

Le climat change – que faire?

Le nouveau rapport des Nations Unies sur le climat (GIEC 2007) et ses principaux résultats dans l'optique de la Suisse



Couverture:

La langue du glacier de Trift en septembre 2004
(Photo C. Kull)

Le climat change – que faire?

Le nouveau rapport des Nations Unies sur le climat (GIEC 2007) et ses principaux résultats dans l'optique de la Suisse

Editeur et distribution:

OcCC
Schwarztorstrasse 9
3007 Berne
Tél.: 031 328 23 23
Fax: 031 328 23 20
Courriel: occc@scnat.ch
www.occc.ch

L'Organe consultatif sur les changements climatiques (OcCC) a pour mission de formuler des recommandations sur des questions ayant trait au climat et aux changements climatiques à l'attention des milieux politiques et de l'administration publique. Il a été créé en 1996 par le Département fédéral de l'intérieur (DFI) et le Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication (DETEC). Le mandat pour la création de cet organe a été confié à l'Académie suisse des sciences naturelles (SCNAT). Celle-ci a invité une trentaine de personnalités de la recherche, de l'économie et de l'administration fédérale à collaborer au sein de cet organe consultatif. Le suivi de ce mandat par l'administration fédérale incombe à l'Office fédéral de l'environnement (OFEV).

Citation recommandée:

OcCC, 2008: Le climat change – que faire? Le nouveau rapport des Nations Unies sur le climat (GIEC 2007) et ses principaux résultats dans l'optique de la Suisse. OcCC - Organe consultatif sur les changements climatiques, Berne, 47pp. ISBN: 978-3-907630-34-1

Table des matières

Editorial	4
Résumé	5
1 Introduction	7
2 Les bases physiques des changements climatiques	9
2.1 Résultats du GIEC – données de base	9
2.2 Changements globaux observés	10
2.3 Changements futurs	11
2.4 Bibliographie	14
3 L'évolution du climat en Suisse	15
3.1 Changements climatiques observés en Suisse	15
3.2 Evolution future du climat en Suisse	17
3.3 Bibliographie	19
4 Les changements climatiques se font sentir toujours davantage aussi en Suisse	21
4.1 Les changements climatiques ont des incidences dans tous les secteurs	21
4.1.1 Incidences déjà observées	22
4.1.2 Incidences futures	23
4.2 Neige, glace et pergélisol en haute montagne	24
4.3 Paysage, agriculture et économie forestière	26
4.4 Tourisme et infrastructures	27
4.5 Branches économiques choisies	28
4.6 Santé humaine	29
4.7 Conclusions	30
4.8 Bibliographie	31
5 Réduction des changements climatiques	33
5.1 Potentiels de réduction	33
5.1.1 La situation en Suisse	34
5.2 Coûts	34
5.2.1 La situation en Suisse	34
5.3 Les différents domaines	35
5.3.1 Transformation de l'énergie	35
5.3.2 Transports et infrastructures correspondantes	36
5.3.3 Immeubles d'habitation et commerciaux	36
5.3.4 L'industrie	36
5.3.5 L'agriculture	37
5.3.6 L'économie forestière	37
5.3.7 Gestion des déchets	38
5.3.8 La situation en Suisse	38
5.4 Remarques	39
5.5 Bibliographie	41
6 Conclusions et recommandations	43
6.1 Objectifs pour la Suisse	43
6.2 Conclusions	44
Les membres de l'OcCC	47

Editorial: Des vérités sur le climat

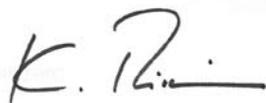
Voici donc scientifiquement démontré par le 4e rapport du GIEC ce qui était évident déjà depuis des années: le réchauffement climatique à partir du milieu du 20e siècle est dû – avec une très grande probabilité, c'est-à-dire avec une certitude de plus de 90 pour cent – en majeure partie à l'augmentation des gaz à effet de serre anthropiques. Les activités humaines, en premier lieu la combustion d'agents énergétiques fossiles, contribuent de façon déterminante au réchauffement de la planète.

