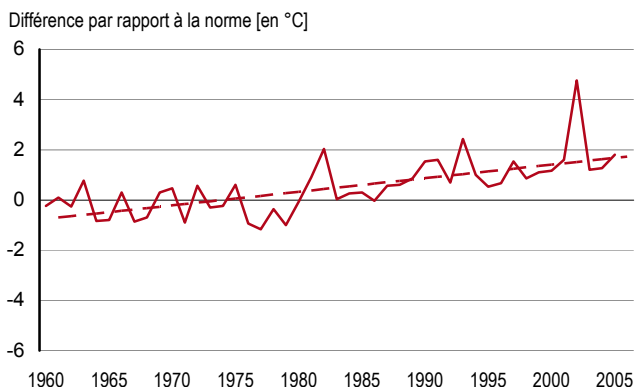
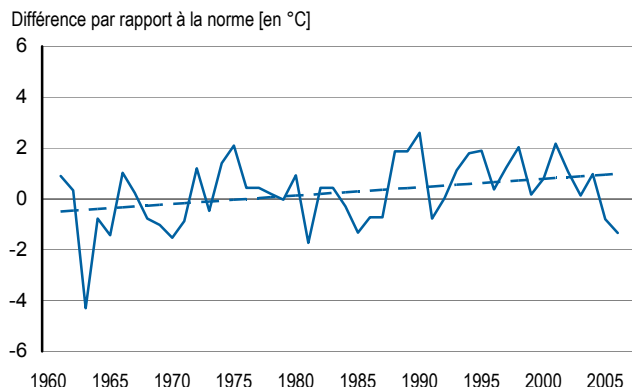


Fig. 20 > Températures hivernales pour la période de 1961 à 2006.

Différence des températures hivernales moyennes en Suisse par rapport à la norme (1961–1990). Le graphique présente les valeurs moyennes relevées par 12 stations sises à différentes altitudes en Suisse septentrionale et méridionale ainsi que la tendance entre 1961 et 2006.



MétéoSuisse (2007)

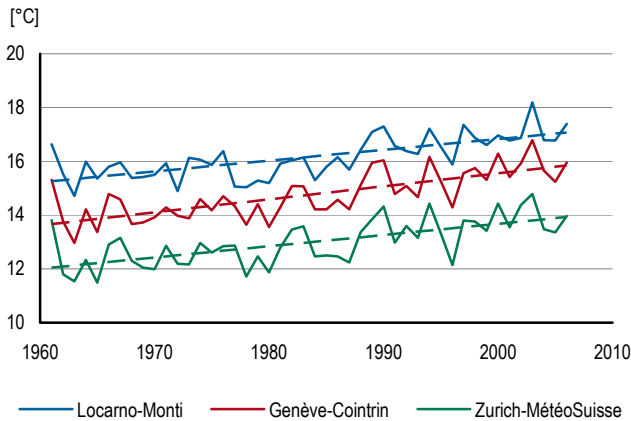
2.2 Températures journalières maximales et minimales

La Fig. 21 montre l'évolution des maxima journaliers entre 1961 et 2006 à Locarno, Genève et Zurich. Elle présente les valeurs moyennes de tous les maxima journaliers d'une année. Les valeurs absolues des températures relevées aux trois emplacements diffèrent nettement en raison des conditions climatiques différentes, mais la tendance qui se dessine est la même : la moyenne annuelle des températures journalières maximales s'est élevée au cours des 50 dernières années. L'augmentation est de 0,4 à 0,5 °C par décennie. La moyenne annuelle des minima journaliers présente un profil similaire (Fig. 22), avec une augmentation de 0,3 à 0,4 °C par décennie.

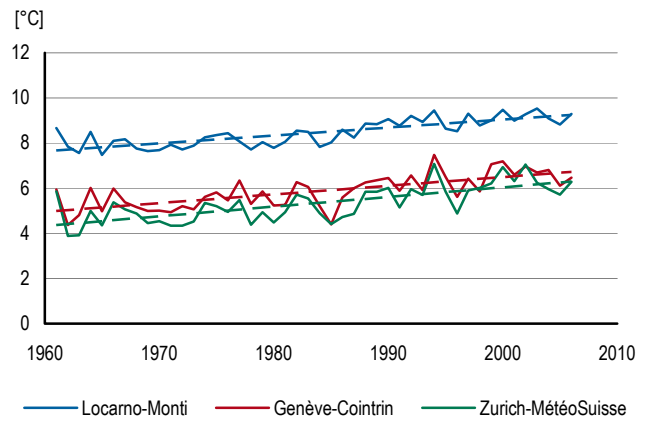
Est considérée comme le maximum journalier – ou le minimum journalier –, la température la plus élevée – ou la plus basse – atteinte au cours d'une période de 24 heures.

Fig. 21 > Maxima journaliers entre 1961 et 2006.

Moyenne annuelle des températures journalières maximales relevées aux stations de Locarno-Monti, de Genève-Cointrin et de Zurich-MétéoSuisse entre 1961 et 2006, avec tendances.

**Fig. 22 > Minima journaliers entre 1961 et 2006.**

Moyenne annuelle des températures journalières minimales relevées aux stations de Locarno-Monti, de Genève-Cointrin et de Zurich-MétéoSuisse entre 1961 et 2006, avec tendances.



MétéoSuisse (2007)

2.3

Jours de canicule et de gel, nuits tropicales et jours de dégel

Le nombre de jours de canicule a nettement augmenté au cours des dernières décennies (Fig. 23). Alors qu'on ne comptait au Tessin en moyenne qu'un à deux jours de canicule dans les années 1960, on en recense près de 15 aujourd'hui, avec une tendance à la hausse. Sur le Plateau, l'évolution est similaire : à Zurich et à Genève, le nombre moyen de jours de canicule a été multiplié par quatre en l'espace de 50 ans. La canicule de l'été 2003 ressort clairement de ce graphique. Selon l'étude de l'OcCC et de ProClim- (2007), de tels étés seront rares tant que le réchauffement global restera faible ; en cas de réchauffement important, ils pourraient toutefois se répéter à intervalles de quelques années d'ici au milieu du XXI^e siècle.

Au contraire des jours de canicule, les jours de gel ont nettement diminué depuis les années 1960 (Fig. 24). L'OcCC et ProClim- (2007) supposent que cette tendance se poursuivra au cours des décennies à venir.

Sont considérés comme des jours de canicule, les jours au cours desquels la température dépasse 30 °C. Les jours de gel sont ceux où la température est inférieure à 0 °C.

Fig. 23 > Jours de canicule pour la période de 1961 à 2006.

Nombre de jours par an où la température journalière maximale a été supérieure à 30 °C et tendance de 1961 à 2006.

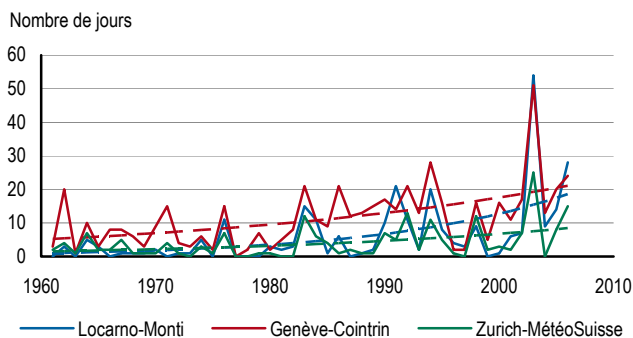
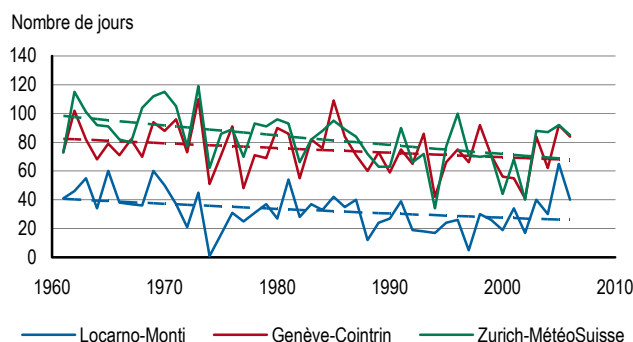


Fig. 24 > Jours de gel pour la période de 1961 à 2006.

Nombre de jours par an où la température journalière minimale a été inférieure à 0 °C et tendance de 1961 à 2006.



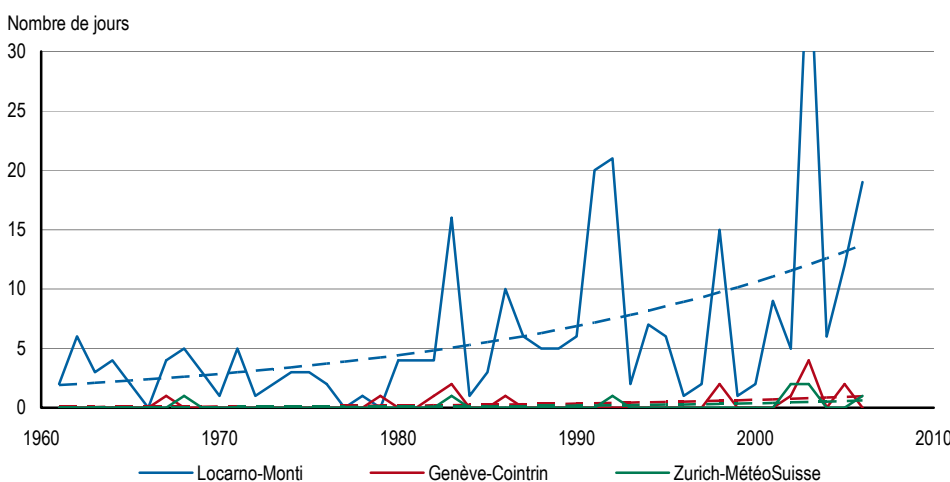
MétéoSuisse (2007)

Les nuits tropicales (Fig. 25) sont extrêmement rares au nord des Alpes et leur fréquence n’a augmenté que de manière modérée depuis les années 1960. Toutefois, au sud des Alpes, on observe une augmentation importante des nuits tropicales au cours de la même période, en particulier depuis le début des années 1980. Durant l’été caniculaire de 2003 (cf. aussi le chapitre 4.4), on a même recensé 40 nuits tropicales à la station de Locarno-Monti (en dehors de l’échelle du graphique). Les nuits tropicales sont particulièrement éprouvantes pour les personnes âgées ou physiquement affaiblies.

Au cours des nuits tropicales, la température ne descend pas au-dessous de 20 °C.

Fig. 25 > Nuits tropicales pour la période de 1961 à 2006.

Nombre de nuits par an où la température relevée aux stations de Locarno-Monti, de Genève-Cointrin et de Zurich-MétéoSuisse était supérieure à 20 °C et tendance de 1961 à 2006



MétéoSuisse (2007)

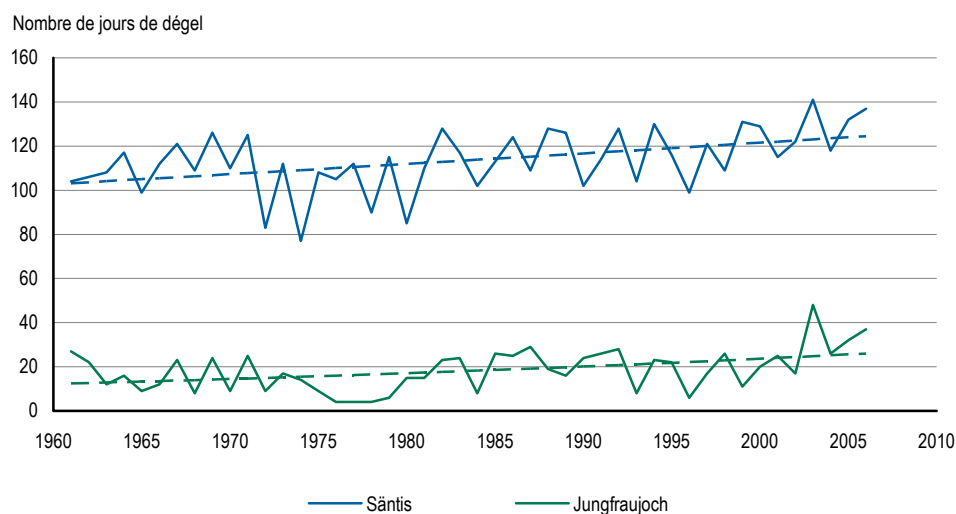
Les jours de dégel ont également été plus fréquents ces dernières années. L'augmentation du nombre de jours de dégel revêt une importance particulière pour les régions de haute montagne. En effet, la stabilité des zones de pergélisol est mise en péril en raison du risque accru de dégel, pouvant entraîner des chutes de pierre ou des éboulements (cf. chapitre 3.2). L'ancrage de certaines installations, telles que les téléphériques, dans le sol est également fragilisé (cf. chapitre 5.2.3.2).

Les jours de dégel, le thermomètre ne descend pas au-dessous de 0 °C.

La Fig. 26 présente l'évolution des jours de dégel au Säntis (2502 mètres) et au Jungfrauoch (3580 mètres). Les altitudes entre 2500 et 3000 mètres sont les plus touchées par les processus de dégel du pergélisol. Au Säntis, le nombre de jours de dégel est passé de 103 à 124 en 45 ans et, au Jungfrauoch, il a doublé depuis 1961, passant de 12 à environ 26 jours par an.

Fig. 26 > Jours de dégel depuis 1961 au Säntis et au Jungfrauoch.

Nombre de jours par an entre 1961 et 2006 où la température journalière minimale relevée aux stations du Säntis (2502 mètres) et du Jungfrauoch (3580 mètres) était supérieure à 0 °C, avec tendances.



MétéoSuisse (2007)

2.4 Fortes précipitations

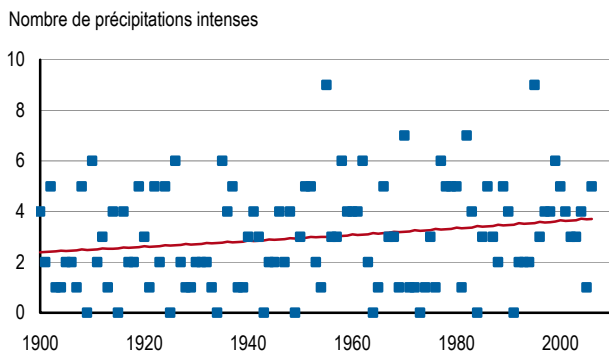
En Suisse, les précipitations annuelles ont augmenté d'environ 120 mm (8 %) au cours du XX^e siècle. Cette hausse significative est principalement imputable à l'augmentation des précipitations hivernales moyennes, qui se sont notamment accrues de 20 à 30 % dans les Alpes septentrionales et occidentales (Schmidli et al. 2002 ; Bader, Bantle 2004 ; Begert et al. 2005). Depuis le changement de millénaire, on observe toutefois un recul des précipitations hivernales au nord des Alpes. Aussi, il n'est plus possible de dégager une tendance claire en ce qui concerne l'évolution des précipitations depuis le début du XX^e siècle.

En revanche, il s'avère que la fréquence des précipitations intenses a augmenté presque partout en Suisse depuis 1900 (Schmidli et Frei 2005). Les résultats obtenus par la station de mesure de Zurich pour les quatre saisons sont présentés ci-après à titre d'exemple (Fig. 27 à Fig. 30). En hiver et en automne, l'augmentation est statistiquement significative pour de nombreuses stations sises au nord de la chaîne principale des Alpes. Dans ces régions et à ces saisons, la fréquence a augmenté de 15 à 70%. En revanche, au printemps et en été ainsi que dans le sud, aucun changement significatif n'a pu être mis en évidence. Les modifications observées sont-elles déjà une conséquence des changements climatiques anthropiques? Aucune réponse définitive ne peut être donnée à cette question, mais selon l'état actuel des connaissances, cette thèse paraît plausible du point de vue de la physique.

Les jours de « précipitations intenses », la somme des précipitations atteint une valeur qui, en moyenne sur de nombreuses années, est dépassée une fois sur 30 jours (temps de retour de 30 jours).

Fig. 27 > Précipitations intenses en hiver.

Nombre de jours de fortes précipitations en hiver à Zurich (en bleu) et évaluation de la tendance (en rouge).



MétéoSuisse (2007), Schmidli et Frei (2005)

Fig. 28 > Précipitations intenses au printemps.

Nombre de jours de fortes précipitations au printemps à Zurich (en bleu) et évaluation de la tendance (en rouge).

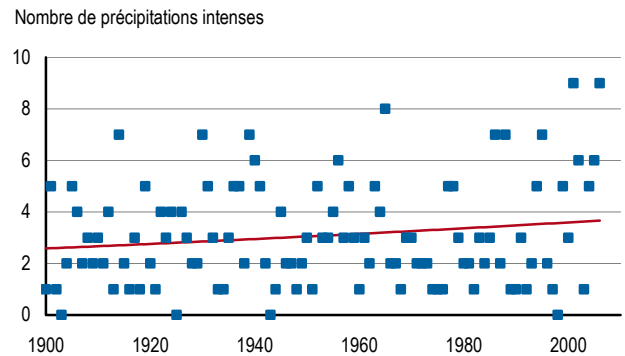
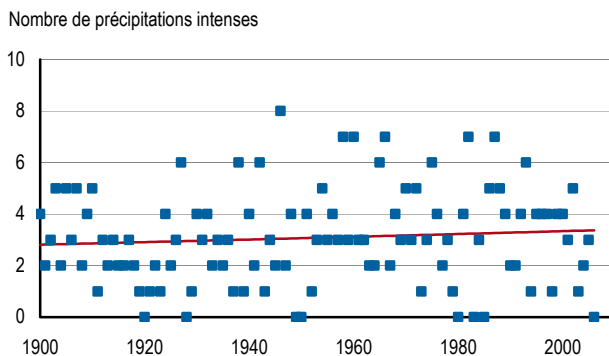


Fig. 29 > Précipitations intenses en été.

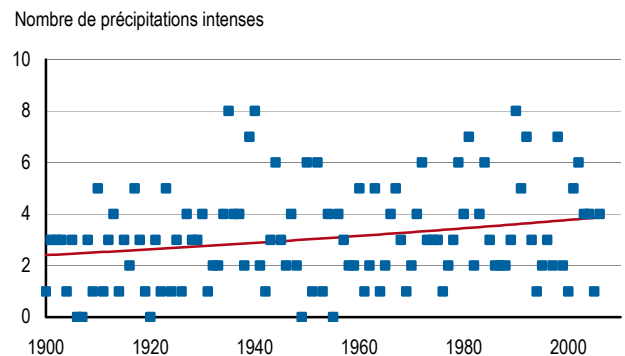
Nombre de jours de fortes précipitations en été à Zurich (en bleu) et évaluation de la tendance (en rouge).



MétéoSuisse (2007), Schmidli et Frei (2005)

Fig. 30 > Précipitations intenses en automne.

Nombre de jours de fortes précipitations en automne à Zurich (en bleu) et évaluation de la tendance (en rouge).



2.5 Couverture de neige sur le Plateau et dans les Préalpes

L'élévation de la limite du zéro degré de 67 mètres par décennie observée ces 50 dernières années au cours des mois d'hiver (décembre, janvier et février) est une autre conséquence de l'augmentation de la température (Scherrer et al. 2004). De ce fait, la quantité de neige et la fréquence des chutes de neige sur le Plateau et dans les Préalpes sont en diminution depuis les années 1960 (Fig. 31 et Fig. 32).

L'épaisseur moyenne de la couche de neige – déterminée en tant que moyenne de tous les jours avec une couverture neigeuse – est actuellement d'environ 1 cm par an à Berne et à Zurich. D'une manière générale, le nombre de jours où il neige diminue. Cette baisse est également marquée dans les Préalpes, p. ex. à Einsiedeln (882 mètres) : dans cette localité, on observe aujourd'hui, par semestre hiver, 20 jours avec neige de moins qu'il y a encore 50 ans.

Fig. 31 > Épaisseur de la couche de neige pour la période de 1961 à 2006.

Épaisseur moyenne annuelle de la couche de neige (calculée uniquement à partir des jours avec neige) relevée aux stations de Berne-Liebefeld/Zollikofen, d'Einsiedeln et de Zurich-MétéoSuisse entre 1961 et 2006, avec tendances.

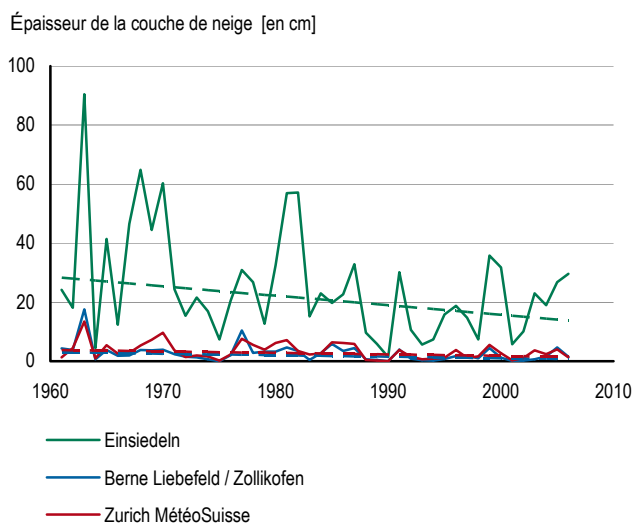
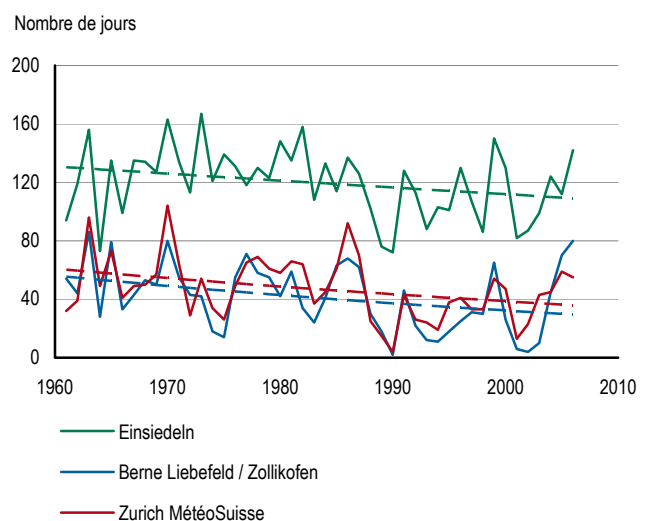


Fig. 32 > Jours d'enneigement pour la période de 1961 à 2006.

Nombre de jours avec une couverture neigeuse recensés aux stations de Berne-Liebefeld/Zollikofen, d'Einsiedeln et de Zurich-MétéoSuisse entre 1961 et 2006, avec tendances.



MétéoSuisse (2007)

La hausse de la température et la garantie plus faible de l'enneigement qui y est liée constituent un défi majeur pour les régions des Préalpes pour lesquelles le tourisme d'hiver est essentiel. D'ici à 2050, la limite de la neige pourrait s'élever de 350 mètres (OcCC 2007). Dans ces conditions, il s'avèrera difficile, pour les stations de sports d'hiver situées à moins de 1500 mètres, d'assurer l'exploitation des installations de ski (cf. aussi le chapitre 4.2 concernant l'enneigement des stations de sports d'hiver).

3 > Conséquences pour l'espace naturel

De nombreux indicateurs reflètent les conséquences des changements climatiques sur l'espace naturel de la Suisse. À titre d'exemple, nous présentons ci-dessous l'accélération de la fonte des glaciers, la hausse de la température des cours d'eau, le recul des populations de truites de rivière, la diminution de la couverture de glace des lacs, l'éclosion précoce des fleurs de cerisiers, ainsi que l'implantation et la diffusion du palmier chanvre, une espèce asiatique, en Suisse méridionale.

3.1 Bilan de masse et modification de la longueur des glaciers

L'élévation de la température moyenne provoquée par les changements climatiques fait reculer les glaciers dans presque toutes les régions de la Terre, des zones tropicales à la Patagonie, au Groenland et à l'Alaska, en passant par les latitudes tempérées. En Suisse aussi, les glaciers rétrécissent et s'amincissent.

En été, dans les Alpes, la glace des glaciers se trouve à son point de fusion sous pression ; soit à 0 °C en surface. Les glaciers réagissent donc fortement aux modifications durables de la température. Une hausse d'un dixième de degré qui persiste pendant dix ans peut faire reculer une langue glaciaire de plusieurs centaines de mètres. Les glaciers de montagne constituent ainsi des indicateurs climatiques particulièrement appropriés pour l'observation de l'environnement mondial (Haeberli et al. 2000).

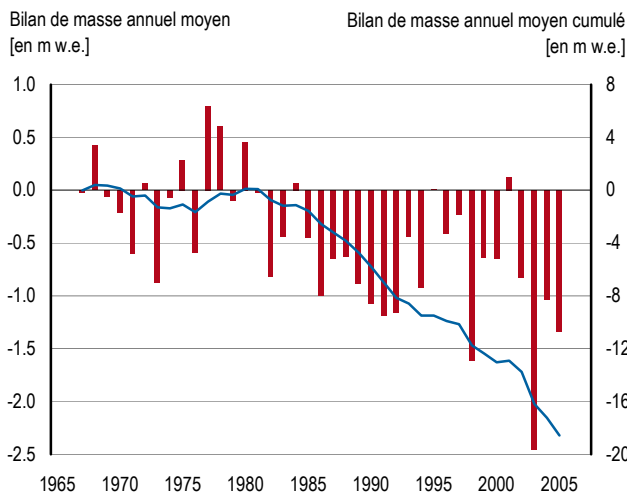
Les glaciers de montagne constituent des indicateurs climatiques particulièrement pertinents pour l'observation de l'environnement mondial.

Les variations de volume ou de masse d'un glacier fournissent des informations particulièrement fiables sur l'évolution des conditions climatiques. La Fig. 33 présente l'évolution moyenne du bilan de masse de neuf glaciers alpins entre 1965 et 2005. Jusqu'en 1980, les variations annuelles s'équilibraient plus ou moins : des années de gains de volume compensaient les années de pertes. Mais depuis le milieu des années 1980, on perçoit nettement une tendance allant dans le sens de pertes continues, qui s'accroissent même. En moyenne, pour toute la surface des glaciers, la perte atteint entre 0,5 et 1 mètre d'équivalent eau par an⁷, et même 2,5 mètres en 2003 en raison de la canicule. Si l'on additionne les pertes des différentes années pour la période allant de 1980 à 2005, on obtient une perte cumulée de près de 20 mètres d'équivalent eau.

⁷ Le bilan de masse des glaciers s'exprime en équivalent eau. Cette unité indique, en mètres ou en millimètres, la quantité d'eau contenue dans les corps de glace qui ont fondu ou sont venus s'ajouter au glacier (1 mm correspond à 1 litre d'eau par mètre carré). On tient ainsi compte du fait que la densité de la glace et des névés peut varier d'un endroit à l'autre, ainsi qu'en fonction de la profondeur, ce qui implique que des volumes identiques peuvent emmagasiner des quantités d'eau différentes.

Fig. 33 > Bilan de masse moyen de neuf glaciers alpins pour la période de 1967 à 2005.

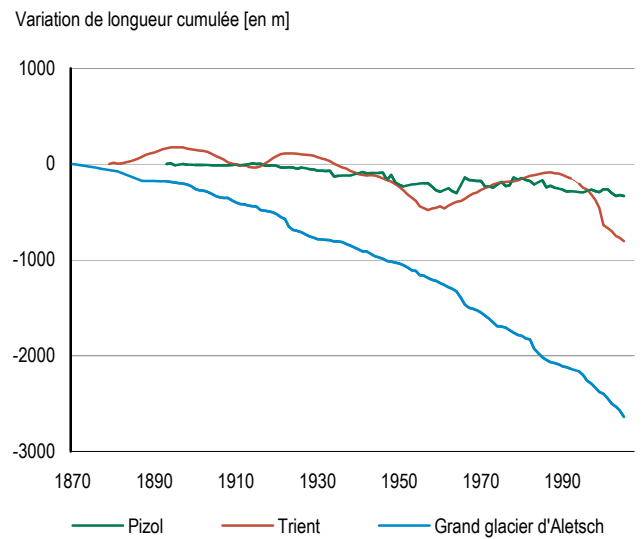
Bilan de masse annuel (barres) et cumulé (courbe) de neuf glaciers alpins : Saint Sorlin (F), Sarennes (F), Silvretta (CH), Gries (CH), Sonnblickkees (A), Vernagtferner (A), Kesselwandferner (A), Hintereisferner (A) et Careser (I).
Unité : mètres d'équivalent eau (m w.e.).



WGMS (2007)

Fig. 34 > Variation cumulée de la longueur de trois glaciers entre 1879 et 2005.

Variation annuelle cumulée de la longueur du glacier du Pizol (0,21 km², 0,6 km de long en 1973), du glacier du Trient (6,4 km², 4,9 km de long en 1973) et du Grand glacier d'Aletsch (86,63 km², 24 km de long en 1973).



La variation de longueur d'un glacier (avancée ou recul de la langue glaciaire) dépend notamment de la taille de celui-ci (Fig. 34) : les petits glaciers (Pizol, par exemple) réagissent rapidement à météorologie annuelle, alors que la langue des glaciers de montagne plus importants (Trient, par exemple) présentent des variations sensibles qui n'interviennent qu'avec un certain délai (de l'ordre de la décennie). Les grandes vallées glaciaires réagissent encore plus lentement, avec un retard de plusieurs décennies (Hoelzle et al. 2000, Zemp et al. 2007). Dans le cas du Grand glacier d'Aletsch, on a observé depuis 1870 un recul progressif de la langue sur une distance de près de 3 km.

Le rétrécissement des glaciers observé dans les Alpes coïncide clairement avec la tendance à la hausse des températures moyennes (Zemp et al. 2007). Lorsque des valeurs vont exceptionnellement à l'encontre de cette tendance, elles s'expliquent par les conditions météorologiques (durée d'ensoleillement réduite, précipitations hivernales plus importantes). Ces prochaines années, le recul des glaciers alpins se poursuivra, indépendamment de l'évolution de la température : en effet, leur extension actuelle ne correspond pas encore au climat qui règne maintenant dans la région, ce qui veut dire que l'équilibre n'est pas encore atteint (Zemp et al. 2006). Si les températures augmentent encore jusqu'à la fin du XXI^e siècle (voir GIEC/IPCC 2007a), il faut s'attendre à un recul des glaciers dans de nombreuses régions des Alpes, voire à leur complète disparition (Zemp et al. 2006).

3.2 Variations de température du pergélisol

Le pergélisol (aussi appelé «permafrost») est présent partout où la température du sous-sol reste toute l’année inférieure à 0 °C. Les régions arctiques et antarctiques comprennent de grands volumes de pergélisol, mais de nombreux sols, parois rocheuses et zones d’éboulis des régions de haute montagne sont eux aussi gelés en permanence, notamment dans les Alpes. En Suisse, entre 5 et 6 % de la surface du pays est constituée de pergélisol. L’épaisseur de ce dernier, dans les Alpes, varie de quelques mètres à plusieurs centaines de mètres.

On parle de pergélisol lorsque le sous-sol, à partir d’une certaine profondeur, reste gelé toute l’année.

Le pergélisol réagit aux variations de bilan énergétique qui affectent sa surface. La couverture neigeuse hivernale influence fortement l’évolution de la température du sous-sol, puisqu’elle agit comme couche isolante. Les hivers pauvres en neige (comme l’hiver 2001/2002) sont nettement plus froids que où l’on enregistre d’abondantes chutes de neige (comme l’hiver 2000/2001). En été, lorsque le sol n’est plus recouvert de neige, sa couche supérieure dégèle dans une proportion dépendant de la température de l’air et de l’intensité du rayonnement qui atteint sa surface. L’épaisseur de cette «couche active» constitue un signal climatique direct (PERMOS 2005). La Fig. 35 présente la profondeur maximale de la couche active du glacier rocheux⁸ de Murtèl-Corvatsch, en Haute-Engadine, pour les années 1987 à 2006. La série temporelle montre une tendance à l’accroissement de l’épaisseur de la couche active, avec des valeurs maximales pour les années 2002 à 2006. En d’autres endroits, comme dans l’éboulis des Lapires (val de Nendaz, VS) ou au Schilthorn (BE), la profondeur de la couche dégelée varie plus fortement, parce que la proportion de glace dans le sol y est nettement moins importante que dans le glacier rocheux de Murtèl-Corvatsch, où la présence massive de glace dans le sous-sol ralentit fortement le dégel.

Fig. 35 > Couche active entre 1987 et 2006.

Profondeur de la couche active maximale du glacier rocheux de Murtèl-Corvatsch.

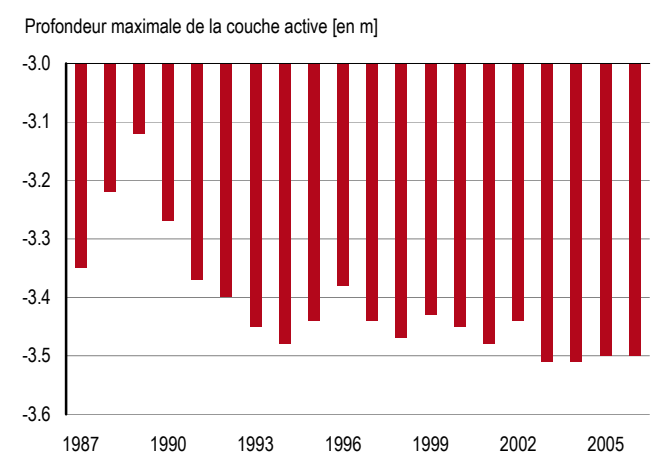
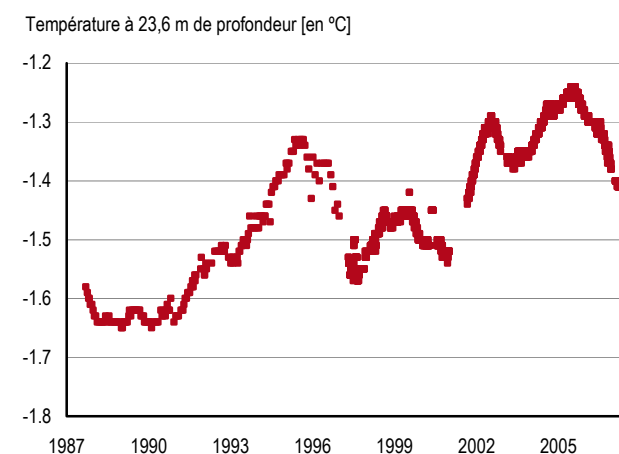


Fig. 36 > Température du pergélisol entre 1987 et 2007.

Température du pergélisol mesurée à 23,6 mètres de profondeur dans le glacier rocheux de Murtèl-Corvatsch (forage).



Permafrost Monitoring Switzerland (2007)

⁸ Les glaciers rocheux constituent un cas particulier de pergélisol (matériaux éboulés meubles susceptibles de se déplacer par reptation et dont les interstices sont remplis de glace).

La Fig. 36 présente l'évolution de la température à une profondeur de 23,6 mètres pour le même glacier rocheux de Murtèl-Corvatsch. À cette profondeur, les températures sont certes soumises à des variations, mais durant les 20 ans couverts par la série d'observations, on perçoit une nette tendance à la hausse. Les valeurs élevées enregistrées vers le milieu des années 1990 s'expliquent par de fortes chutes de neige en automne (la neige isole le sous-sol contre les basses températures hivernales). À l'inverse, les hivers des années 2003 à 2005 se sont distingués par de faibles précipitations neigeuses en automne, ce qui a provoqué un refroidissement du sous-sol en raison du manque d'effet isolant. Les neiges de printemps ont encore accentué le refroidissement, parce que la neige tardive, dans cette situation, isole le sous-sol des températures extérieures de plus en plus clémentes (PERMOS 2005).

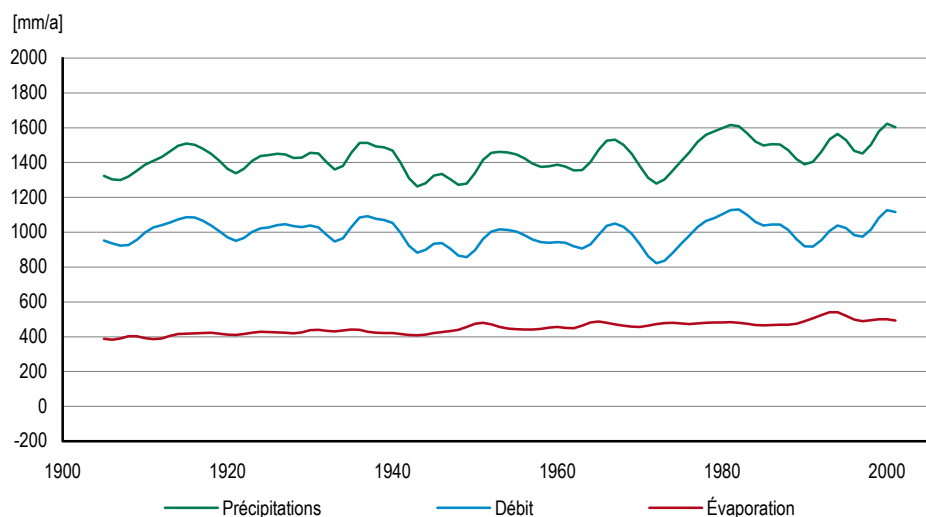
3.3 Bilan hydrologique

La Fig. 37 présente les paramètres du bilan hydrologique de la Suisse pour la période allant de 1901 à 2005. Les précipitations régionales ont été mesurées à l'aide de 303 séries de mesure des précipitations (MétéoSuisse). Les informations concernant les débits proviennent de données de l'OFEV (OFEV 2007c). L'évaporation a été calculée comme solde du bilan hydrologique (en tenant compte des variations des lacs naturels et artificiels, des dérivations, des glaciers, etc.).

Le bilan hydrologique résulte des précipitations, des débits des cours d'eau et de l'évaporation.

Fig. 37 > Bilan hydrologique de la Suisse pour la période de 1901 à 2005.

Précipitations, débit des cours d'eau et évaporation en Suisse (moyenne mobile sur neuf ans).



OFEV 2007c

Les précipitations présentent une légère tendance à la hausse (d'environ 113 mm pour cent ans), qui n'est toutefois pas significative en raison de la grande variabilité de ce paramètre. Vu que la tendance suivie par l'évaporation est presque identique (hausse de 99 mm pour cent ans), le débit reste pratiquement constant sur les cent dernières an-

nées. La fonte des glaciers influence les débits saisonniers au niveau local, mais ne joue qu'un rôle mineur dans le bilan hydrologique de l'ensemble de la Suisse ; elle n'a donc pas été incluse dans cette figure.

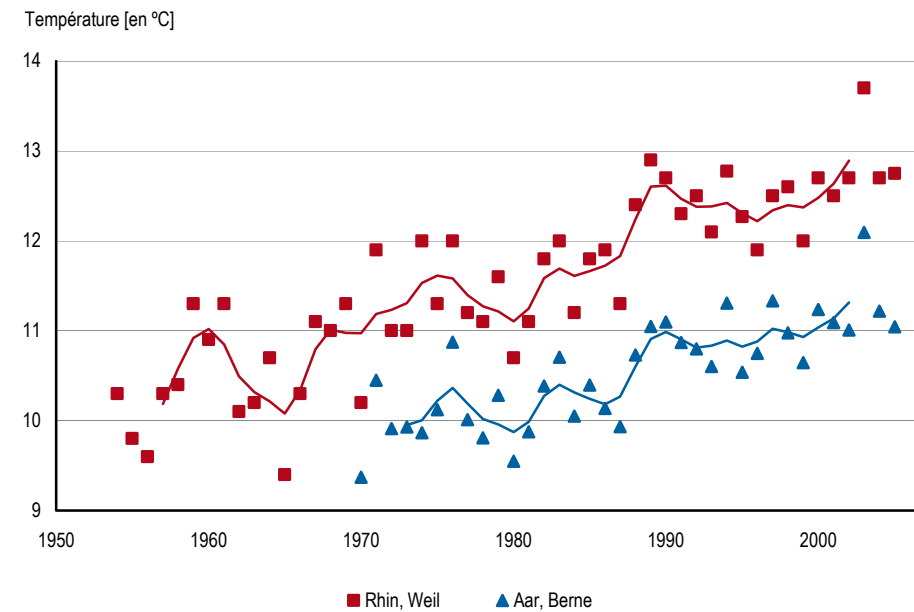
3.4 Température des cours d'eau

Depuis les années 1960, les températures de tous les grands cours d'eau de Suisse enregistrent une nette tendance à la hausse. Cette évolution est plus marquée pour les cours d'eau du Plateau que pour ceux des Alpes (Jakob et al. 2007). La hausse de la température de l'eau intervient parallèlement à celle de la température moyenne de l'air. La Fig. 38 montre les valeurs mesurées pour le Rhin (à Weil près de Bâle) et pour l'Aar (à Berne).