Que signifie le réchauffement climatique pour la Suisse? Quels sont les résultats du quatrième rapport du GIEC qui concernent directement notre pays? Quels compléments est-il nécessaire d'apporter à ce quatrième rapport dans l'optique de la Suisse? Une douzaine de scientifiques suisses se sont déclarés prêts à réunir les faits marquants mis en évidence par les groupes de travail I (bases scientifiques), II (sensibilité, adaptation et vulnérabilité) et III (atténuation) du GIEC. Un grand merci aux auteurs. Un chapitre supplémentaire a été ajouté, taillé sur mesure en fonction de la situation de la Suisse. Il comprend des conclusions et des recommandations. L'Organe consultatif sur les changements climatiques assume ainsi la mission qu'il a reçue du Conseil fédéral.

En 2007, de larges milieux de la population suisse ont pris conscience du réchauffement climatique à la suite du film de l'ancien vice-président et candidat à la présidence des Etats-Unis Al Gore sur le réchauffement planétaire, «An Inconvenient Truth» («Une vérité qui dérange»). Vingt ans après 1988, année de la création du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) par le PNUE (Programme des Nations Unies pour l'environnement) et l'OMM (Organisation météorologique mondiale), le réchauffement planétaire figure dans le monde entier tout en haut de l'agenda politique.

Pour notre pays, le réchauffement climatique est en voie de devenir un défi aux lourdes conséquences économiques: si les prairies restent vertes dans des domaines skiabiles qui bénéficiaient jusqu'alors de bonnes conditions d'enneigement, des pertes se chiffrant par milliards menacent le tourisme. Si toujours plus d'intempéries dévastent nos infrastructures, villages et villes, nous serons toujours plus souvent confrontés à de grandes souffrances et à des coûts élevés. Il est donc urgent d'agir au niveau national et international.

Le défi du réchauffement planétaire est aussi porteur de chances pour l'économie de la Suisse. Si nous investissons dans de nouvelles technologies qui répondront à une demande mondiale, nous prendrons une position de leader international, situation qui nous sera profitable. Une reconversion et adaptation économique précoce vers des modes de production efficace en énergie et le développement des technologies nécessaires à cette fin déboucheront sur un grand potentiel d'innovation et sur des avantages considérables en termes de compétitivité.



Dr. Kathy Riklin

Résumé

Cette étude de l'OcCC présente, en relation avec la Suisse, les principaux résultats du 4e rapport sur l'état des connaissances publié par le GIEC, le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, institué par les Nations Unies.

Les changements climatiques globaux sont manifestes. De 1970 à 2004, les émissions anthropiques mondiales de gaz à effet de serre ont augmenté de 70 pour cent, à un rythme qui est allé s'accroissant ces dix dernières années. La concentration de gaz à effet de serre dans l'atmosphère a nettement augmenté depuis 1750 et dépasse aujourd'hui de loin les valeurs préindustrielles, connues pour les 650'000 dernières années par l'analyse de carottes de glace. Les activités humaines ont conduit depuis 1750 en moyenne mondiale à un réchauffement net. Il est très probable que la majeure partie du réchauffement depuis le milieu du 20e siècle soit due à la combustion d'agents énergétiques fossiles et à l'augmentation des gaz à effet de serre causée par l'être humain. Les températures globales moyennes se situent aujourd'hui environ 0.8°C au-dessus de ce qu'elles seraient si la composition de l'atmosphère n'avait pas changé. L'évolution future du climat dépend de l'ampleur des émissions de gaz à effet de serre et donc de l'action humaine et des décisions politiques. Il faut compter, suivant le scénario considéré, avec une augmentation entre 1,1 et 6,4°C (par rapport à 1990) d'ici la fin du 21e siècle. Cette large fourchette ne peut être attribuée qu'en partie aux incertitudes des modèles climatiques. L'évolution économique et sociale future, qui ne peut guère être estimée aujourd'hui, a beaucoup plus d'influence. Notre agir détermine la quantité des émissions et donc aussi les changements climatiques à venir et les conséquences qui en résultent.