Les cours d'eau de Suisse se sont nettement réchauffés au cours des dernières décennies.

Fig. 38 > Température de deux cours d'eau.

Valeurs annuelles moyennes (symboles) et moyennes mobiles sur sept ans (courbe) de la température de l'eau du Rhin à Weil (depuis 1954) et de celle de l'Aar à Berne (depuis 1970).

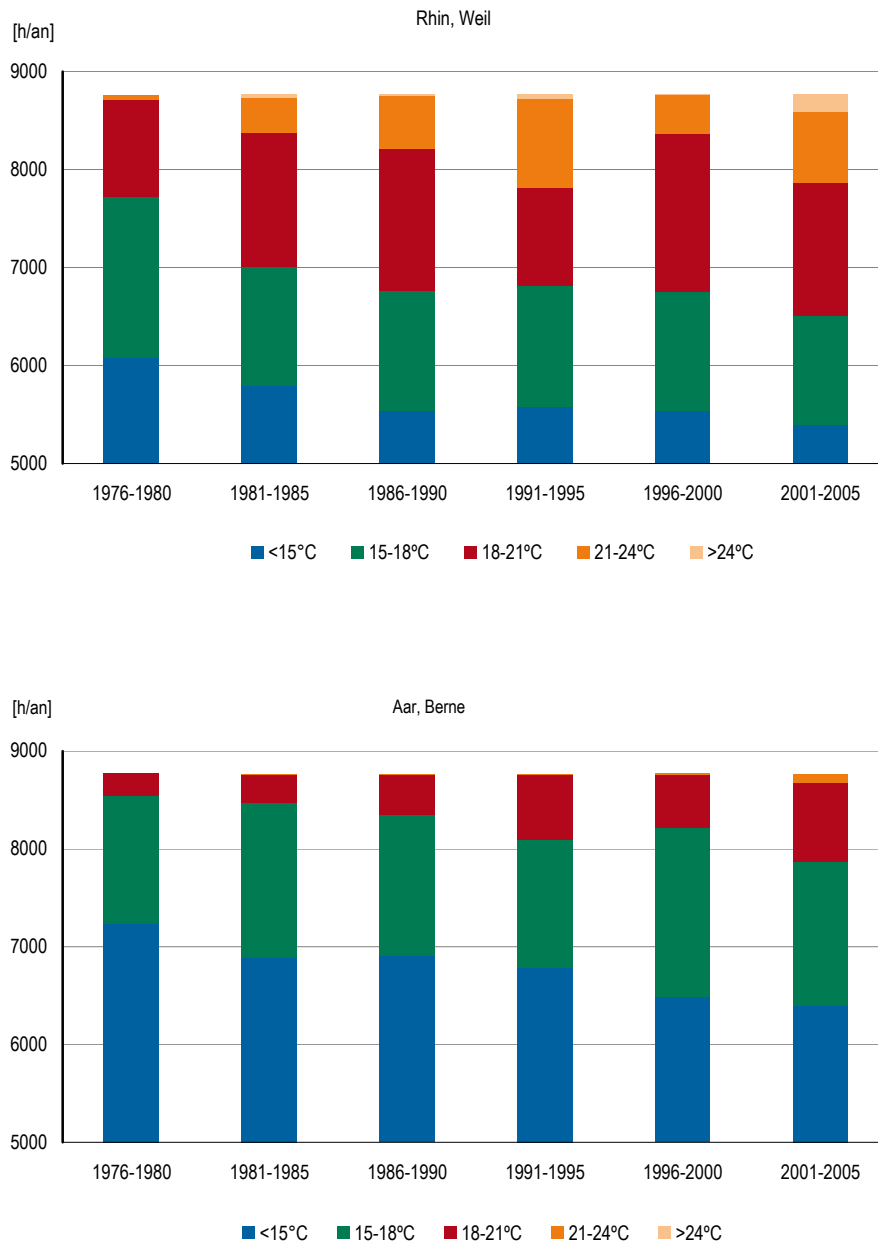


OFEV (2007c)

Les mesures effectuées montrent non seulement que la température moyenne des cours d'eau a augmenté, mais aussi que ceux-ci présentent une température accrue durant une plus grande période de l'année. Dans les rivières du Plateau, le nombre d'heures par an pendant lesquelles la température de l'eau se situe entre 15 et 18°C a tendance à diminuer, alors que le nombre d'heures présentant des températures supérieures à 18°C augmente de manière significative. Cette tendance se retrouve dans tous les grands cours d'eau du Plateau (Jakob et al. 2007). La Fig. 39 montre les valeurs mesurées dans le Rhin et dans l'Aar.

Fig. 39 > Nombre d'heures par classe de température pour la période de 1976 à 2005.

Nombre d'heures par an selon la classe de température pour le Rhin à Weil et l'Aar à Berne (moyennes sur 5 ans).



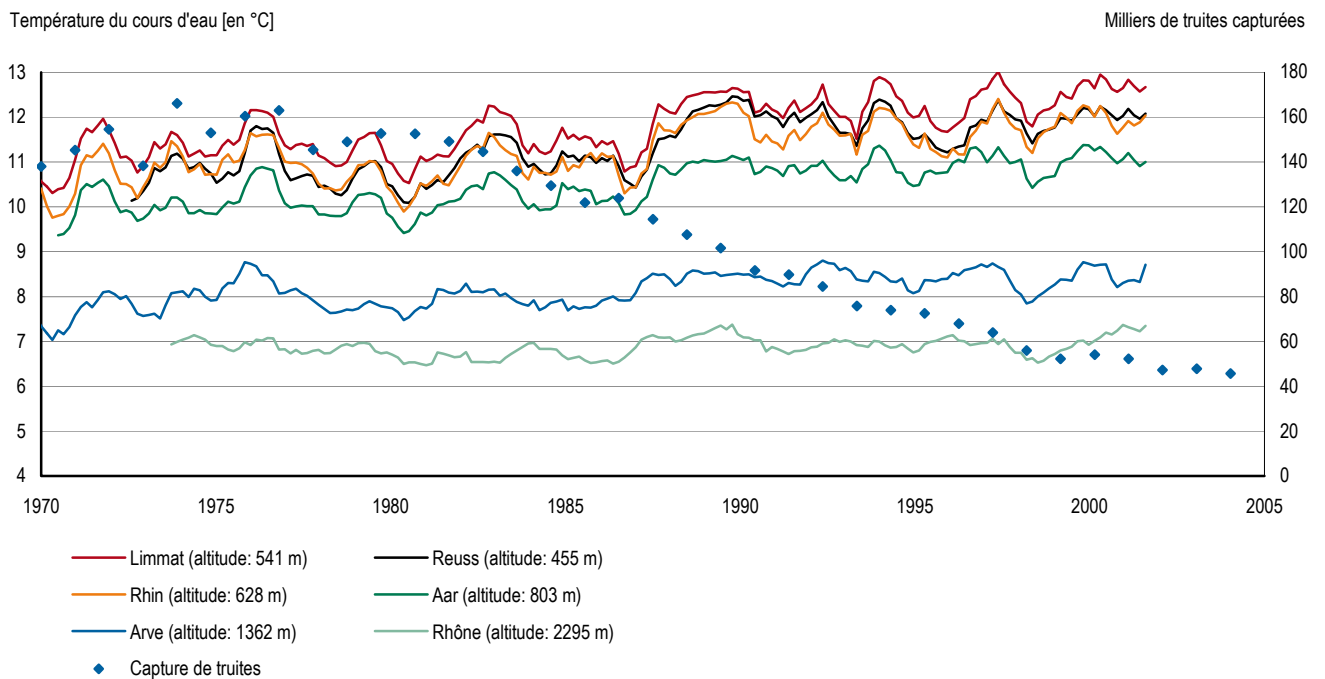
3.5

Effectifs de truites de rivière

La truite de rivière est le poisson le plus important pour la pêche de loisir en Suisse. Or la statistique suisse de la pêche a enregistré une nette diminution des captures de ces truites au cours des 25 dernières années, en particulier dans les zones de basse altitude. Parallèlement, les données fournies par Hari et al. (2006) pour les cours d'eau alpins et préalpins indiquent une augmentation de la température de l'eau à tous les niveaux d'altitude (Fig. 40). C'est dans les régions les plus basses que cette hausse est la plus marquée.

Fig. 40 > Captures de truites de rivière et température de l'eau.

Moyennes annuelles de la température de six cours d'eau suisses pour la période de 1969 à 2002 et captures de truites de rivière en Suisse au cours de la période de 1970 à 2005. L'altitude indiquée correspond à l'altitude moyenne du bassin versant dont provient l'eau. Les données concernant les captures de truites de 1971 à 2001 ont été reconstituées à partir de la statistique obligatoire de la pêche.



D'après Hari et al. 2006 ; données hydrologiques : OFEV (sous presse) ; statistique des captures de truites : FISTAT, OFEV

Bien que les captures de poissons dépendent de différents paramètres, une partie au moins du recul constaté pour les truites de rivière en Suisse s'explique par la diminution des populations. L'accroissement de la température de l'eau a des conséquences négatives pour les populations :

- > La truite de rivière a besoin d'eau fraîche pour grandir et se reproduire. La hausse des températures incite les poissons à migrer vers l'amont, alors même que les cours d'eau, dans les Alpes et les Préalpes, traversent des obstacles naturels ou artificiels

difficilement franchissables pour les poissons⁹. Cela réduit l'habitat de la truite de rivière.

- > La hausse de la température de l'eau augmente la fréquence d'apparition de la maladie rénale proliférative (MRP). C'est dans les zones de basse altitude que les truites en sont victimes¹⁰.
- > Lorsque des épisodes de chaleurs estivales extrêmes se répètent, certaines populations sensibles peuvent disparaître, comme cela a été le cas des ombres¹¹ du Rhin en aval du lac de Constance durant la canicule de l'été 2003.

3.6 Couverture de glace des lacs du Plateau

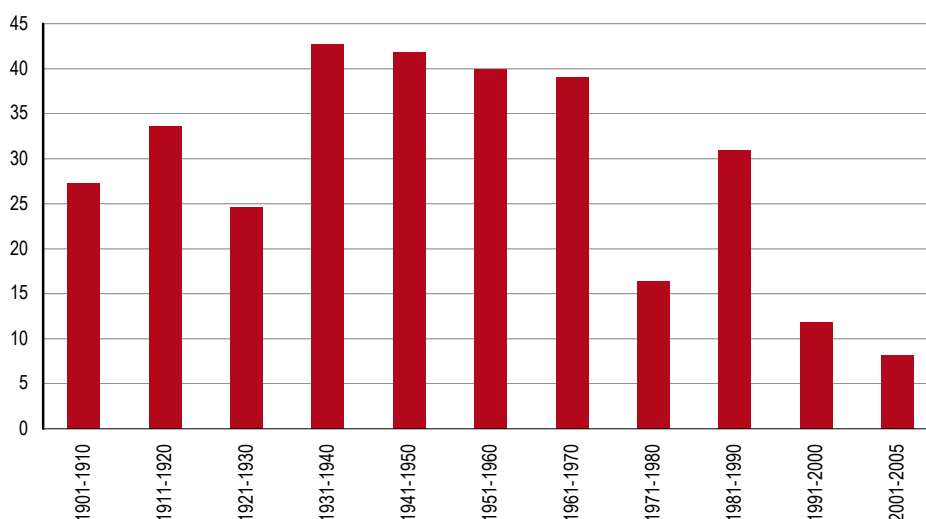
C'est avant tout la température de l'air qui détermine si les lacs du Plateau gèlent en hiver et combien de temps la glace persiste. Lorsqu'un hiver est froid et long, les lacs peuvent geler plus tôt et garder plus longtemps leur couverture de glace. Jusqu'en 1930, les températures hivernales n'ont pas été très basses. Les valeurs moyennes de onze lacs présentées à la Fig. 41 (moyennes sur dix ans) ne montrent donc une tendance générale à la raréfaction de la couverture de glace qu'à partir des années 1940.

Il est très rare que les grands lacs du Plateau gèlent. Durant le XX^e siècle, le lac de Zurich n'a par exemple gelé qu'en 1907, 1929 et 1963.

Fig. 41 > Couverture de glace de onze lacs suisses au cours de la période de 1901 à 2005.

Proportion moyenne de lacs gelés (moyennes sur dix ans, en pour-cent). Les lacs suivants, situés sur le Plateau, ont été pris en compte : lac d'Ägeri, lac de Baldegg, lac de Bienne, lac de Greifensee, lac de Hallwil, lac de Morat, haut-lac de Zurich, lac de Pfäffikon, lac de Sarnen, lac de Sempach, lac inférieur (lac de Constance, TG).

Proportion de lacs gelés par an [en %]



Franssen et Scherrer (sous presse)

⁹ Dans les cours d'eau suisses, sur cent mètres, on compte en moyenne entre 1 et 2 barrières d'une hauteur d'au moins 15 cm (Peter 1998).

¹⁰ La MRP engendre des taux de mortalité élevés chez les truites. Cette maladie est provoquée par un parasite unicellulaire. Elle n'est actuellement présente qu'en dessous de 800 m d'altitude environ.

¹¹ Tout comme la truite de rivière, l'ombre appartient à la famille des Salmonidés.

Pour chaque hiver, la statistique ne prend en compte la couverture de glace d'un lac que lorsque la surface de celui-ci est entièrement gelée pendant au moins deux jours consécutifs (Franssen et Scherrer, sous presse).

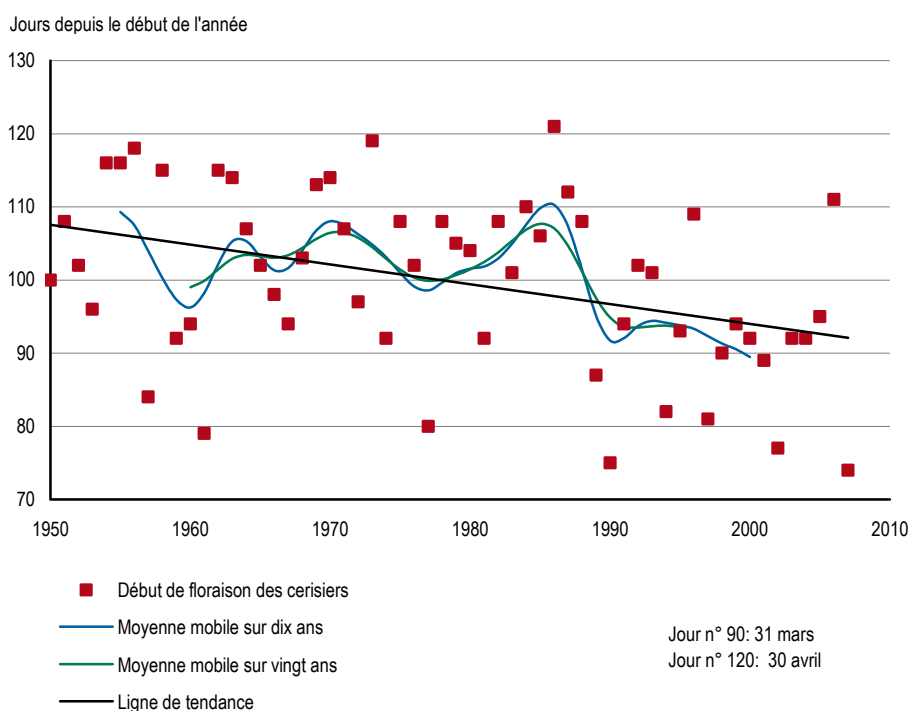
3.7 Floraison des cerisiers à Liestal

Les changements climatiques influencent le développement et le comportement saisonniers de nombreuses espèces végétales et animales. Depuis 1951, MétéoSuisse (2005) enregistre l'apparition des différents stades périodiques de croissance et de développement des plantes au cours de l'année dans le cadre de son réseau d'observation phénologique¹². Chez les plantes, la date d'occurrence de phénomènes tels que la floraison ou la feuillaison au printemps dépend fortement de la température de l'air. Les données phénologiques sont ainsi de bons indicateurs des conséquences locales d'un changement de climat pour la végétation. Des études menées sur des cerisiers à Liestal montrent que la floraison de ces arbres est intervenue plus tôt, au cours des vingt dernières années, que cela n'avait été le cas jusqu'au milieu des années 1980 (Fig. 42).

La phénologie fournit des indices pertinents sur les conséquences locales des changements climatiques.

Fig. 42 > Début de la floraison des cerisiers à Liestal au cours de la période de 1950 à 2007.

La date de floraison des cerisiers de Liestal varie fortement d'une année à l'autre. La tendance à long terme (1950–2007) va cependant dans le sens d'une floraison plus précoce.



MétéoSuisse (2005)

¹² La phénologie traite des stades de développement qui surviennent de manière récurrente dans la nature. Un calendrier phénologique indique, par exemple, le moment où les cerisiers fleurissent, où les baies de sureau mûrissent, où les feuilles des marronniers changent de couleur, etc.

Bien que l'évolution annuelle des plantes dépende de divers facteurs environnementaux, et notamment des conditions météorologiques, on perçoit dans la tendance à long terme que la floraison des cerisiers est désormais avancée de 15 à 20 jours. Cela illustre de manière claire l'évolution des influences climatiques à Liestal. Les données collectées par MétéoSuisse (2005) permettent d'identifier, pour différentes espèces végétales et dans l'ensemble de la Suisse, une tendance à l'apparition plus précoce des phases phénologiques typiques du printemps.

3.8 Propagation du palmier chanvre en Suisse méridionale

Le palmier chanvre – aussi appelé palmier de Chine – est originaire du nord de l'Inde et de la Thaïlande, ainsi que de la Chine. La limite septentrionale de son aire de répartition est déterminée en grande partie par les températures minimales enregistrées en hiver (Walther et al. 2007). La propagation de ce palmier en Suisse dépend de la fréquence d'occurrence des journées d'hiver sans gel. Dans la partie méridionale du Tessin, durant la première moitié du XX^e siècle, on a compté en moyenne 75 jours de gel par semestre d'hiver, alors que ce nombre a reculé de plus de moitié depuis les années 1970 pour atteindre environ 30 jours de gel par an (Walther et al. 2002). Les conditions sont ainsi devenues plus favorables à la propagation du palmier chanvre. Les observations confirment d'ailleurs sa propagation croissante dans notre pays.

Le palmier chanvre a été planté dans des jardins et des parcs de Suisse depuis le XIX^e siècle. Dans les années 1950, on a signalé pour la première fois des spécimens retournés à l'état sauvage dans des régions du Tessin présentant un climat favorable (Walther 2006). À partir des années 1970, certains jeunes plants ont survécu dans des situations protégées. Actuellement, le palmier chanvre se répand dans les forêts tessinoises de basse altitude (Fig. 43).

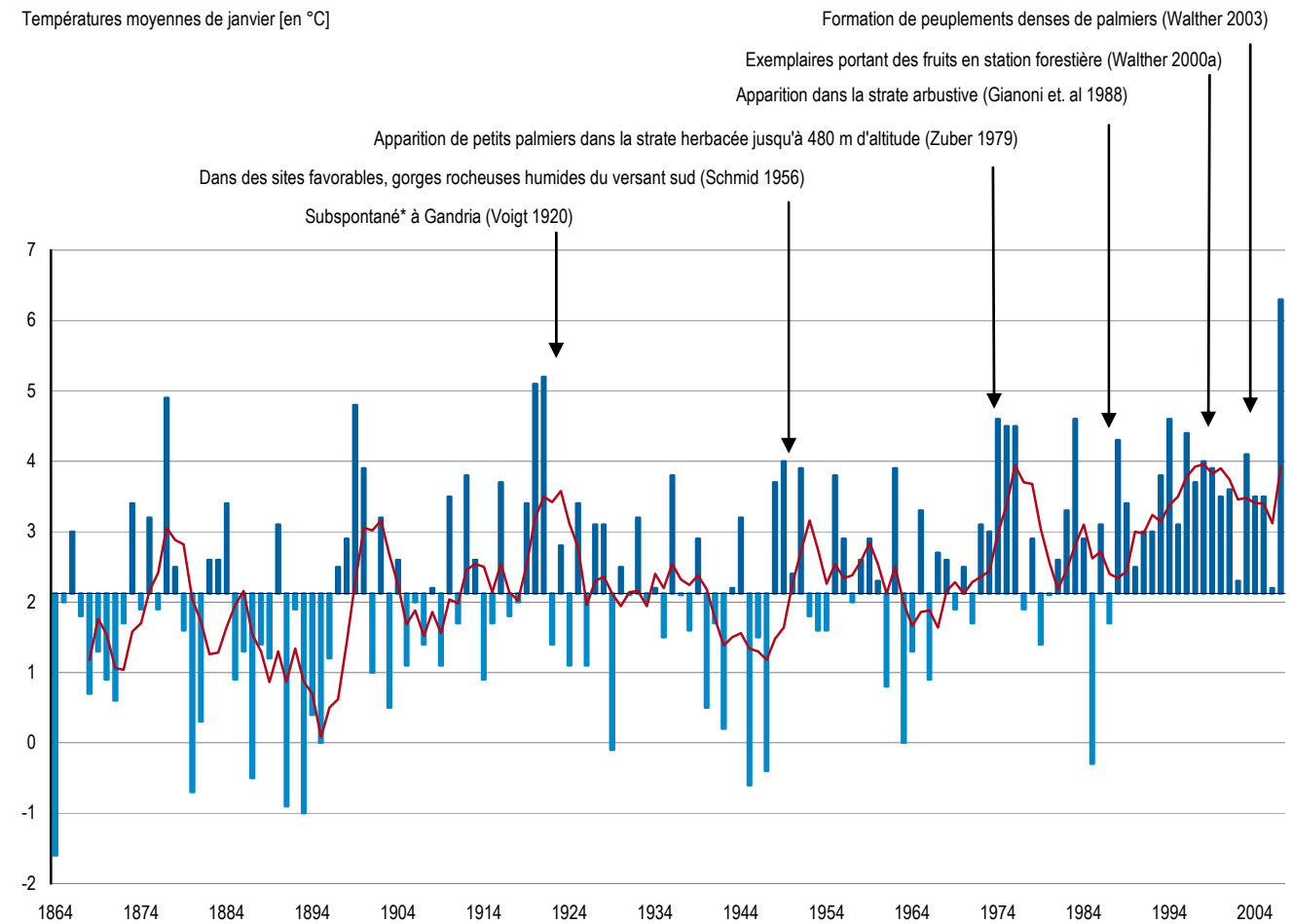
On remarquera que le palmier chanvre et d'autres arbustes à feuillage persistant parviennent à s'installer dans des forêts autrefois composées d'arbres à feuilles caduques. Jusqu'à la fin des années 1950, on avait souvent enregistré au sud des Alpes de courtes périodes présentant des conditions climatiques favorables à ces nouvelles espèces, mais ces brefs épisodes n'avaient pas permis une implantation durable de peuplements de palmiers. Depuis les années 1970, les conditions hivernales de la Suisse méridionale se maintiennent clairement dans des limites climatiques favorables, qui permettent au palmier chanvre de s'implanter en concurrençant les espèces à feuilles caduques.

Le palmier chanvre (*Trachycarpus fortunei*) est une plante robuste à croissance lente et à feuillage persistant, qui peut atteindre une hauteur de plus de 10 mètres.

Fig. 43 > Températures hivernales et présence du palmier chanvre en Suisse méridionale.

Évolution des températures moyennes de janvier depuis 1864 et notification de l'apparition et de l'établissement du palmier chanvre en Suisse méridionale. Les barres correspondent à la température moyenne pour chaque année, alors que la ligne de tendance (en rouge) présente l'évolution de la valeur moyenne sur cinq ans. L'axe des x fixé à 2,2 °C indique la température moyenne du mois de janvier pour la période examinée.

* « Subspontané » désigne la première génération de croissance sauvage d'une plante cultivée.



Walther 2006, MétéoSuisse

De premiers indices font penser que le palmier chanvre est également en train de s'établir au nord des Alpes. Le développement de cette espèce fait donc aussi l'objet, dans ces régions, d'observations en lien avec les changements climatiques. Précisons que la diffusion du palmier chanvre n'est qu'un exemple parmi d'autres de l'avancée en Europe d'espèces végétales appréciant la chaleur (Walther 2004).

4 > Conséquences pour la société et l'économie

On ne dispose que de peu d'indicateurs pertinents en ce qui concerne les conséquences des changements climatiques pour la société et l'économie : les modifications progressives du climat ont rarement des conséquences immédiates et évidentes dans ces deux domaines. À titre d'exemple, on peut toutefois citer la diminution des besoins en chauffage et l'augmentation des besoins en climatisation, ainsi que la dégradation des conditions d'enneigement des stations de sports d'hiver de basse altitude. Il est possible que les changements climatiques exercent aussi des effets sur la santé et sur l'évolution des dommages dus aux événements extrêmes, mais il n'est généralement pas encore possible d'établir des liens de causalité directs.

4.1 Jours de chauffage et jours de climatisation

On appelle «jours de chauffage» les jours pendant lesquels la température externe moyenne ne dépasse pas 12 °C, parce qu'il faut alors généralement chauffer les locaux pour y maintenir une température de 20 °C. L'évolution du nombre de jours de chauffage montre que la nécessité de chauffer les bâtiments tend à diminuer en Suisse (Fig. 44). C'est par ailleurs sur les jours de chauffage que se fonde le calcul des «degrés-jours de chauffage». Ces derniers sont utilisés officiellement pour calculer l'influence des conditions météorologiques sur la consommation de combustible destiné à chauffer l'eau et les bâtiments sur l'ensemble du territoire, ainsi que pour analyser les émissions de CO₂ qui y sont liées (cf. chapitre 1.4.1).

Les jours de climatisation sont utilisés ici comme un simple indicateur des conditions météorologiques dans lesquelles les températures considérées comme agréables sont dépassées à l'intérieur des locaux, ce qui suscite le désir de profiter de la climatisation. Comme il n'existe pas de définition officielle des jours de climatisation et que ceux-ci ne sont pas enregistrés de manière systématique, c'est MétéoSuisse qui les a calculés pour le présent rapport sur la base de la définition utilisée aux États-Unis. Cette dernière part de l'idée que l'on recourt à la climatisation les jours où la température extérieure moyenne dépasse 18,3 °C (65 degrés Fahrenheit). Bien qu'il soit sans doute inhabituel, en Suisse, de recourir à la climatisation pour des températures aussi peu élevées, cet indicateur permet de montrer que le nombre de jours présentant des conditions favorables à l'utilisation de la climatisation a tendance à augmenter dans toutes les régions du pays (Fig. 45).

Les jours de chauffage et les jours de climatisation sont un indicateur de la fréquence des conditions thermiques dans lesquelles il peut être nécessaire de chauffer ou de refroidir les bâtiments.

Fig. 44 > Jours de chauffage au cours de la période de 1961 à 2006 pour une sélection de stations de mesure.

Jours de chauffage pour Genève, Lugano et Zurich, avec lignes de tendance.

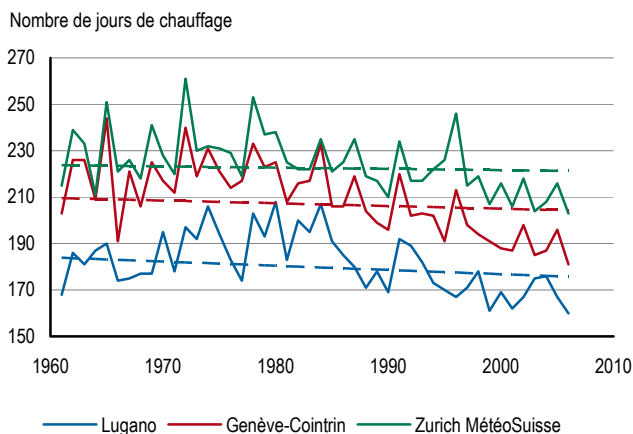
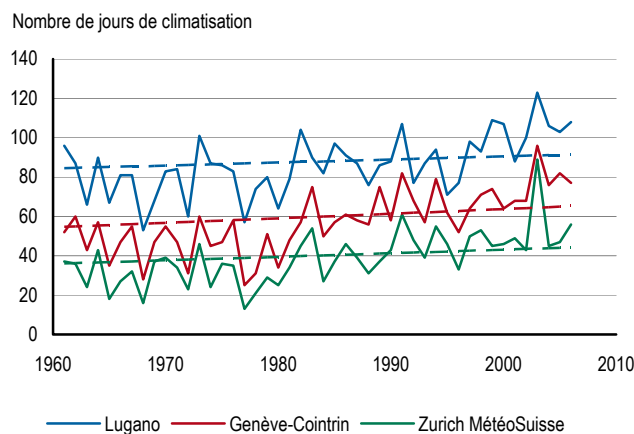


Fig. 45 > Jours de climatisation au cours de la période de 1961 à 2006 pour une sélection de stations de mesure.

Jours de climatisation pour Genève, Lugano et Zurich, avec lignes de tendance.



MétéoSuisse (2007)

Les jours de chauffage diminuent dans toutes les stations du nord, du sud et de l'ouest de la Suisse, alors que le nombre de jours de climatisation a tendance à augmenter.

Suite au réchauffement, le nombre de jours de chauffage diminuera d'environ 11 % par rapport à la moyenne de la période 1984–2004 d'ici à 2030 et de 15 % d'ici à 2050. À l'inverse, le nombre de jours de climatisation devrait pratiquement doubler durant les mois d'été d'ici à 2035 selon les perspectives énergétiques présentées par l'Office fédéral de l'énergie (OFEN 2007c). Sur la base d'une hausse de la température d'environ 2,5 °C d'ici à 2050, on s'attend à ce que le nombre de jours de climatisation augmente d'environ 150 % (OcCC/ProClim- 2007).

4.2 Enneigement des stations de sports d'hiver

Depuis le milieu des années 1950, le nombre de jours de neige diminue dans de nombreuses stations de ski de basse altitude (en dessous de 1200 ou 1300 mètres). En revanche, on ne décèle aucune tendance univoque pour les stations situées au-dessus de 1500 ou 1600 mètres. Dans les stations de basse altitude, les sommes des hauteurs de neige fraîche ont également tendance à diminuer, comme le montre l'exemple de Gsteig (Oberland bernois) dans la Fig. 46. À Mürren, une station située dans la même région mais à une altitude plus élevée, les sommes des hauteurs de neige fraîche ont en revanche plutôt augmenté.

On estime que l'enneigement d'un domaine skiable alpin est assuré lorsque, sept ans sur dix, il présente une couverture neigeuse d'au moins 30 centimètres durant 100 jours ou plus entre le 16 décembre et le 15 avril.

La tendance vers un climat moins enneigé dépend ainsi en premier lieu de l'altitude. Une règle empirique veut que la limite des chutes de neige s'élève de 100 à 150 mètres par degré de réchauffement. Pour les stations situées en dessous de 2000 mètres, les années 1990 ont constitué de loin la décennie la moins enneigée depuis 1930 (Laternser et Scheebeli 2003). À basse altitude, la hausse de fréquence constatée pour les précipi-

tations tombées sous forme de pluie a provoqué une diminution de la couverture de neige fraîche (cf. chapitre 2.5), ce que montre bien l'exemple de Gsteig. En dessus de 2000 mètres d'altitude, les quantités de neige devraient plutôt augmenter à l'avenir (OcCC/ProClim- 2007).

Fig. 46 > Somme des hauteurs de neige fraîche en hiver pour la période de 1955 à 2006.

L'évolution de la somme des hauteurs de neige journalière entre 1955 et 2006 dépend de l'altitude.

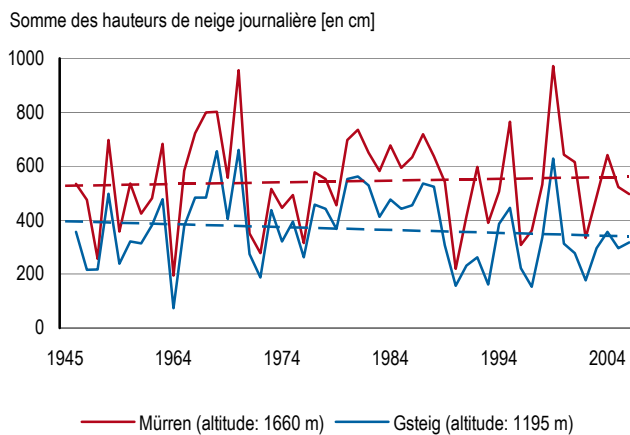
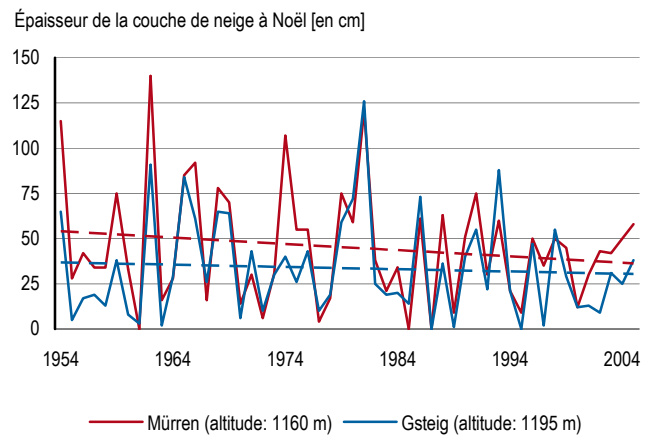


Fig. 47 > Épaisseur de la couche de neige à Noël pour les stations de sports d'hiver de Müren et de Gsteig.

L'épaisseur de la couche de neige à Noël dans les stations de Müren (1660 m) et de Gsteig (1195 m) présente une tendance à la baisse pour la période de 1954 à 2006.



Rapports hivernaux de l'ENA, Division des dangers naturels du canton de Berne, in Müller et Weber (2007)

Parallèlement à l'élévation de la limite des chutes de neige, on assiste aussi à un déplacement dans le temps des précipitations neigeuses, qui interviennent plus tard durant l'hiver. Si l'on prend Noël (le 25 décembre) comme jour de référence, on constate que la couverture de neige mesurée à cette date a tendance à devenir de plus en plus mince, même à haute altitude (Müller et Weber 2007). Pour le site de Müren, par exemple, on observe depuis 1954 une diminution progressive de l'épaisseur de la couche de neige à Noël (Fig. 47). Le manque de neige marque le paysage, si bien que l'atmosphère hivernale et une partie de l'attrait propre à cette région touristique font de plus en plus défaut à un moment particulièrement important pour le tourisme hivernal.

4.3 Propagation des tiques et cas d'encéphalite à tiques

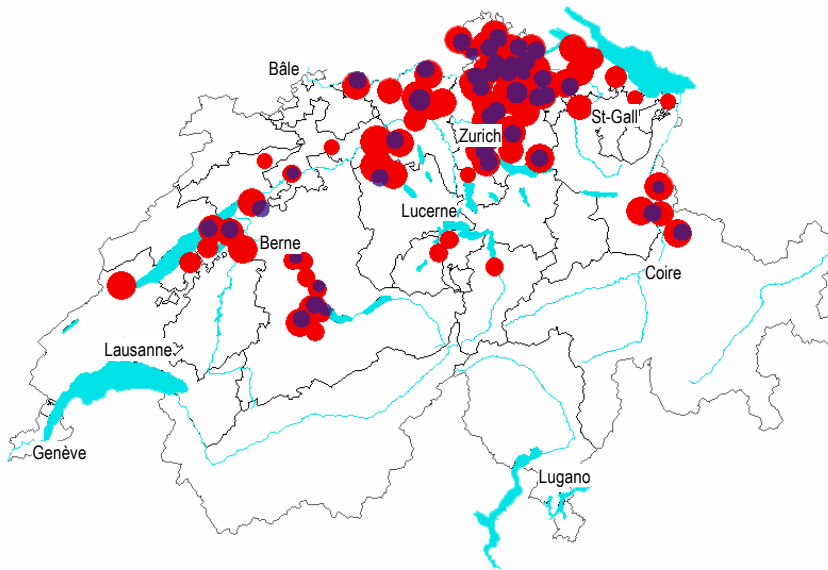
Les tiques¹³ se tiennent souvent en lisière de forêt, dans les clairières ou dans les talus. On les rencontre jusqu'à une altitude de 1200 mètres. Les morsures de tiques peuvent transmettre à l'homme la maladie de Lyme ou borréliose, une maladie bactérienne, et plus rarement la MEVE (méningo-encéphalite verno-estivale, communément appelée « encéphalite à tiques »), une infection virale. Ces dernières années, le nombre de cas de MEVE a nettement augmenté en Suisse. L'Office fédéral de la santé publique a déclaré certaines régions du pays comme zones à risque (Fig. 48).

Les infections causées par les tiques ont nettement augmenté ces derniers temps. Le climat plus doux n'est toutefois qu'un facteur parmi d'autres susceptibles d'expliquer cette hausse.

¹³ Les tiques sont des acariens parasites. On en compte plus de 800 espèces dans le monde. En Europe, on rencontre surtout *Ixodes ricinus*, la tique du mouton, qui fait partie de la famille des Ixodidés ou tiques dures.

Fig. 48 > Régions d'endémie connues de l'encéphalite à tiques (MEVE) en Suisse.

La carte montre les régions d'endémie connues (foyers naturels) de l'encéphalite à tiques en janvier 1999 (en violet) et en novembre 2006 (en rouge). En raison de la propagation accrue de la maladie, le risque d'être infecté par une tique a augmenté entre 1999 et 2006.



OFSP (2007)

De nombreuses infections par le virus de la MEVE prennent uniquement la forme d'un syndrome pseudogrippal, voire ne provoquent aucun symptôme. Mais la maladie peut aussi être très dangereuse, attaquer le système nerveux central et laisser des séquelles. L'Office fédéral de la santé publique recommande donc aux habitants des régions d'endémie de se faire vacciner contre la MEVE. En Autriche, le nombre de cas de MEVE a reculé au cours des dernières années, et cette évolution est attribuée à un programme cohérent de vaccination (OcCC/ProClim- 2007).

La progression actuelle de l'encéphalite à tiques ne peut pas être attribuée directement aux changements climatiques. Il est toutefois vraisemblable que ceux-ci jouent un rôle dans la propagation de la maladie.

Les tiques traversent différentes phases de développement, de la larve à l'animal adulte en passant par la nymphe. L'espace dans lequel elles sont actives dépend fortement des conditions de chaleur et de précipitations, comme c'est aussi le cas pour la transmission du virus de la MEVE entre animaux à leurs différents stades de développement. Les hivers doux favorisent la propagation des tiques et de leurs animaux hôtes dans les régions situées à plus haute altitude, alors que la diminution des précipitations estivales et les étés chauds dégradent les conditions de vie des populations de tiques et freinent la transmission du virus. À très long terme, les changements climatiques devraient provoquer un déplacement des régions d'endémie du virus de la MEVE vers des zones d'altitude plus élevée ainsi que vers des latitudes plus septentrionales (Randolf et Rogers 2000, OcCC/ProClim- 2007).