Au niveau régional, le réchauffement climatique se fait particulièrement sentir dans l'arc alpin: la hausse de température y est en gros deux fois plus forte que la tendance globale. En Suisse, les températures moyennes sont montées d'environ 1,5°C depuis 1970. Jusqu'en 2100, il faut compter avec une augmentation des températures d'été entre 3,5 et 7°C. Un été moyen correspondra alors à peu près à la canicule de 2003. Les étés seront de surcroît plus secs, les hivers en revanche plus humides.

Les conséquences de ce réchauffement sont déjà démontrables dans le monde entier. Toute une série d'écosystèmes uniques en leur genre

(régions polaires, montagnes, régions côtières) sont touchés. Au fur et à mesure que le réchauffement progressera, le risque augmentera que des espèces s'éteignent ou que des récifs de corail soient endommagés. Une augmentation de la température moyenne mondiale de 1,5 à 2,5°C par rapport aux valeurs préindustrielles implique déjà des risques significatifs pour beaucoup d'écosystèmes singuliers, notamment de nombreux hotspots de la biodiversité. Le réchauffement persistant fera très certainement monter le niveau de la mer au cours des siècles bien au-delà de l'élévation observée au 20e siècle – les conséquences en seront très lourdes pour les régions côtières.

Simultanément, le risque d'événements météorologiques extrêmes augmentera. Les sécheresses, vagues de chaleur et crues se produiront plus fréquemment.

En Suisse, ces changements auront des impacts très lourds pour l'environnement, la société et l'économie.

Plus de la moitié de ce qui subsiste aujourd'hui encore du volume des glaciers des Alpes aura probablement fondu déjà au milieu du siècle. De ce fait, les ressources en eau pendant les mois d'été secs se feront plus rares, ce qui aura des conséquences pour l'agriculture, la navigation et la production d'énergie. En hiver, en l'absence de mesures de protection appropriées, les crues causeront davantage de dommages aux infrastructures et bâtiments sur le Plateau et dans le Jura, ce qui ne sera pas sans conséquences pour les assurances.

Le secteur du tourisme sera également confronté à de nouvelles conditions. A des altitudes inférieures à 1500 mètres, les sports d'hiver classiques ne seront plus rentables en raison d'un enneigement insuffisant. Et les modifications du paysage rendront les régions de haute montagne moins attractives en été. Il faut donc s'efforcer de diversifier l'offre touristique.

Dans les villes, la population souffrira davantage de la chaleur.

Un problème pour l'agriculture sera notamment le manque d'eau pendant les mois d'été, éventuellement aussi l'immigration de parasites des plantes.

La composition des écosystèmes se modifiera à long terme en Suisse, étant donné que les espèces réagissent différemment aux changements climatiques. La flore et la faune se rapprochera en Suisse de celles de régions de plus basse altitude et plus méridionales. Les espèces sensib-

les à la chaleur se rabattront, autant que possible, vers des zones plus fraîches et à l'altitude. Les espèces peu mobiles seront fortement entravées dans leur développement ou disparaîtront.

Les régions économiquement faibles du tiers monde ressentent aujourd'hui déjà les effets des changements climatiques et sont très vulnérables. Celles situées aux basses latitudes et peu développées sont particulièrement concernées, par exemple les zones sèches et mégadeltas d'Afrique, d'Asie et d'Amérique du Sud. En l'absence de mesures de réduction, il sera difficile aussi pour les économies fortes, vers la fin du 21e siècle, de s'adapter aux changements.

Les mesures de réduction sont donc urgentes et indispensables. Ni l'adaptation, ni la réduction ne permettront à elles seules d'empêcher les graves impacts des changements climatiques, mais elles peuvent se combiner et diminuer ainsi sensiblement les risques des changements climatiques.