L'allongement de la période de contact entre les tiques et les hommes explique peut-être en partie l'augmentation du nombre de cas de MEVE enregistrés. Un réchauffement modéré du climat prolonge la période d'activité de ces acariens sans pour autant nuire à la transmission du virus de tique à tique. En outre, la chaleur influence aussi les comportements pendant les loisirs et l'habillement des personnes, ce qui accroît la probabilité de contact avec des tiques.

4.4 Événements extrêmes et dommages assurés

Crues, laves torrentielles, glissements de terrain, éboulements, avalanches, tempêtes : autant de dangers naturels auxquels la Suisse est régulièrement confrontée. Les changements climatiques devraient influencer la fréquence et l'intensité des événements qui provoquent des dommages. On peut aussi s'attendre à ce que les canicules et les périodes de sécheresse frappent plus souvent notre pays (OFEV 2007d).

La canicule de l'été 2003, qui a provoqué un millier de décès supplémentaires, a montré combien la population était vulnérable face à des conditions météorologiques aussi extrêmes. En fonction de l'évolution des émissions mondiales de gaz à effet de serre, des situations analogues pourraient se répéter à quelques années d'intervalle d'ici à la moitié du XXI^e siècle. Les vagues de chaleur diminuent aussi la productivité de la population active, avec les conséquences économiques que cela implique. Il est prouvé que la performance mentale et physique des travailleurs baisse lorsque la température dépasse 30 °C (OcCC/ProClim- 2007).

Il est difficile de faire des pronostics sur l'évolution future des événements météorologiques catastrophiques. D'un côté, les changements climatiques modifient les conditions d'occurrence de ces événements, en influençant par exemple l'intensité des précipitations (cf. chapitre 2.4), l'humidité du sol ou même la disponibilité des matériaux meubles pouvant être emportés par un torrent. De l'autre, une tendance concernant des événements très rares ne peut par la force des choses être décelée que sur une très longue période. Précisons encore que des dommages accrus ne peuvent indiquer de manière fiable quel est le rôle joué par les changements climatiques, parce que les dégâts dépendent de très nombreux facteurs, et notamment des biens matériels présents dans la zone concernée ainsi que des mesures prises pour les protéger.

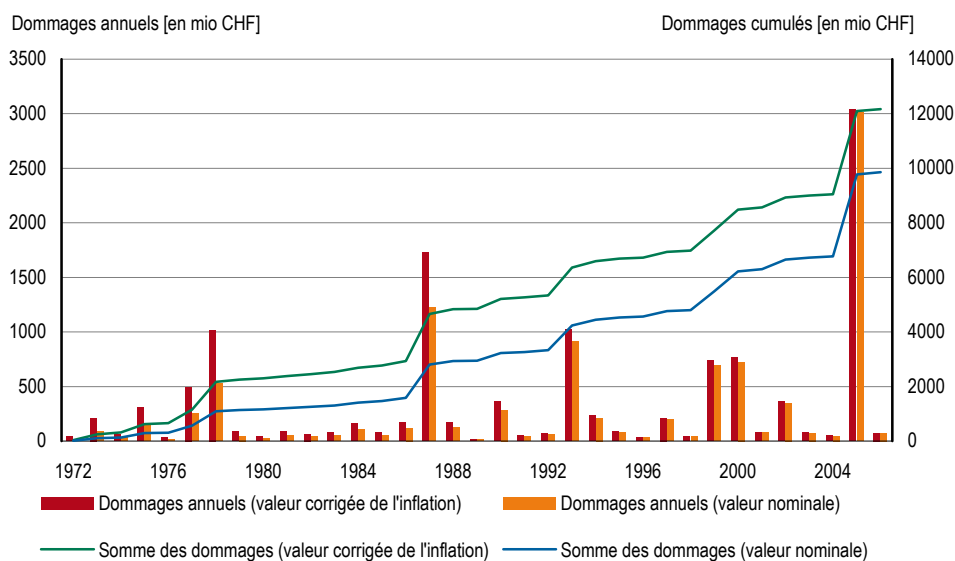
En matière de prévention des risques, la Confédération a changé sa manière d'aborder les dangers naturels depuis quelques années (OFEV 2007d). La protection contre les dangers et la maîtrise des événements sont progressivement remplacées par une gestion intégrée des risques. Sur la base des cartes des dangers des cantons (cf. chapitre 5.2.2), les points faibles sont étudiés systématiquement afin de prendre des mesures de prévention et d'établir des plans d'urgence.

Les climatologues s'attendent à une augmentation des événements extrêmes. Toutefois, ces événements et les dommages qu'ils provoquent ne constituent pas des indicateurs pertinents des changements climatiques.

Les crues d'août 2005 constituent l'événement le plus coûteux jamais enregistré en Suisse. La somme des dommages subis s'est montée à 3 milliards de francs (Fig. 49). La hausse des coûts cumulés des dommages, depuis le début des années 1970, est loin d'être proportionnelle à la croissance de la population, de la surface bâtie et de la densité des biens matériels : l'ampleur des dommages dus à la nature est nettement inférieure à ce à quoi l'on pourrait s'attendre sur la base de l'évolution des biens. Cette situation positive est aussi attribuée à l'efficacité des mesures de protection mises en œuvre (OFEV/WSL 2007).

Fig. 49 > Dommages provoqués par les crues et les glissements de terrain au cours de la période de 1972 à 2006.

Dommages annuels et sommes des dommages, en valeurs nominale et corrigée de l'inflation (sur la base des prix de 2004). L'évolution de la somme des dommages entre 1972 et 2006 montre que les coûts cumulés liés aux dommages dus à des crues, des glissements de terrain et des laves torrentielles ont progressé de manière presque linéaire au cours des 30 dernières années.



Données : WSL (2007)

Les dommages dus aux plus grandes catastrophes naturelles survenues dans le monde sont considérablement plus importants que ceux que connaît la Suisse. Au plan international également, 2005 a constitué l'année la plus chère pour les sociétés d'assurance : l'ouragan Katrina a provoqué les dommages assurés les plus importants jamais enregistrés, soit l'équivalent de 56 milliards de francs (OeCC/ProClim- 2007). La croissance économique, la construction de bâtiments dans des secteurs menacés ainsi que des changements d'habitude dans le recensement des dégâts et dans les réglementations peuvent expliquer au moins partiellement la hausse des dommages.

5 > Réponses apportées aux changements climatiques

Les rapports périodiques soumis à la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques rendent compte de manière exhaustive des mesures prises en Suisse dans le cadre de la politique climatique (Confédération suisse 2005). En matière de réduction des émissions de gaz à effet de serre, l'accent principal concerne les domaines de l'environnement et de l'énergie. Les principaux indicateurs révèlent un effet positif sur l'évolution des émissions. Les objectifs fixés n'ont toutefois été atteints que partiellement. De grands progrès restent à réaliser notamment dans le domaine des transports.

5.1 Mesures de réduction des émissions

5.1.1 Aperçu

Tab. 2 > Principales mesures contribuant à réduire les émissions.

Politique sectorielle	Mesures	Gaz à effet de serre concernés
Environnement	<ul style="list-style-type: none"> Loi sur le CO₂ : mesures librement consenties, taxe subsidiaire sur le CO₂ Encouragement du gaz naturel et des biocarburants Encouragement des carburants désulfurés (permet de recourir à des moteurs plus économiques) Réglementation de l'utilisation des gaz synthétiques à effet de serre Gestion des déchets : interdiction de mettre en décharge les déchets combustibles, production d'énergie en UIOM Politique de protection de l'air : réduction des émissions de polluants engendrant la formation de gaz à effet de serre 	CO ₂ divers CO ₂ HFC/PFC/SF ₆ CH ₄ , CO ₂ divers
Énergie	<ul style="list-style-type: none"> Loi sur l'énergie et programme « SuisseÉnergie » (utilisation rationnelle de l'énergie et promotion des énergies renouvelables) <ul style="list-style-type: none"> - Conventions avec des groupes d'entreprises et les importateurs d'automobiles - Activités des cantons dans le domaine du bâtiment : Minergie, programmes d'encouragement, lois cantonales sur l'énergie - Étiquette-énergie pour les voitures de tourisme et les appareils - Méthode de conduite économique Ecodrive 	CO ₂ , N ₂ O
Transports	<ul style="list-style-type: none"> Transfert des transports de marchandises de la route au rail Redevance sur le trafic des poids lourds liée aux prestations (RPLP) Extension et promotion des transports publics 	CO ₂ , N ₂ O CO ₂ , N ₂ O CO ₂
Agriculture	<ul style="list-style-type: none"> Exploitation préservant l'environnement (« prestations écologiques requises ») 	CH ₄ , N ₂ O
Forêts	<ul style="list-style-type: none"> Exploitation durable, protection de la surface forestière (interdiction de défricher) Promotion du bois comme matériau de construction et agent énergétique, en remplacement des matières premières fossiles et non renouvelables 	CO ₂ CO ₂
Coopération internationale	<ul style="list-style-type: none"> Participation au Fonds pour l'environnement mondial (financement de projets dans le cadre de la Convention sur le climat) Aide financière dans le cadre de l'aide au développement 	divers divers

La politique climatique de la Suisse repose sur diverses politiques sectorielles, qui sont à leur tour ancrées dans une stratégie générale de développement durable. Le Protocole de Kyoto et la loi sur le CO₂ constituent des cadres importants pour la mise en œuvre des mesures de réduction des émissions de gaz à effet de serre. Le Tableau 2 présente les principales mesures prises dans les diverses politiques sectorielles.

Le gaz carbonique ou dioxyde de carbone (CO₂) est le principal gaz à effet de serre : il représente actuellement quelque 85 % des émissions de gaz à effet de serre (voir la Fig. 11 au chapitre 1). La loi sur le CO₂ doit permettre de prendre en compte le rôle joué par ce gaz : la plupart des mesures de protection du climat prises par les différentes politiques sectorielles ont spécifiquement pour objectif de réduire ou d'éviter des émissions de CO₂.

Contrairement à la réduction des émissions, la surveillance des conséquences des changements climatiques et les mesures d'adaptation ne font pas encore l'objet, en Suisse, d'une politique coordonnée qui leur soit propre.

5.1.2 Mise en œuvre de la loi sur le CO₂

La politique climatique suisse se fonde sur les objectifs du Protocole de Kyoto et de la loi sur le CO₂. Dans le cadre du protocole, la Suisse s'est engagée à réduire de 8 %, par rapport aux chiffres de 1990, la somme des émissions de six gaz à effet de serre. Cet objectif doit être atteint durant la période 2008–2012. Dans le même temps, la loi sur le CO₂ doit permettre de réduire de 10 % – par rapport à 1990 – les émissions de CO₂ dues à l'utilisation d'agents fossiles comme source d'énergie.

Les objectifs de la loi sur le CO₂ sont compatibles avec ceux du Protocole de Kyoto. Réduire le CO₂ de 10 % permet simultanément de satisfaire aux exigences du protocole, si du moins les émissions des autres gaz restent à peu près constantes. La loi définit un objectif pour les combustibles (-15 %) et un autre pour les carburants (-8 %). La réduction des émissions doit être possible en recourant à diverses mesures :

- > mesures librement consenties par les milieux économiques et les particuliers
- > mesures prises dans le cadre d'autres politiques sectorielles (SuisseÉnergie, RPLP, notamment)
- > taxe sur le CO₂ (si les mesures ci-dessus ne s'avèrent pas suffisamment efficaces)
- > mécanismes de flexibilité du Protocole de Kyoto (achat de certificats d'émissions provenant de projets de réduction des émissions réalisés à l'étranger)

À la fin 2006, la convention passée entre le DETEC et l'industrie suisse du ciment, les différentes conventions librement négociées sous l'égide de l'Agence de l'énergie pour l'économie (AEnEC) et les autres conventions sur le point d'être conclues concernaient quelque 37 % des émissions de CO₂ de l'économie suisse et couvraient plus de 1600 entreprises.

La loi sur le CO₂ ne concerne que les émissions de CO₂ des agents énergétiques fossiles. Le Protocole de Kyoto porte quant à lui sur six gaz ou groupes de gaz à effet de serre (CO₂, CH₄, N₂O, HFC, PFC et SF₆).

Les conventions conclues avec l'AEnEC portent avant tout sur des mesures liées à la consommation d'énergie des installations fixes (chauffages, processus industriels). Selon les prévisions, les émissions de CO₂ évitées se monteront à plus de 18 % d'ici à 2010, par rapport au scénario sans conventions. Les mesures approuvées dans le cadre de ces accords devraient induire une réduction absolue des émissions de près de 7 % par rapport à 2000.

En 2005, le Conseil fédéral a admis le « centime climatique » à titre expérimental comme autre mesure librement consentie par les milieux économiques. Un supplément de 1,5 centime perçu sur chaque litre d'essence ou de diesel permet de constituer des fonds pour le financement de projets de réduction des émissions en Suisse et à l'étranger. Le « centime climatique » doit en particulier permettre de réduire l'écart entre les émissions de CO₂ et l'objectif fixé pour le secteur des transports.

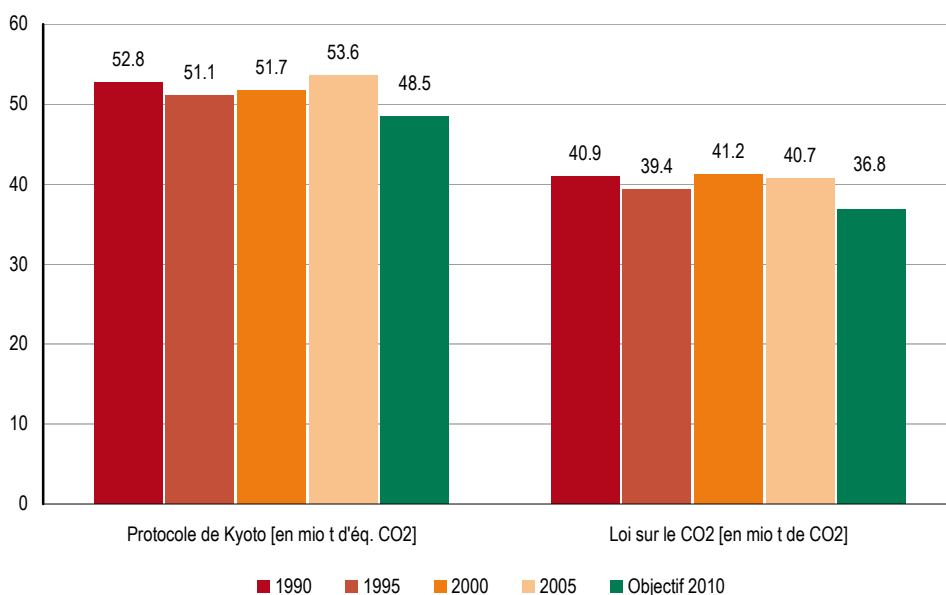
La loi sur le CO₂ comme le Protocole de Kyoto prescrivent que les prestations de réduction des émissions doivent être réalisées en premier lieu en Suisse (principe de « complémentarité » des mesures prises à l'étranger). On souhaite ainsi garantir que l'important potentiel de réduction des émissions sera entièrement utilisé en Suisse. Il s'agit également de favoriser l'utilisation accrue d'agents énergétiques renouvelables produisant peu d'émissions et d'encourager les innovations technologiques et la création d'emplois dans des secteurs prometteurs. Les mesures d'amélioration de l'efficacité prise dans le pays réduisent en outre la dépendance de la Suisse en matière d'importation d'énergie et contribuent à atténuer les atteintes à la santé dues à la pollution atmosphérique.

Comme le montre la Fig. 50, les émissions totales de gaz à effet de serre se sont montées à 53,6 millions de tonnes en Suisse pour l'année 2005. Par rapport à 1990, la hausse n'atteint que 0,9 million de tonnes. Cette stabilisation des émissions résulte d'évolutions divergentes : la politique énergétique de la Confédération (programme « SuisseÉnergie »), les mesures librement consenties par les milieux économiques ainsi que le recul des émissions dans l'agriculture, notamment, ont eu des effets positifs, mais ceux-ci ont été compensés par la croissance constatée dans le domaine des transports, ainsi que par la tendance générale à l'accroissement des émissions résultant de la croissance démographique et économique.

SuisseÉnergie est le principal programme de la Confédération destiné à réduire la consommation d'énergie fossile. Il a pour but d'accroître l'efficacité énergétique et de promouvoir les énergies renouvelables.

Fig. 50 > Écart par rapport aux objectifs : Protocole de Kyoto et loi sur le CO₂.

Les émissions au sens du Protocole de Kyoto (tous les gaz) et de la loi sur le CO₂ (uniquement le CO₂ provenant de l'utilisation d'agents énergétiques fossiles) varient relativement peu par rapport à leur niveau de 1990. Des mesures supplémentaires sont nécessaires si l'on veut atteindre les objectifs fixés pour 2010 (moyenne des années 2008 à 2012).



OFEV

Afin de combler l'écart entre le niveau des émissions en 2006 et l'objectif fixé pour la période 2008–2012, la Suisse doit tout d'abord continuer à réduire ses émissions de gaz à effet de serre. En 2007, le Parlement a approuvé deux mesures supplémentaires: la taxe sur le CO₂ appliquée aux combustibles et l'encouragement fiscal des biocarburants. Si ces mesures ne suffisent pas, il sera également possible de comptabiliser des certificats d'émissions issus de projets réalisés à l'étranger ainsi que l'absorption de CO₂ liée à la croissance du bois en forêt (puits de CO₂). La loi sur le CO₂ ne prévoit toutefois que l'utilisation de certificats d'émissions – comme ceux acquis par la Fondation Centime climatique – pour contribuer à atteindre l'objectif.

5.1.3 Consommation des nouvelles voitures et émissions de CO₂

En 2002, le Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication (DETEC) a conclu une convention avec l'Association des importateurs suisses d'automobiles (AISA) afin de réduire la consommation moyenne des nouvelles voitures de 3 % par an. Le but est d'abaisser la consommation de carburants à 6,4 litres par 100 kilomètres d'ici à 2008.

Tab. 3 > Écart par rapport aux objectifs : consommation des nouvelles voitures.

Évolution des ventes des voitures de tourisme neuves mises en circulation, ainsi que de leur consommation moyenne de carburant, de leurs émissions de CO₂ et de leur poids, et objectif fixé dans la convention conclue entre le DETEC et l'Association des importateurs suisses d'automobiles. L'évolution enregistrée jusqu'ici laisse supposer que l'objectif ne sera de loin pas atteint.

	Nombre de nouvelles voitures vendues	Consommation moyenne en l/100 km	Émissions moyennes en g de CO ₂ /km	Poids moyen en kg
2003	265'696	7,99	195	1440
2004	266'605	7,82	192	1462
2005	257'886	7,67	189	1478
2006	265'482	7,62	187	1491
Objectif selon la convention		2008 : 6,40		

auto-suisse 2004, 2005, 2006, 2007

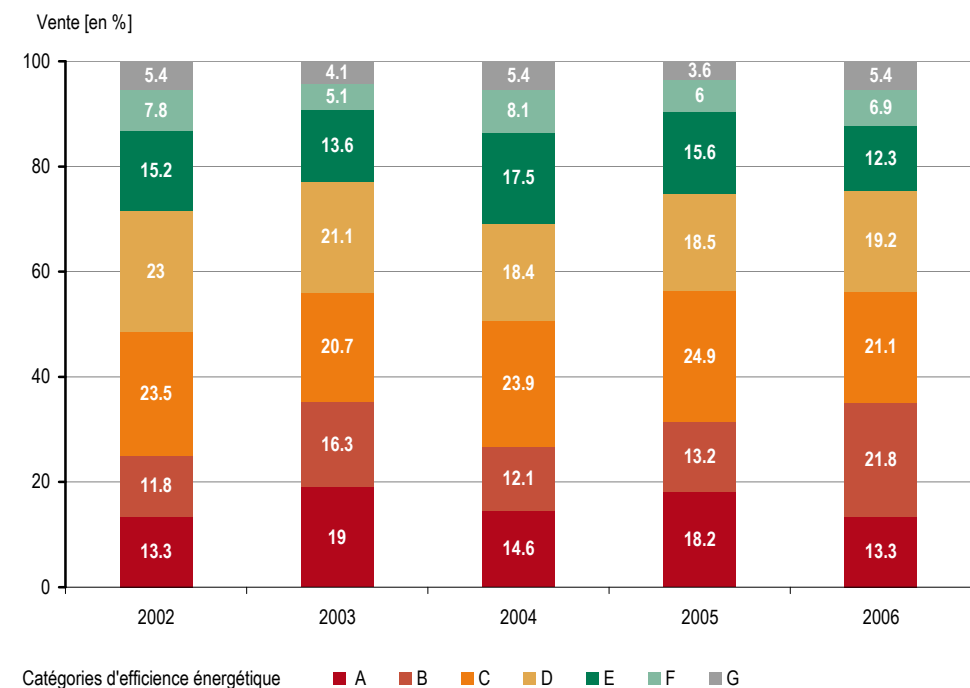
En 2006, les émissions de CO₂ des nouvelles voitures atteignaient en moyenne 187 grammes par kilomètre ; la moyenne était de 190 pour les véhicules à essence et inférieure de 4,7% pour les voitures diesel (181 g/km). La convention prévoyait pour 2006 un objectif de 6,9 litres pour 100 kilomètres (169 g de CO₂/km) pour la consommation totale de carburant des nouvelles voitures. La valeur atteinte – 7,62 litres pour 100 kilomètres ou 187 grammes de CO₂ par kilomètre – lui est supérieure de plus de 10% et l'objectif fixé pour 2008 (réduction à 6,4 l/100 km et 157 g de CO₂/km) ne peut plus être atteint.

La hausse des ventes de véhicules de la catégorie la plus lourde ont fortement contribué à l'évolution constatée. En 2006, 13,3% des voitures vendues appartenaient à la catégorie d'efficacité énergétique la plus élevée (catégorie A) et 21,8% à la catégorie suivante (catégorie B). Pour ces deux catégories, la consommation de carburant est inférieure à 6,23 litres pour 100 kilomètres. Il est frappant de constater que la proportion de voitures neuves de la catégorie A a nettement reculé entre 2005 et 2006 (cf. Fig. 51).

L'objectif de consommation fixé pour 2008 pour les voitures neuves ne peut plus être atteint en raison de la progression des ventes des grands véhicules lourds (« SUV »).

Fig. 51 > Ventes de voitures neuves par catégorie d'efficacité énergétique.

Proportion (en pour-cent) des diverses catégories d'efficacité énergétique pour les nouvelles voitures vendues en 2006.
A = efficacité énergétique la plus élevée, G = efficacité énergétique la plus faible. On perçoit une légère tendance favorable aux véhicules plus efficaces. Les nouvelles valeurs limites des diverses catégories ont été utilisées pour les années 2004, 2005 et 2006. Les valeurs de 2002 et de 2003 ont été calculées avec les anciennes limites de catégories.



auto-suisse (2007)

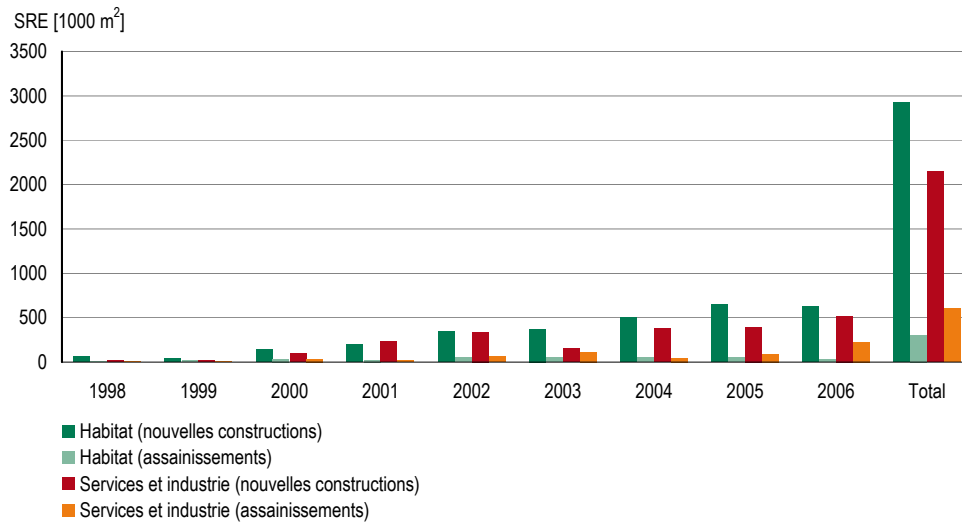
5.1.4 Surface de référence énergétique des bâtiments certifiés

Une grande partie de la consommation de combustibles est liée au secteur du bâtiment. Dans ce domaine, la norme MINERGIE contribue sensiblement à réduire la consommation d'énergie. Le label MINERGIE® certifie qu'un bâtiment consomme peu d'énergie tout en offrant une qualité d'habitat accrue. Il a été introduit en 1998. Par ailleurs, la norme MINERGIE-P® a été lancée en 2002 pour les maisons passives. Elle exige une conception individuelle du bâtiment mettant l'accent sur une consommation d'énergie réduite (Association MINERGIE 2006). MINERGIE bénéficie du soutien financier du programme « SuisseÉnergie ». Avec leurs contributions directes, les cantons participent également de manière importante à l'introduction et à la diffusion de ce label. La norme MINERGIE est soutenue directement ou indirectement par dix-huit cantons.

Le label MINERGIE® distingue des bâtiments consommant nettement moins d'énergie que la moyenne et offrant une qualité d'habitat accrue.

Fig. 52 > Surface de référence énergétique des bâtiments MINERGIE et MINERGIE-P.

La surface de référence énergétique (SRE) des bâtiments certifiés MINERGIE ou MINERGIE-P n'a cessé de croître entre 1999 et 2006. Si on les compare aux nouvelles constructions, les surfaces assainies selon la norme MINERGIE restent modestes.



MINERGIE (2006)

La Fig. 52 illustre la croissance soutenue de la surface de référence énergétique (SRE)¹⁴ des bâtiments MINERGIE et MINERGIE-P. Les nouveaux bâtiments (surtout dans le domaine de l'habitat) présentent une SRE supérieure à celle des assainissements. En 2006, la SRE totale des bâtiments MINERGIE et MINERGIE-P se montait à 5,9 millions de mètres carrés (OFEN 2007a), soit 0,9 % de la SRE suisse (en incluant les bâtiments existants). La SRE suisse atteignait en effet 672,2 millions de mètres carrés en 2006 (valeur estimée sur la base d'OFEN 2004a). L'objectif est d'ancrer la norme MINERGIE dans la législation.

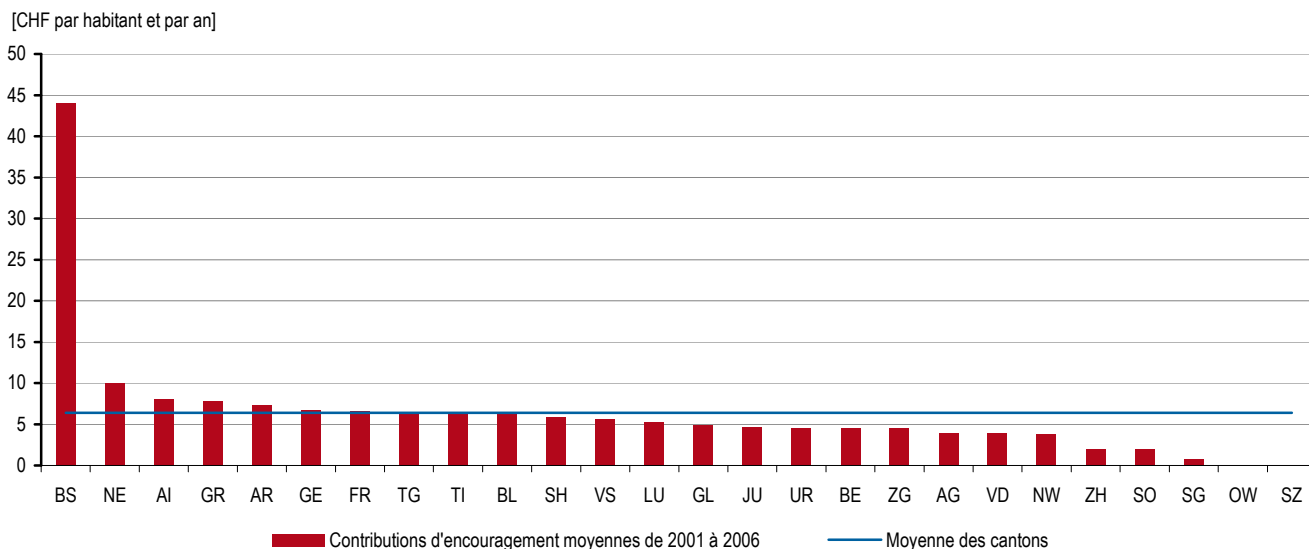
¹⁴ La surface de référence énergétique (SRE) correspond à la somme des surfaces de plancher des locaux (en dessus ou en dessous du niveau du sol) qui doivent être chauffés ou climatisés pour être utilisés. Elle n'inclut donc pas les buanderies, les locaux du chauffage et des machines, les garages, les entrepôts de combustibles, les locaux à vélos, etc.

5.1.5 Effets des programmes d'encouragement cantonaux sur les émissions de CO₂

La Confédération peut verser aux cantons des contributions annuelles globales destinées à encourager l'utilisation rationnelle de l'énergie, ainsi que le recours aux énergies renouvelables et à la récupération de chaleur (OFEN 2006b). L'importance des montants octroyés dépend de l'effort financier fourni par le canton ainsi que de l'efficacité du programme cantonal d'encouragement. Les contributions des cantons (cf. Fig. 53) soutiennent directement des mesures influençant la consommation, par exemple des bâtiments MINERGIE, des chauffages au bois, des installations photovoltaïques ou des équipements de récupération de chaleur. Elles permettent aussi de financer notamment des études de faisabilité, des manifestations, des activités d'information, des cours de formation.

Fig. 53 > Programmes d'encouragement cantonaux.

Moyenne des contributions d'encouragement par habitant et par an versées durant la période de 2001 à 2006. Pour l'ensemble des cantons, la valeur moyenne par habitant se monte à 6,4 francs.



OFEN 2002, 2003, 2004b, 2005, 2006b, 2007b

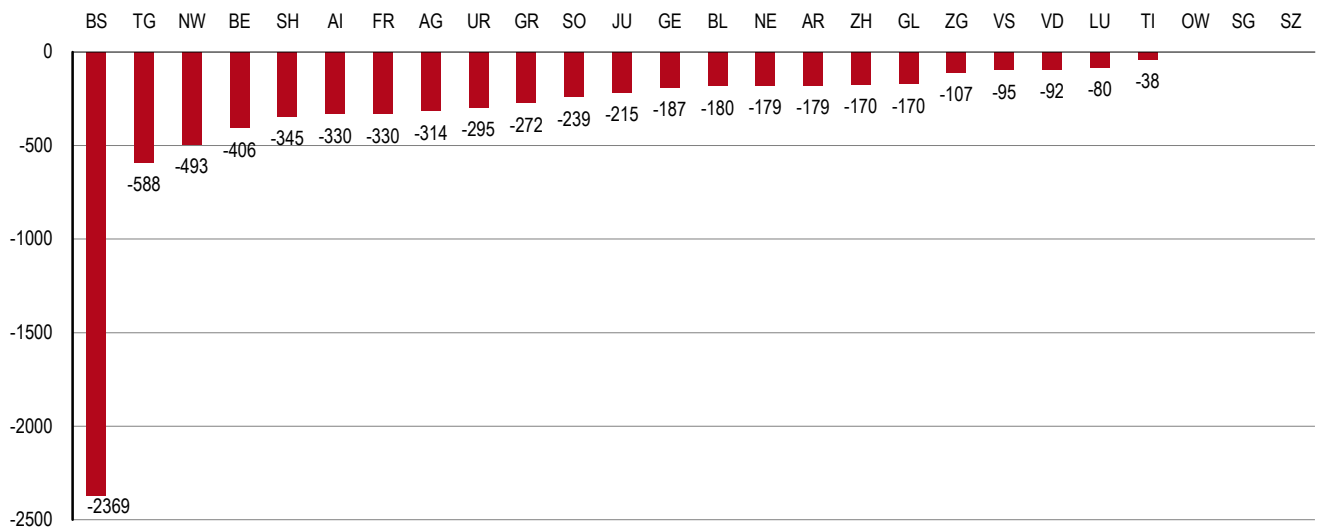
Avec 44,10 francs par habitant, le canton de Bâle-Ville présente de loin le programme d'encouragement le mieux doté. Les contributions des cantons de Neuchâtel, des Grisons et des deux Appenzell sont également supérieures à la moyenne pour la période de 2001–2006. Pendant ces années, les cantons d'Obwald et de Schwyz ne disposaient d'aucun programme d'encouragement au sens de l'article 15 de la loi sur l'énergie.

Comme le montre la Fig. 54, c'est également Bâle-Ville qui a obtenu les économies de CO₂ les plus élevées pour la durée de vie des installations, avec 2,37 millions de tonnes par million d'habitants. La figure présente l'effet global, en 2006, des installations ayant bénéficié des contributions d'un canton.

Fig. 54 > Économies de CO₂ engendrées par des contributions d'encouragement.

Situation en 2006 des économies de CO₂ réalisées grâce aux installations ayant bénéficié de contributions cantonales, calculées par million d'habitants et pour la durée de vie des installations. L'économie liée à une installation correspond aux émissions de CO₂ évitées chaque année grâce aux économies d'énergie ou à son rendement énergétique, multipliées par le nombre d'années pendant lesquelles l'installation restera en service.

[1000 t de CO₂ pour la durée de vie des installations et par million d'habitants]



OFEN 2007b (résultats provisoires pour 2006)

5.2 Stratégies de gestion des effets des changements climatiques

5.2.1 Aperçu

Il n'y a encore que peu de domaines dans lesquels les collectivités publiques ou les particuliers agissent parce que les changements climatiques les y contraignent. De plus, lorsqu'une mesure est prise, il n'est pas toujours facile de savoir quel est le rôle joué par le climat. Ce chapitre fournit des exemples de mesures et d'investissements susceptibles d'atténuer les conséquences des changements climatiques, du moins à court et moyen terme :

- > Ces dernières années, les crues, les glissements de terrain, les laves torrentielles et les chutes de pierres ont fait les gros titres des médias. Leur fréquence devrait augmenter en raison des changements climatiques. Les cartes des dangers constituent une base importante pour la prévention des dangers naturels et servent également à anticiper les nouveaux risques liés au climat.
- > L'évolution des conditions de précipitations affecte le tourisme hivernal. Les installations d'enneigement constituent une réponse aux incertitudes grandissantes dans ce domaine. Simultanément, la fonte des sols de pergélisol réduit la stabilité des stations et des pylônes des remontées mécaniques, ce qui peut exiger des mesures d'assainissement coûteuses.
- > Dans le domaine agricole, on constate une tendance à l'irrigation de surfaces de plus en plus importantes. Les demandes de subventions pour des systèmes d'irrigation sont de plus en plus fréquentes même sur le Plateau.

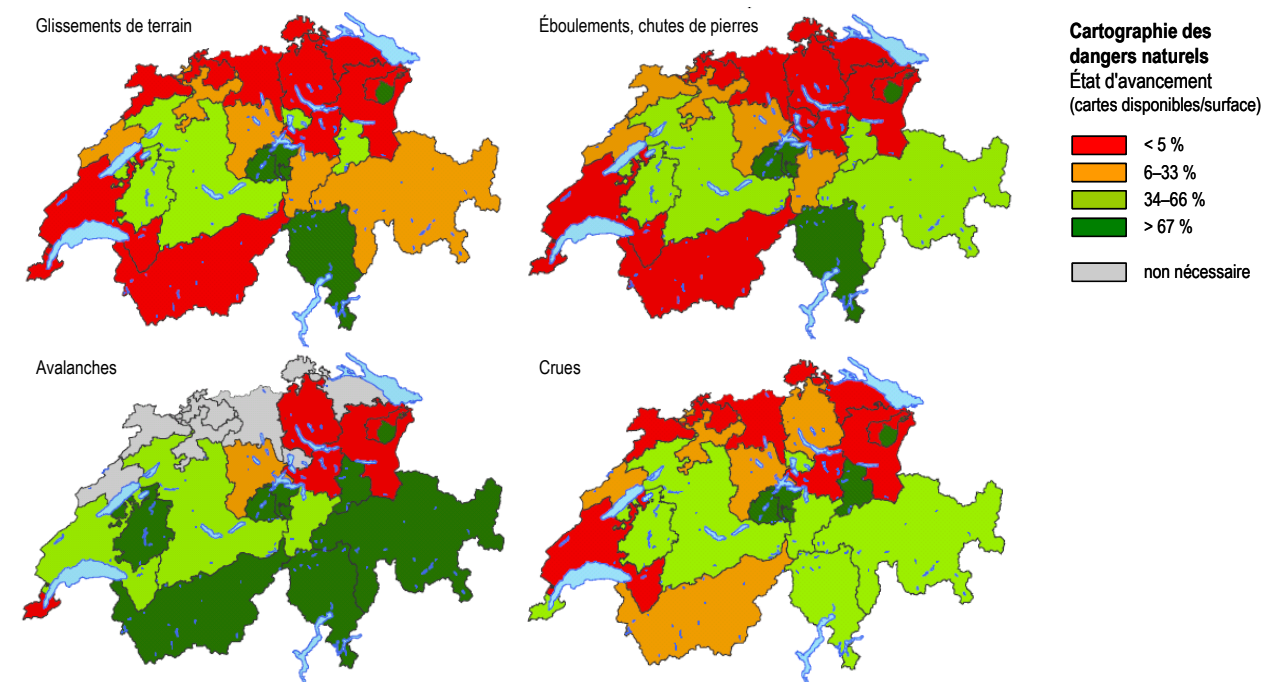
Certaines solutions choisies pour répondre aux changements climatiques sont non seulement très coûteuses, mais accroissent encore la pression exercée sur les ressources naturelles. L'eau pourrait ainsi devenir un bien rare en Suisse, si la consommation progresse alors que les précipitations diminuent. En outre, si les mesures d'adaptation augmentent la consommation d'énergie et les émissions de gaz à effet de serre – comme c'est le cas avec les installations d'enneigement et de climatisation – s'attaquer aux symptômes renforcera encore les causes du problème. C'est la raison pour laquelle la gestion des effets des changements climatiques doit être analysée de manière critique afin de déceler les mesures d'adaptation dont le résultat ne va pas dans le sens souhaité.

5.2.2 Cartographie et prévention des dangers

Les cartes des dangers permettent d'identifier les risques. Elles contiennent des informations détaillées sur les causes, le déroulement, l'extension géographique, l'intensité et la probabilité d'occurrence des événements naturels. Le danger qui menace un secteur peut ainsi être classé dans une des quatre catégories suivantes : « considérable », « moyen », « faible », « très faible ». Les cartes servent notamment de base à l'établissement des plans d'affectation, à la réalisation des mesures de protection et à l'élaboration des plans d'urgence.

Fig. 55 > État d'avancement de la cartographie des dangers pour les glissements de terrain, les éboulements, les avalanches et les crues.

Au début 2006, des cartes des dangers de glissement de terrain étaient disponibles pour 23 % de la surface de la Suisse. La cartographie des dangers couvrait 30 % de la surface du pays pour les crues ainsi que pour les éboulements et chutes de pierres, et 66 % pour les avalanches.