Pour limiter le réchauffement planétaire à une élévation de 2,0 à 2,5°C par rapport aux valeurs préindustrielles (ce qui signifie pour la Suisse environ 4 à 5°C), les émissions mondiales de CO₂ doivent être réduites de 50 à 85 pour cent jusqu'en 2050 par rapport à l'an 2000. A long terme, elles devront être abaissées à 1 tonne de CO₂ par habitant. Ceci implique à longue échéance une restructuration totale de l'économie mondiale et l'abandon du recours aux agents énergétiques fossiles. L'OcCC recommande de ce fait que la Suisse réduise ses émissions de gaz à effet de serre d'au moins 20 pour cent jusqu'en 2020 et de 60 pour cent au minimum jusqu'en 2050.

L'OcCC appelle instamment les décisionnaires à s'engager sur la voie du développement durable en matière d'environnement, de climat et de ressources. Il n'existe en définitive aucun autre choix possible.

1 Introduction

Plus de mille trois cents chercheuses et chercheurs de la communauté scientifique internationale, dont une cinquantaine de Suissesses et de Suisses, ont élaboré en plusieurs années de travail le 4e Rapport du GIEC sur l'état des connaissances relatives aux changements climatiques planétaires (RE4). Cet ouvrage a été publié en 2007 par le groupe d'experts intergouvernemental des Nations Unies (GIEC). La présente étude de l'OcCC en résume les résultats les plus importants pour la Suisse et les complète par des données obtenues récemment par la recherche helvétique.

En février 2007, le GIEC a clairement établi que le réchauffement planétaire actuel est causé dans une large mesure par l'être humain. En l'espace de seulement 250 ans, la teneur de l'atmosphère en dioxyde de carbone a augmenté de plus d'un tiers, et d'ici la fin de ce siècle, la Terre pourrait être presque 6,5°C plus chaude qu'avant l'industrialisation.

La deuxième partie du rapport attire l'attention sur les effets prévisibles des changements climatiques. Si nous n'agissons pas, les écosystèmes seront perturbés au-delà de leurs limites d'adaptabilité. Un réchauffement de plus de 2,5°C par rapport au climat préindustriel menacerait de disparition un tiers des espèces animales et végétales supérieures.

Dans la troisième partie du rapport, parue en mai 2007, les scientifiques ont proposé des mesures concrètes pour atténuer les impacts les plus graves. Elles portent notamment sur l'approvisionnement énergétique, les transports, l'industrie et l'agriculture. Réduire de façon radicale les rejets de CO₂ jusqu'en 2050 est la seule voie qui permettrait au moins de limiter le réchauffement planétaire – d'empêcher qu'il n'excède de plus de 2 à 2,5°C les valeurs préindustrielles.

Il y a une probabilité élevée que les effets des changements climatiques causent des coûts nets annuels qui augmenteront encore substantiellement au fur et à mesure de la hausse de la température. Si aucun frein n'est mis aux changements climatiques, la faculté d'adaptation des systèmes naturels, cultivés et humains sera dépassée. Au niveau régional, le réchauffement climatique se manifeste de façon particulièrement prononcée dans les Alpes: la hausse de température y est environ deux fois plus forte que la tendance globale. Les

pronostics au sujet de l'ampleur du réchauffement planétaire jusqu'à la fin du 21e siècle sont entachés de grandes incertitudes: ils vont de 1,1 à 6,4°C (par rapport à 1990). Ces incertitudes ne tiennent pas au manque de précision des résultats scientifiques, mais au fait que l'évolution future économique et sociale est encore ouverte. C'est notre agir actuel et futur qui détermine les émissions et donc aussi les changements climatiques à venir et les conséquences qui en résultent. L'avenir est entre nos mains et il est dans notre intérêt de s'opposer à la progression du réchauffement par des mesures radicales. A cet égard, nous devrions prendre conscience de la dimension de l'expérience que l'humanité entreprend en ce moment avec les bases de sa propre existence. Une élévation de 6,5°C de la température globale est du même ordre de grandeur que la différence entre les phases les plus froides de la dernière glaciation et aujourd'hui.