OFEV (2006a)

S'agissant des avalanches, la cartographie des dangers couvre déjà 66 % de la surface du pays, mais cette proportion n'est que de 23 à 30 % pour les crues, les glissements de terrain et les éboulements et chutes de pierres (Fig. 55). En effet, les avalanches ayant causé de nombreuses victimes dès 1951, des mesures ont dû être prises relativement tôt. Dans le cas des crues et des glissements de terrain, en revanche, la prise de conscience ne s'est faite qu'en 1987, lorsque les cantons des Grisons, d'Uri, du Tessin et du Valais ont souffert d'importantes inondations (OFEV 2006b). L'état d'avancement de la cartographie varie fortement d'un canton à l'autre. La Confédération soutient les cantons pour que les cartes des dangers soient complètes en 2011.

Les cartes des dangers ont prouvé leur qualité et leur utilité lors des intempéries d'août 2005, qui constituent actuellement l'événement naturel le plus grave de l'histoire suisse avec 3 milliards de francs de dommages. Malgré les grandes incertitudes qui pèsent sur les estimations relatives aux événements naturels rares, les zones menacées ont été correctement identifiées, comme le montrent des comparaisons entre les cartes des dangers et les conséquences des intempéries. Les projets de protection intégrée contre les crues planifiés et mis en œuvre sur la base des cartes des dangers ont eux aussi fait leur preuves : dans les cantons de Nidwald (Aa d'Engelberg) et d'Obwald (Sachseln), par exemple, des dommages considérables ont pu être évités (Schweizer Gemeinde 2006). La connaissance des risques a parfois permis de sauver des vies. À Weggis, le

danger de glissement de terrain était connu. Plusieurs bâtiments ont été évacués à titre préventif. Peu après, le versant s'est mis à glisser, emportant trois maisons ; toutefois, personne n'a perdu la vie ni été blessé.

Si l'on souhaite éviter à l'avenir une augmentation des dommages liés aux événements extrêmes, il faut avant tout prendre des mesures dans le domaine de l'aménagement du territoire. Dans ce contexte, la mise en œuvre des cartes des dangers dans les plans d'affectation communaux revêt une importance primordiale. Les zones menacées doivent être évitées chaque fois que cela s'avère possible. À défaut, des mesures de protection des objets doivent empêcher autant que possible les dommages en cas d'événement particulier. Dans les zones bâties existantes, les mesures d'aménagement du territoire ne permettent pas à elles seules de réduire suffisamment les risques. Dans de nombreux cas, des mesures techniques de protection seront indispensables. Il n'y aura toutefois jamais de protection absolue contre les dangers naturels. Il existera toujours des événements qui dépasseront les valeurs prévues lors du dimensionnement des ouvrages de protection (surcharge). Des plans d'urgence appropriés permettent toutefois de réduire encore les risques résiduels et de renforcer la protection de la population.

La mise en œuvre des cartes des dangers dans les plans d'affectation communaux est primordiale pour la protection contre les dangers naturels.

5.2.3 Mesures d'adaptation dans le domaine du tourisme

5.2.3.1 Utilisation d'installations d'enneigement dans les domaines skiables

Le nombre d'installations d'enneigement constitue un indice de l'adaptation du secteur touristique à la dégradation des conditions d'enneigement dans l'Arc alpin. Les données ci-dessous se fondent sur des estimations de la Commission internationale pour la protection des Alpes (CIPRA 2004), ainsi que sur des indications de l'association Remontées mécaniques suisses (Remontées mécaniques suisses 2006).

La production d'une couche de neige de 20 centimètres d'épaisseur sur une surface d'un hectare (100 m x 100 m) nécessite environ 800 tonnes d'eau et une très grande quantité d'énergie (environ 2,8 kWh par m²). Afin d'éviter de manquer d'eau, de nombreux domaines skiables construisent leur propre retenue (Müller et Weber 2007). Ces constructions, tout comme le nivellement des surfaces enneigées artificiellement, peuvent porter des atteintes non négligeables au paysage et à la végétation locale.

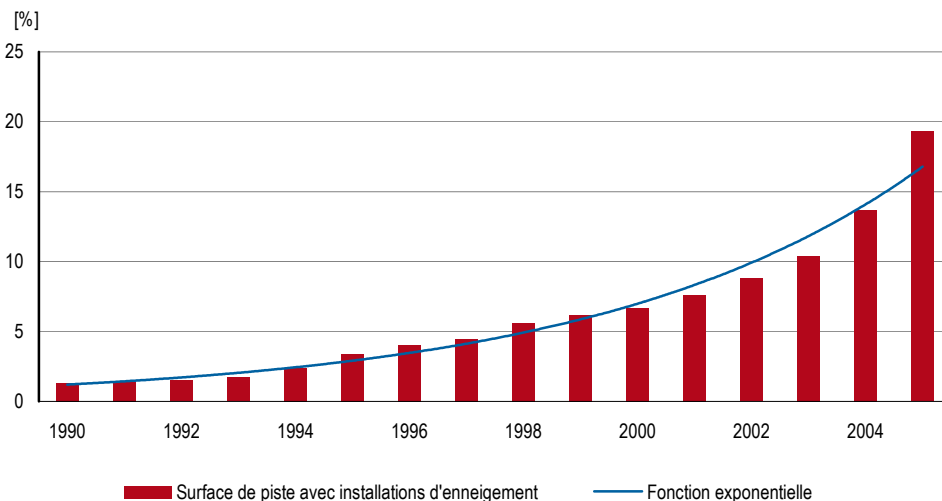
Selon la CIPRA, plus de 500 millions de francs ont été investis en Suisse dans des installations d'enneigement jusqu'en 2004. L'association Remontées mécaniques suisses chiffre à 800 millions de francs les investissements nécessaires pour mettre en place des installations supplémentaires. L'enneigement d'un kilomètre de piste coûte environ un million de francs par saison de ski.

En 2005, quelque 4200 hectares de pistes ont été enneigés artificiellement en Suisse, soit 19 % des pistes préparées pour les sports d'hiver. Par rapport à 2002, la surface concernée a ainsi plus que doublé (Fig. 56). On s'attend à nouveau à une forte augmentation ces prochaines années.

Depuis 1990, les surfaces enneigées artificiellement en Suisse connaissent une croissance exponentielle.

Fig. 56 > Évolution des surfaces de pistes pouvant être enneigées artificiellement, en pour-cent de la surface totale de pistes (1990–2005).

Depuis 1990, la surface des pistes équipées d'installations d'enneigement en Suisse, exprimée en pour-cent de la surface totale de pistes, augmente de manière exponentielle.



CIPRA (2004), Remontées mécaniques suisses (2006)

Par rapport à l'Autriche ou à l'Italie, la proportion de pistes enneigées artificiellement en Suisse est nettement inférieure. Pour atteindre un niveau comparable à celui de l'Autriche, les entreprises suisses de remontées mécaniques devraient investir environ 1,8 milliard de francs dans des installations d'enneigement (Mathis et al. 2003).

L'utilisation d'installations d'enneigement peut être judicieuse pour garantir l'exploitation d'un domaine skiable durant les hivers doux. Pour de nombreux touristes, un enneigement garanti constitue un critère important lors du choix d'une station de sports d'hiver (Swissinfo 2007). L'enneigement artificiel constitue surtout une solution à partir d'une certaine altitude, puisque la production de la neige exige des températures inférieures au point de fusion. Comme ces techniques demandent des moyens financiers importants et qu'elles sollicitent fortement les ressources naturelles, il convient de se poser la question de leurs limites. Si le seuil au-dessus duquel l'enneigement est garanti continue de s'élever, les loisirs attractifs autres que les sports d'hiver devraient gagner en importance, notamment dans les stations de basse altitude, ne serait-ce que pour des raisons purement commerciales.

5.2.3.2 Sécurité des installations de remontées mécaniques

En Suisse, 288 des 1894 remontées mécaniques et chemins de fer de montagne sont ancrés dans le pergélisol. Les processus de dégel observés ont déjà induit des investissements ces dernières années : certaines installations ont dû être réancrées dans le sol ou assainies. À Corvatsch (Haute-Engadine), par exemple, 12 millions de francs ont été investis pour sécuriser l'installation. D'autres domaines skiables sont aussi concernés

par les processus de dégel, notamment le Schilthorn (Mürren), le Gemsstock (Andermatt), la Diavolezza et le Piz Nair (Engadine) ainsi que la Bettmeralp et Grächen (Valais).

En raison de la fonte du pergélisol, l'Office fédéral des transports (OFT) considère que d'autres remontées mécaniques et chemins de fer de montagne pourraient poser problème. En collaboration avec l'OFEV, il examine actuellement les 650 installations disposant de concessions fédérales et évalue les risques auxquels elles sont exposées. Les expertises devraient être disponibles d'ici à la fin 2007.¹⁵ Il existe déjà une vue d'ensemble des zones de pergélisol potentielles sous la forme d'une carte indicative (OFEV 2006c). Celle-ci est mise à la disposition des cantons afin qu'ils vérifient leurs cartes des dangers et, si nécessaires, procèdent à leur adaptation (cf. chapitre 5.2.2).

5.2.4 Irrigation agricole

À l'avenir, l'accroissement des épisodes de chaleur et de sécheresse lié aux changements climatiques devrait restreindre plus souvent les quantités d'eau disponibles localement en été, du moins durant certaines périodes (OcCC/ProClim- 2007). Pendant les mois d'été, il faut donc s'attendre à davantage de conflits liés à cette ressource qui se fait rare. Les agriculteurs souhaitent arroser leurs champs, mais d'autres acteurs également – navigation, protection des eaux, entreprises électriques et pays situés en aval de la Suisse – sont intéressés à ce que les fleuves conservent un niveau d'eau suffisant.

En Suisse, les agriculteurs arrosent actuellement une surface d'environ 40'000 hectares. Selon des estimations de l'Office fédéral de l'agriculture (OFAG), on devrait irriguer à l'avenir une surface environ quatre fois plus étendue. Après avoir subventionné exclusivement, pendant vingt ans, les projets d'irrigation des vallées sèches intra-alpines du Valais et du sud des Grisons, la Confédération cofinance depuis 2005 des installations d'arrosage situées dans le reste de la Suisse. Investir dans un système d'irrigation coûte entre 10'000 et 20'000 francs par hectare. Rien que pendant les étés 2005 et 2006, la Confédération a soutenu dix projets d'arrosage en plaine, pour un coût total de 3,6 millions de francs. De nombreux autres projets d'irrigation ont été réalisés sans aide fédérale. Pour tenir compte de l'intérêt croissant que suscitent ces techniques, l'OFAG a procédé en 2006 à une enquête auprès des services cantonaux afin de connaître les surfaces et les cultures irriguées, la consommation d'eau et la provenance de l'eau ainsi que les procédures d'autorisation et les coûts des systèmes d'irrigation (Schild 2007).

L'irrigation renforce la compétitivité de la production indigène de fruits et légumes face à la concurrence étrangère. Si on les compare aux précipitations moyennes sur le Plateau (600 millimètres), les besoins en eau de nombreuses cultures habituelles en Suisse sont relativement élevés (400 à 700 millimètres), et des pertes de production pourraient déjà survenir si les précipitations descendaient en dessous de 300 à 500 millimètres pendant une période relativement longue (Allen et al. 1998).

Les besoins d'irrigation, notamment pour la production de fruits et légumes, devraient quadrupler.

¹⁵ Renseignements fournis par l'OFT (juin 2007).

À l'avenir, les contributions attribuées par la Confédération pour des projets d'irrigation ne doivent plus être allouées sur la seule base des précipitations annuelles, mais tenir compte également des périodes de sécheresse. Ainsi, les cantons qui n'ont pas eu droit à l'aide en raison de la pratique actuelle pourront aussi profiter de subventions. De grandes incertitudes demeurent cependant au moment de juger s'il est judicieux et possible – au vu de la disponibilité en eau pendant les années sèches – d'étendre les mesures d'irrigation afin de pallier les manques durant les périodes difficiles. Afin d'éviter de soumettre les ressources hydriques à une pression croissante, il faudrait donc porter davantage d'attention à l'efficacité des techniques d'irrigation utilisées et au choix de cultures appropriées (OcCC/ProClim- 2007).

5.2.5 Adaptation de la gestion sylvicole

La Suisse est actuellement boisée sur près d'un tiers de sa surface. En raison de son importance économique, l'épicéa est largement répandu dans notre pays, en particulier dans les zones de basse altitude. Or l'épicéa et le sapin, qui constituent environ 40 % des arbres sur le Plateau suisse, sont très sensibles à la hausse des températures (épicéa) et à la sécheresse (sapin et épicéa). Certaines espèces de chênes et d'érables, par exemple, supportent des conditions plus chaudes et plus sèches.

Une forêt mixte proche de son état naturel, avec une proportion élevée de feuillus indigènes, est donc mieux adaptée à des températures et une sécheresse plus élevées que ne le sont les forêts de résineux purs ou en mélange. Une évaluation des deux inventaires forestiers nationaux (IFN) 1 et 2 (1983/85 et 1993/95) montre que la proportion de forêts mixtes de feuillus croît lentement et que la proportion de forêts composées uniquement de résineux diminue (Tab. 4). Cette évolution s'est faite en raison de la prise en compte de critères écologiques (retour à des mélanges d'essences plus ou moins naturels sur le Plateau). La tendance au recul des forêts de résineux sur le Plateau devrait s'être maintenue depuis lors.¹⁶

Une forêt mixte composée de feuillus indigènes est plus adaptée au réchauffement climatique qu'une forêt de résineux.

Tab. 4 > Surfaces forestières selon le degré de mélange.

Degré de mélange des surfaces forestières (en pour-cent) lors des deux inventaires forestiers nationaux (IFN) 1 et 2 (1983/85 et 1993/95).

	Inventaire forestier national 1 (1983/85)	Inventaire forestier national 2 (1993/95)
Degré de mélange (proportion de résineux)	%	%
Forêt résineuse pure (91–100 %)	50,4	46,1
Forêt résineuse mélangée (51–90 %)	18,6	21,4
Forêt feuillue mélangée (11–50 %)	10,6	13,5
Forêt feuillue pure (0–10 %)	20,3	19,0
Total	100	100

Inventaire forestier national, WSL. Les résultats du 3^e Inventaire forestier national (2004/06) ne sont pas encore disponibles.

¹⁶ Les deux premiers Inventaires forestiers nationaux présentent l'état en 1983/85 et 1993/95. Les relevés du troisième inventaire ont été effectués de 2004 à 2006; les premiers résultats sont attendus pour la fin 2007.

À l'avenir, l'exploitation des forêts devra davantage prendre en compte l'évolution des paramètres climatiques. Certains exemples régionaux montrent que de premiers processus d'adaptation sont en cours :

- > Ces dernières années, l'influence du climat s'est révélée dans les importants dommages dus aux tempêtes et aux bostryches. L'examen des dégâts dus à l'ouragan Lothar permet de conclure qu'il faut favoriser les essences adaptées au site, dans un mélange comprenant une forte proportion de feuillus (Indermühle et al. 2005). Cette démarche devrait s'appliquer de manière générale, dans la perspective d'une adaptation au réchauffement.
- > Les services forestiers cantonaux et les entreprises forestières réfléchissent aux moyens d'adapter les forêts aux changements climatiques. Dans l'exploitation forestière de la ville de Baden, par exemple, on souhaite favoriser les chênes et réduire la proportion d'arbres menacés, notamment d'épicéas. On pourra ainsi donner naissance à des forêts dans lesquelles des essences adaptées au site ne souffrent guère de la concurrence d'espèces exotiques mieux adaptées aux changements climatiques (Ville de Baden 2005). En d'autres endroits, on fait exactement l'inverse : on envisage de planter davantage de douglas, un conifère nord-américain présent dans nos forêts depuis plus d'un siècle.
- > En Valais, les étés chauds et secs affaiblissent les pins et augmentent leur mortalité, particulièrement à des altitudes inférieures à 1200 mètres. La dynamique de dépérissement des forêts de pins ne peut être influencée que de manière très limitée en évacuant les arbres infestés, en capturant les insectes et en procédant à des coupes d'éclaircie. Ce sont dès lors des chênes pubescents – une espèce déjà présente sur place et mieux adaptée au climat sec – qui germent et croissent à la place des pins. Comme cette essence n'est plus représentée partout, il incombe au service forestier d'en répandre des graines afin que la forêt persiste et continue d'assumer sa fonction protectrice (WSL 2006).
- > Le Valais n'est pas la seule région où l'évolution des forêts est incertaine : en Engadine, les peuplements typiques d'arolles et de mélèzes pourraient être menacés. On craint en particulier l'apparition plus fréquente d'incendies de forêt.

6 > Perspectives

Le présent rapport illustre les liens et les corrélations existant entre le climat (et ses modifications), l'état de l'environnement et la société au cours du temps, à l'aide d'exemples pour lesquels les données étaient déjà disponibles et relativement faciles à obtenir. La rédaction de ce document a montré qu'il existe déjà de nombreux indices des conséquences des changements climatiques en Suisse. Toutefois, les bases permettant de présenter les différents éléments de la chaîne de causalité – l'homme qui modifie le climat, les conséquences diverses, les activités destinées à limiter et maîtriser les changements – sont encore très hétérogènes.

On relève des données détaillées sur l'évolution des émissions de gaz à effet de serre et un réseau de mesure dense est en place pour collecter des données météorologiques, climatologiques et hydrologiques. En revanche, il n'existe pas encore vraiment de relevé systématique sur les conséquences des changements climatiques pour la société et l'économie. Il faut peut-être en chercher la raison dans certains problèmes méthodologiques, ainsi que dans l'écart temporel qui sépare les causes des conséquences du réchauffement. Mais cette situation est probablement aussi due en partie au fait que l'on n'accorde pas encore assez d'importance à la détection précoce des tendances dans le domaine de la politique climatique. Il est pourtant indispensable de disposer de bases de décision appropriées pour juger des mesures à prendre. Il est donc important de mettre en place ou de développer la saisie systématique des données pertinentes là où des lacunes considérables subsistent.

La documentation de la gestion des effets des changements climatiques n'en est qu'à ses débuts. Des systèmes de surveillance performants sont indispensables pour évaluer les mesures et contrôler leurs résultats, ainsi que pour prévenir les évolutions indésirables. Pour réaliser ces tâches, la collaboration entre les différents services concernés de la Confédération et des cantons devrait être intensifiée.

Afin d'utiliser les ressources de manière efficace et d'obtenir des données permettant des comparaisons, les relevés doivent être coordonnés avec les instruments existants de l'observation de l'environnement au niveau national et international. Les résultats doivent être accessibles au plus grand nombre possible d'utilisateurs potentiels dans le monde politique, dans les milieux économiques et dans la société. Dans cette optique, il est notamment prévu de rééditer périodiquement la présente publication sous une forme plus étendue et mise à jour.

> Index

Abréviations

CCNUCC

Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques

CH₄

Méthane

CO₂

Dioxyde de carbone ou gaz carbonique

DETEC

Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication

éq. CO₂

Équivalent CO₂

GES

Gaz à effet de serre

GIEC

Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat

GWP

Potentiel de réchauffement global (« global warming potential »)

IFN

Inventaire forestier national

MEVE

Méningo-encéphalite verno-estivale ou encéphalite à tiques ; l'abréviation FSME (pour Frühsommer-Meningoenzephalitis) est parfois aussi utilisée.

N₂O

Protoxyde d'azote ou oxyde nitreux

OFAG

Office fédéral de l'agriculture

OFEN

Office fédéral de l'énergie

OFEV

Office fédéral de l'environnement

OFS

Office fédéral de la statistique

OFSP

Office fédéral de la santé publique

OFT

Office fédéral des transports

PIB

Produit intérieur brut

ppm

Partie par million

RPLP

Redevance sur le trafic des poids lourds liée aux prestations

SRE

Surface de référence énergétique

UE

Union européenne

UIOM

Usine d'incinération des ordures ménagères

Figures

Fig. 1

Évolution effective de la température en Europe comparée à des modèles climatiques.

11

Fig. 2

Concentration de CO₂ et température dans l'Antarctique.

12

Fig. 3

Chaîne des effets et ampleur de l'incertitude.

15

Fig. 4

Émissions de CO₂ pour la période de 1950 à 2002.