Mais dans la seconde moitié du 21e siècle, le problème ne se limitera pas aux changements climatiques. C'est bien plus une problématique multicausale qui s'annonce, sous le signe à la fois de la destruction de l'environnement, de la pénurie de ressources, de l'approvisionnement énergétique, de la croissance démographique et des changements climatiques. Dans ce champ de tensions, il convient de chercher des solutions intégrant tous les éléments. Un aspect fondamental est de comprendre comment les changements climatiques provoqués par les activités humaines agissent sur l'environnement, la société et l'économie. Ces dernières années, le GIEC a étudié ces interfaces très intensément et avec succès. Les résultats obtenus sont d'une grande importance aussi pour la Suisse.

Que signifient concrètement ces résultats pour la Suisse? Quels changements faut-il éventuellement attendre chez nous vers la fin du 21e siècle et quels en seront les effets pour notre espace de vie?

La présente étude apporte des réponses à ces questions et montre comment la politique, l'économie et la société peuvent relever les défis et quelles mesures devraient être prises aujourd'hui pour faire face aux conséquences négatives des changements climatiques.

2 Les bases physiques des changements climatiques

Fortunat Joos et Thomas Stocker

Climat et physique de l'environnement, Institut de physique & Centre Oeschger, Université de Berne

Ce chapitre résume les résultats les plus importants pour la Suisse de la première partie du quatrième rapport du GIEC sur l'état des connaissances (RE4). Cette première partie du RE4 a été réalisée par le groupe de travail I du GIEC. Elle traite des bases physiques des changements climatiques.

2.1 Résultats du GIEC – données de base

L'augmentation du CO₂ et d'autres gaz à effet de serre dans l'atmosphère conduit à un réchauffement croissant. Il est très probable que la majeure partie du réchauffement depuis le milieu du 20^e siècle soit dû à la combustion d'agents énergétiques fossiles et à l'augmentation des gaz à effet de serre causée par l'être humain.

En raison d'activités humaines, la concentration des gaz à effet de serre et des aérosols augmente dans l'atmosphère. Ceci modifie le bilan énergétique du système climatique et entraîne un réchauffement. Les concentrations de dioxyde de carbone (CO₂), méthane (CH₄) et protoxyde d'azote (N₂O) dans l'atmosphère ont sensiblement augmenté depuis 1750. Elles se situent maintenant nettement au-dessus du niveau naturel des derniers 650'000 ans, comme le démontrent des mesures effectuées sur des carottes de glace en provenance de l'Antarctique. Le CO₂ est le principal gaz à effet de serre anthropique. De 280 parties par million (ppm) à l'époque préindustrielle, sa concentration globale dans l'atmosphère a passé à 379 ppm en 2005. L'accroissement des gaz à effet de serre dans l'atmosphère modifie le bilan radiatif de la Terre; il diminue notamment le rayonnement renvoyé par la Terre dans l'espace cosmique et entraîne ainsi une hausse des températures (fig. 1).

Les taux de croissance actuels des concentrations en CO₂ sont plus élevés qu'au début des mesures atmosphériques continues (depuis 1958) et cette progression à la hausse s'accélère. De 6,4 gigatonnes de carbone (GtC) par an en moyenne pendant les années 1990, les émissions fossiles ont passé à 7,2 GtC par an en moyenne des années 2000 à 2005. La cause principale de cette hausse est le recours aux combustibles fossiles (charbon, pétrole, gaz naturel). Une autre source de CO₂, mais plus petite, tient à l'utilisation du sol. La teneur en méthane, protoxyde d'azote, hydrocarbures halogénés, ozone, suie et autres particules en suspension dans l'atmosphère

est influencée par l'être humain, ce qui contribue également à la perturbation du bilan énergétique. Une grande partie des variations de température de l'époque préindustrielle, telles que reconstituées pour l'hémisphère Nord, peut s'expliquer par le volcanisme et des changements du rayonnement solaire. Mais l'influence que ces facteurs naturels ont exercée au total sur le climat des cinquante dernières années va dans le sens d'un refroidissement et ne peuvent pas expliquer le réchauffement actuel.

Le type de réchauffement observé et l'évolution de celui-ci dans le temps ne sont reproduits que par des modèles climatiques qui prennent en compte des influences anthropiques.

Les modèles climatiques à disposition sont aujourd'hui nettement plus nombreux et plus divers qu'autrefois. Ensemble avec les observations, ils permettent d'évaluer la probabilité et l'ordre de grandeur des changements climatiques en cours. Presque la moitié du réchauffement des vingt prochaines années (env. 0,2°C) sera à mettre sur le compte des gaz à effet de serre rejetés jusqu'à aujourd'hui et des changements d'affectation du sol. Il apparaît en outre que les émissions futures conduiront à un réchauffement au total environ deux fois plus fort.

2.2 Changements globaux observés

Le réchauffement climatique est manifeste et observé dans le monde entier (fig. 1). Des mesures indiquent une hausse des températures moyennes de l'air et de l'océan en même temps qu'une diminution de la couverture neigeuse, une intensification de la fonte de la banquise et un recul des glaciers. Une conséquence en est l'élévation du niveau de la mer. Les effets des changements climatiques se traduisent aussi par une augmentation des vagues de chaleur, des sécheresses et des fortes précipitations.

Onze des douze dernières années comptent parmi les douze années les plus chaudes observées depuis le début des mesures instrumentées en 1861. En comparaison sur les cent années écoulées, la tendance au réchauffement a pratiquement doublé pendant les cinquante dernières années. Les températures ont augmenté sur tous les continents (à l'exception de l'Antarctique). Le réchauffement est en outre plus fort sur les terres émergées que sur les océ-

ans. En accord avec la hausse des températures, la teneur moyenne en eau des couches supérieures de l'atmosphère a également augmenté; c'est là un important facteur d'amplification du réchauffement climatique. Celui-ci a entraîné un recul de la banquise dans l'Arctique de presque 3 pour cent de l'étendue annuelle moyenne par décennie. La structure de la circulation atmosphérique a subi également une modification mesurable. Les vents d'ouest