17

Fig. 5

Émissions de CO₂ dans différents pays pour la période de 1990 à 2002.

18

Fig. 6

Émissions de gaz à effet de serre par secteur pour la période de 1990 à 2005.

20

Fig. 7	Émissions de gaz à effet de serre des ménages et degrés-jours de chauffage pour la période de 1990 à 2005.	21	Fig. 23	Jours de canicule pour la période de 1961 à 2006.	34
Fig. 8	Variations annuelles des émissions de gaz à effet de serre et du PIB de l'industrie pour la période de 1990 à 2004.	22	Fig. 24	Jours de gel pour la période de 1961 à 2006.	34
Fig. 9	Émissions de gaz à effet de serre des transports pour la période de 1990 à 2005.	23	Fig. 25	Nuits tropicales pour la période de 1961 à 2006.	34
Fig. 10	Émissions de gaz à effet de serre du trafic routier et prestation de transport pour la période de 1990 à 2004.	24	Fig. 26	Jours de dégel depuis 1961 au Säntis et au Jungfrauoch.	35
Fig. 11	Émissions de gaz à effet de serre par gaz en 1950, en 1990 et en 2005.	25	Fig. 27	Précipitations intenses en hiver.	36
Fig. 12	Émissions de gaz à effet de serre et population.	26	Fig. 28	Précipitations intenses au printemps.	36
Fig. 13	Émissions de gaz à effet de serre et produit intérieur brut.	26	Fig. 29	Précipitations intenses en été.	36
Fig. 14	Émissions de gaz à effet de serre et consommation d'énergie finale.	26	Fig. 30	Précipitations intenses en automne.	36
Fig. 15	Émissions de CO ₂ par ménage en comparaison internationale.	27	Fig. 31	Épaisseur de la couche de neige pour la période de 1961 à 2006.	37
Fig. 16	Émissions de CO ₂ par tête : comparaison entre différents pays (situation en 1995).	29	Fig. 32	Jours d'enneigement pour la période de 1961 à 2006.	37
Fig. 17	Températures moyennes en Suisse pour la période de 1900 à 2006.	30	Fig. 33	Bilan de masse moyen de neuf glaciers alpins pour la période de 1967 à 2005.	39
Fig. 18	Années les plus chaudes depuis 1900.	31	Fig. 34	Variation cumulée de la longueur de trois glaciers entre 1879 et 2005.	39
Fig. 19	Températures estivales pour la période de 1961 à 2006.	32	Fig. 35	Couche active entre 1987 et 2006.	40
Fig. 20	Températures hivernales pour la période de 1961 à 2006.	32	Fig. 36	Température du pergélisol entre 1987 et 2007.	40
Fig. 21	Maxima journaliers entre 1961 et 2006.	33	Fig. 37	Bilan hydrologique de la Suisse pour la période de 1901 à 2005.	41
Fig. 22	Minima journaliers entre 1961 et 2006.	33	Fig. 38	Température de deux cours d'eau.	42
			Fig. 39	Nombre d'heures par classe de température pour la période de 1976 à 2005.	43

Fig. 40	Captures de truites de rivière et température de l'eau.	44
Fig. 41	Couverture de glace de onze lacs suisses au cours de la période de 1901 à 2005.	45
Fig. 42	Début de la floraison des cerisiers à Liestal au cours de la période de 1950 à 2007.	46
Fig. 43	Températures hivernales et présence du palmier chanvre en Suisse méridionale.	48
Fig. 44	Jours de chauffage au cours de la période de 1961 à 2006 pour une sélection de stations de mesure.	50
Fig. 45	Jours de climatisation au cours de la période de 1961 à 2006 pour une sélection de stations de mesure.	50
Fig. 46	Somme des hauteurs de neige fraîche en hiver pour la période de 1955 à 2006.	51
Fig. 47	Épaisseur de la couche de neige à Noël pour les stations de sports d'hiver de Mürren et de Gsteig.	51
Fig. 48	Régions d'endémie connues de l'encéphalite à tiques (MEVE) en Suisse.	52
Fig. 49	Domages provoqués par les crues et les glissements de terrain au cours de la période de 1972 à 2006.	54
Fig. 50	Écart par rapport aux objectifs : Protocole de Kyoto et loi sur le CO ₂ .	58
Fig. 51	Ventes de voitures neuves par catégorie d'efficacité énergétique.	60
Fig. 52	Surface de référence énergétique des bâtiments MINERGIE et MINERGIE-P.	61
Fig. 53	Programmes d'encouragement cantonaux.	62

Fig. 54	Économies de CO ₂ engendrées par des contributions d'encouragement.	63
Fig. 55	État d'avancement de la cartographie des dangers pour les glissements de terrain, les éboulements, les avalanches et les crues.	65
Fig. 56	Évolution des surfaces de pistes pouvant être enneigées artificiellement, en pour-cent de la surface totale de pistes (1990–2005).	67

Tableaux

Tab. 1	Principaux indicateurs et informations concernant les causes, les effets et les mesures.	9
Tab. 2	Principales mesures contribuant à réduire les émissions.	55
Tab. 3	Écart par rapport aux objectifs : consommation des nouvelles voitures	59
Tab. 4	Surfaces forestières selon le degré de mélange.	69

Bibliographie

Allen R.G., Pereira L.S., Raes D., Smith M. 1998 : Crop evapotranspiration : guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56, Food and Agriculture Organisation of the United Nation (FAO), Rome.

auto-suisse/auto-schweiz 2003/2004/2005/2006/2007 : Berichterstattung im Rahmen der Energieverordnung über die Absenkung des spezifischen Treibstoffnormverbrauchs von Personenwagen. Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication (DETEC).

Bader S., Bantle H. 2004 : Das Schweizer Klima im Trend. Temperatur- und Niederschlagsentwicklung 1864–2001. Publications de MétéoSuisse, n° 68.

Begert M., Schlegel T., Kirchofer W. 2005 : Homogeneous temperature and precipitation series of Switzerland from 1864 to 2000. Int. J. Climatol. 25, 65–80.

Berger S., Walther G.-R. 2004 : Detektion und Verifikation von Klimainduzierten Vegetationsänderungen. Biodiversität und Klima – Vernetzung der Akteure in Deutschland : Ergebnisse und Dokumentation des Auftaktworkshops. BfN-Skripten 131 : 32–34.

Berger S., Walther G.-R. 2006a : Distribution of evergreen broad-leaved woody species in Insubria in relation to bedrock and precipitation. Bot. Helv. 116 : 65–77.

Berger S., Walther G.-R. 2006b : Von Einzelarten zu Pflanzengesellschaften – sind Änderungen durch den Klimawandel zu erwarten? Biodiversität und Klima – Vernetzung der Akteure in Deutschland II : Ergebnisse und Dokumentation des 2. Workshops. BfN-Skripten 180 : 38–44.

CIPRA 2004 : L'enneigement artificiel dans l'arc alpin. Rapport de synthèse. www.cipra.org/fr/alpmedia/dossiers/11/ [22.06.2007]

Confédération suisse 2005 : Quatrième communication nationale de la Suisse à la CCNUCC / Première communication nationale en application du Protocole de Kyoto.

Doorenbos J., Kassam A.H. 1979 : Yield response to water. FAO Irrigation and Drainage Paper 33, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome.

Ecoplan et al. 2007 : Conséquences des changements climatiques pour l'économie suisse – Influences nationales, Berne.

EPICA Community Members 2004 : Eight glacial cycles from an Antarctic ice core, Nature, 429, 623–628.

Facts online 2007 : Die grosse Gier nach Wasser. Schaffner D., H. Bundi. www.facts.ch/dyn/magazin/schweiz/747211.html [11.06.2007]

Franssen Hendricks H.J., Scherrer S.C. (sous presse) : Freezing of lakes on the Swiss Plateau in the period 1901–2006, International Journal of Climatology.

GIEC/IPCC 2007a : Climate Change 2007 : The Physical Science Basis. Contribution of Working Group 1 to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge and New York.

GIEC/IPCC 2007b : Climate Change 2007 : Climate Change Impacts, Adaptation and Vulnerability, Summary for Policymakers, Contribution of Working Group II to the Intergovernmental Panel on Climate Change Fourth Assessment Report.

Haeberli W., Cihlar J., Barry R.G. 2000 : Glacier monitoring within the Global Climate Observing System. Annals of Glaciology, 31 : p. 241–246.

Hari R.E., Livingstone D.M., Siber R., Burkhardt-Holm P., Güttinger H. 2006 : Consequences of climatic change for water temperature and brown trout populations in Alpine rivers and streams. Global Change Biology, 12 : 10–26.

Hoelzle M., Dischl M., Frauenfelder R. 2000 : Weltweite Gletscherbeobachtung als Indikator der globalen Klimaänderung. Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich, 145/1, 5–12.

Hope C. 2005 : Integrated assessment models, in Helm (ed.) : Climate change policy, Oxford, Oxford University Press, pp. 77–98.

Indermühle M., Raetz P., Volz R. 2005 : LOTHAR Ursächliche Zusammenhänge und Risikoentwicklung. Synthese des Teilprogramms 6. Document environnement n° 184. OFEFP/OFEV, Berne. 145 p.

INFRAS et al. 2007 : Conséquences des changements climatiques pour l'économie suisse – Influences internationales, Zurich.

Jakob A., Pfammatter F., Schädler M. 2007 : Variations de la température des cours d'eau 1976–2005. In : Atlas hydrologique de la Suisse ; tableau 7.7. Office fédéral de l'environnement. Berne.

Jungbluth N., Steiner R., Frischknecht R. 2007 : Graue Treibhausgas-Emissionen der Schweiz 1990–2004. Erweiterte und aktualisierte Bilanz. Connaissance de l'environnement n° 0711. Office fédéral de l'environnement, Berne.

Latenser M., Schneebeli M. 2003 : Long-term snow climate trends of the Swiss Alps (1931–1999). International Journal of Climatology 23 : 733–750.

Mathis P., Siegrist D., Kessler R. 2003 : Neue Skigebiete in der Schweiz.

MétéoSuisse 2005 : Observations phénologiques depuis 1808. www.meteoschweiz.admin.ch/web/fr/climat/development_climatologie/phaenologie.html [22.06.2007]

MétéoSuisse 2007 : Données météorologiques pour la Suisse. Envois de MétéoSuisse à l'OFEV, non publié.

MINERGIE 2006 : Statistique MINERGIE. www.minergie.ch. [25.06.2007].

Müller H., Weber F. 2007 : Klimaänderung und Tourismus : Szenarien für das Berner Oberland 2030. Berne.

NOAA 2007 : Earth System Research Laboratory. National Oceanic, Atmospheric Administration. www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/co2_mm_mlo.dat [20.06.2007]

OcCC/ProClim- 2007 : Les changements climatiques et la Suisse en 2050. Conséquences pour l'environnement, la société et l'économie. Berne.

OCDE 2004 : The benefits of climate change policies, OCDE, Paris.

OFEFP 1995 : Émissions polluantes dues à l'activité humaine en Suisse de 1900 à 2010. Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage. Berne.

OFEN 2002 : Contributions globales aux cantons selon l'art. 15 Lene : Analyse de l'efficacité des programmes cantonaux d'encouragement. Résultats de l'enquête 2001.

OFEN 2003 : Contributions globales aux cantons selon l'art. 15 Lene : Analyse de l'efficacité des programmes cantonaux d'encouragement. Résultats de l'enquête 2002.

OFEN 2004a : Zukünftige Entwicklung der Energiebezugsflächen, Perspektiven bis 2035. Office fédéral de l'énergie. Berne.

OFEN 2004b : Contributions globales aux cantons selon l'art. 15 Lene : Analyse de l'efficacité des programmes cantonaux d'encouragement. Résultats de l'enquête 2003.

OFEN 2005 : Contributions globales aux cantons selon l'art. 15 Lene : Analyse de l'efficacité des programmes cantonaux d'encouragement. Résultats de l'enquête 2004.

OFEN 2006a : Statistique globale suisse de l'énergie 2005. Office fédéral de l'énergie. Berne.

OFEN 2006b : Contributions globales aux cantons selon l'art. 15 Lene : Analyse de l'efficacité des programmes cantonaux d'encouragement. Résultats de l'enquête 2005.

OFEN 2007a : Wirkungsanalyse EnergieSchweiz 2006 : Wirkungen der freiwilligen Massnahmen und der Förderaktivitäten von EnergieSchweiz auf Energie, Emissionen und Beschäftigung.

OFEN 2007b : Contributions globales aux cantons selon l'art. 15 Lene : Analyse de l'efficacité des programmes cantonaux d'encouragement. Enquête 2006 (résultats provisoires au 14 juin 2007).

OFEN 2007c : Perspectives énergétiques pour 2035, tomes 1, 2 et 3.

OFEV (sous presse) : Atlas hydrologique de la Suisse, Office fédéral de l'environnement, Berne.

OFEV 2006a : Cartes des dangers : état d'avancement. ShowMe, état en janvier 2006. Fichier de la division Prévention des dangers (non publié). Office fédéral de l'environnement.

OFEV 2006b : Mieux vaut prévenir que guérir. Entretien avec R. Loat. Focus mai/juin 2006. Office fédéral de l'environnement. www.bafu.admin.ch/dokumentation/fokus/00117/index.html?lang=fr [22.06.2007]

OFEV 2006c : Aperçu de l'évolution du permafrost en Suisse. Communiqué de presse du 28 juillet 2006. Office fédéral de l'environnement.

www.bafu.admin.ch/dokumentation/medieninformation/00962/index.html?lang=fr&msg-id=6416 [03.07.2007]

OFEV 2007a : Répartition des principaux émetteurs selon la systématique de l'OFEV. Office fédéral de l'environnement.

OFEV 2007b : Inventaire des émissions de gaz à effet de serre. Vue d'ensemble 1990–2005.

www.bafu.admin.ch/klima/00503/00505/index.html?lang=fr [22.06.07]

OFEV 2007c : Données concernant les débits, analyses internes à l'OFEV, division Hydrologie, Berne.

OFEV 2007d : Dangers naturels – Prévenir vaut la peine. Magazine ENVIRONNEMENT 2/2007. Office fédéral de l'environnement, Berne.

OFEV/OFS 2007 : Environnement Suisse 2007, DIV-1024-F. Office fédéral de l'environnement / Office fédéral de la statistique. Berne/Neuchâtel.

OFEV/WSL 2007 : Ereignisanalysen Hochwasser 2005, Teil 1 – Prozesse, Schäden und erste Einordnung. Connaissance de l'environnement n° 0707. Office fédéral de l'environnement (OFEV), Institut fédéral de recherches WSL.

OFS 2005 : Émissions de gaz à effet de serre par branche économique – NAMEA pilote pour la Suisse en 2002. Office fédéral de la statistique. Neuchâtel.

OFS 2007a : Statistique suisse des transports. Données sur les transports de personnes et de marchandises. Office fédéral de la statistique. www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/11/05.html [15.05.2007].

OFS 2007b. Comptes nationaux. Office fédéral de la statistique. www.bfs.admin.ch/bfs/portal/fr/index/themen/volkswirtschaft/volkswirtschaftliche/blank/kennzahlen/bjp_gemaess_produktionsansatz.html [22.06.2007].

OFSP 2007 : Encéphalite à tiques (MEVE) en Suisse. Répartition des régions d'endémie. Communication de H.-P. Zimmermann (section Vaccinations) à INFRAS. Office fédéral de la santé publique. 30.05.2007.

PERMOS 2005 : Le permafrost dans les Alpes suisses en 2002/03 et en 2003/04. Sience et montagne, Les Alpes, 10/2005.

Permafrost Monitoring Switzerland 2007 : données fournies par M. Hoelzle, Université de Zurich. www.permos.ch

Peter A.1998: Interruption of the river continuum by barriers and the consequences for migratory fish. In: Fish Migration and Fish Bypasses (eds Jungwirth M., Schmutz S., Weiss S.). Fishing News Books, Oxford.

Randolf S.E., Rogers D.J. 2000 : Fragile transmission cycles of tick-borne encephalitis virus may be disrupted by predicted climate change. *The Royal Society* 267 : 1741–1744.

Remontées mécaniques suisses 2006 : Faits et chiffres 2006.

SATW 2006 : Plan de route Énergies renouvelables Suisse – Une analyse visant la valorisation des potentiels d'ici 2050, Académie suisse des sciences techniques (SATW).

Scherrer S.C., Appenzeller C., Laternser M. 2004 : Trends in Swiss Alpine snow days : The role of local- and large-scale climate variability. *Geophys. Res. Lett.*, 31, L13215, doi : 10.1029/2004GL020255.

Schild A. 2007 : Communication personnelle d'Andreas Schild (OFAG) à INFRAS, 15.6.2007.

Schmidli J., Frei C. 2005 : Trends of heavy precipitation and wet and dry spells in Switzerland during the 20th century. *Int. J. Climatol.* 25, 753–771.

Schmidli J., Schmutz C., Frei C., Wanner H., Schär C. 2002 : Mesoscale precipitation variability in the region of the European Alps during the 20th century. *Int. J. Climatol.* 22, 1049–1074.

Schweizer Gemeinde 2006 : Wichtige Aufgaben der Nutzungsplanung. R. Camenzind, R. Loat. In : Schweizer Gemeinde n° 7/8 2006.

SCNAT/SATW 2007 : Sources d'énergie : chiffres et faits : Utilisation, potentiel et risques en Suisse de différentes sources d'énergie, Académie des sciences naturelles (SCNAT).

Seiz G., Foppa N. (sous presse) : Nationales Klima-Beobachtungssystem der Schweiz (GCOS Schweiz). Publications de MétéoSuisse.

Siegenthaler U., Stocker T.F., Monnin E., Lüthi D., Schwander J., Stauffer B., Raynaud D., Barnola J.-M., Fischer H., Masson-Delmotte V., Jouzel J. 2005 : Stable carbon cycle-climate relationship during the Late Pleistocene, *Science*, 310, 1313–1317.

SuisseÉnergie 2006 : Un programme suivi d'effets : 5^e rapport annuel SuisseÉnergie 2005/2006. Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication (DETEC).

Swissinfo 2007 : Schneekanonen – ein löchriger Wasserkreislauf. www.swissinfo.org/ger/swissinfo.html?siteSect=881&sid=7732959 [20.04.2007]

Ville de Baden 2005 : Klimawanderungen. Klima und Wald früher – heute – morgen. www.klimawanderungen.ch/downloads/Klimadossier_Erwachsene.pdf [22.06.2007]

Walther G.-R. 2004 : Plants in a warmer world. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 6 : 169–185.

Walther G.-R. 2006 : Palmen im Wald? Exotische Arten nehmen in Schweizer Wäldern bei wärmeren Temperaturen zu. *Forum für Wissen* : 55–61.

Walther G.-R., Gritti E., Hickler T., Berger S., Tang Z., Sykes M.T. 2007 : Palms tracking climate change. *Global Ecology & Biogeography*, publication en ligne avancée. www.blackwell-synergy.com/doi/abs/10.1111/j.1466-8238.2007.00328.x

Walther G.-R., Post E., Convey P., Menzel A., Parmesan C., Beebee T.J.C., Fromentin J.-M., Hoegh-Guldberg O., Bairlein F. 2002 : Ecological responses to recent climate change. *Nature* 416 : 389–395.

WGMS 2007 : World Glacier Monitoring Service. www.wgms.ch [22.06.2007]

World Resources Institute 2007 : Climate Analysis Indicators Tool. <http://cait.wri.org/> [10.05.2007]

WSL 2006 : Les chênes pubescents chassent-ils les pins sylvestres valaisans ? Notice pour le praticien n° 41. WSL, Birmensdorf.

WSL 2007 : Banque de données sur les dommages dus aux intempéries, non publié.

Zemp M., Haeberli W., Hoelzle M., Maisch M., Paul F. 2007 : Europäische Alpen bald ohne Gletscher? *Jahrbuch der Ökologie*, 2008, 68–83.

Zemp M., Haeberli W., Hoelzle M., Paul F. 2006 : Alpine glaciers to disappear within decades? *Geophysical Research Letters*, 33.