Changements mondiaux observés

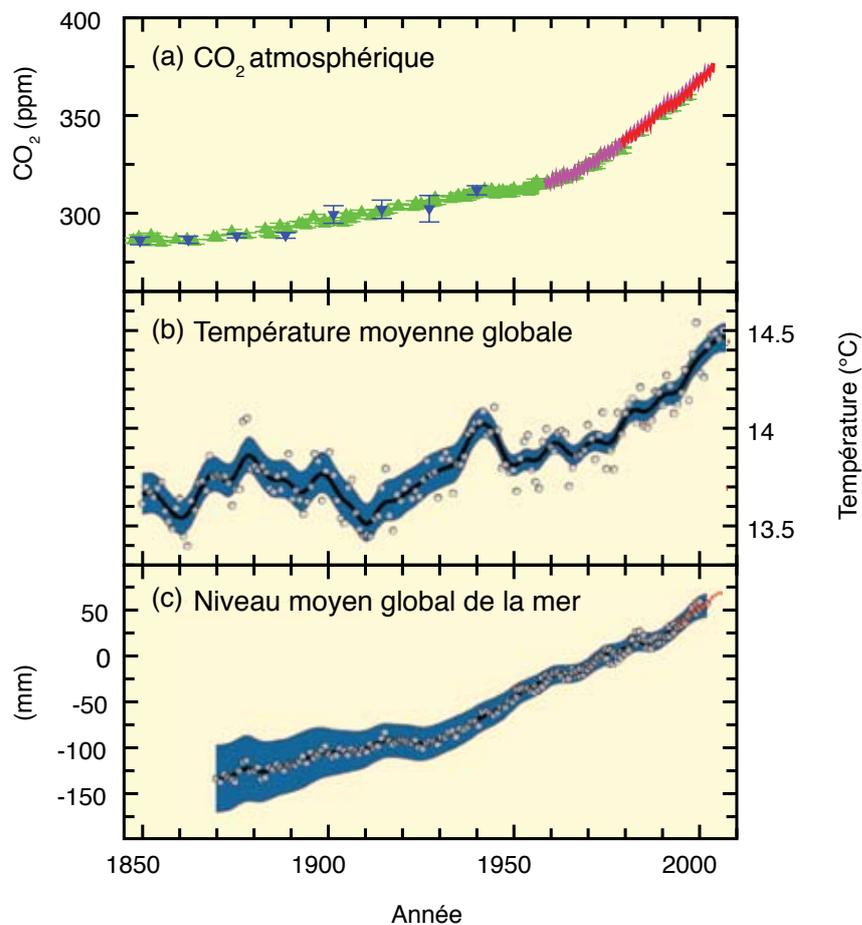


Figure 1: Changements observés (a) de la concentration atmosphérique en dioxyde de carbone, mesurée sur des carottes de glace de l'Antarctique (en vert et bleu dans le graphique) et directement dans des échantillons atmosphériques (en rouge), (b) de la température globale moyenne de surface et (c) du niveau moyen global de la mer, déterminé à partir de mesures de marées (en bleu) et de données satellitaires (en rouge). Le niveau de la mer est représenté par rapport à la moyenne des années 1961-1990 (GIEC, GT1, RID 2007)

notamment ont gagné en force aux latitudes moyennes.

Des changements du régime des précipitations ont été observés en maintes régions au cours des cent dernières années. Une augmentation notable de la quantité de précipitations a été constatée en Europe du Nord, à l'est de l'Amérique du Nord et du Sud et dans des parties de l'Asie, une diminution dans les régions déjà sèches de l'espace méditerranéen et dans la zone du Sahel. En outre, des sécheresses plus fortes et de plus longue durée sont observées dans les zones tropicales et subtropicales. En accord avec le réchauffement et l'accroissement de la teneur en vapeur d'eau de l'atmosphère, la fréquence des fortes précipitations a aussi augmenté dans la plupart

des régions.

Des reconstitutions du climat du passé mettent en évidence le caractère inhabituel du réchauffement planétaire actuel et signalent de futurs développements possibles. La température moyenne dans l'hémisphère Nord a été probablement plus élevée ces cinquante dernières années que pendant au moins les derniers 1300 ans. Pendant la dernière époque chaude (il y a 125'000 ans), le niveau moyen global de la mer était probablement de 4 à 6 mètres plus haut qu'aujourd'hui. Comme notre planète gravitait alors sur une orbite légèrement différente autour du Soleil, les températures polaires moyennes étaient de 3 à 5°C plus élevées. Les calottes polaires étaient donc aussi plus petites.

2.3 Changements futurs

Si les gaz à effet de serre continuent d'être émis pendant le 21^e siècle en quantités comparables à aujourd'hui, il faut s'attendre à une poursuite du réchauffement climatique. Ceci entraînerait très probablement des changements encore plus grands que ceux déjà observés au 20^e siècle.

Le réchauffement planétaire peut être évalué aujourd'hui pour la première fois de façon plus précise en fonction du scénario d'émission. Calculée pour la dernière décennie du 21^e siècle (2090 à 2099) par rapport à la période 1980 à 1999, sa valeur moyenne globale est de 1,8°C

(domaine le plus probable: 1,1 à 1,9°C) pour le scénario B1 (faibles émissions, voir encadré sur les scénarios) et de 4,0°C (2,4 à 6,4°C) pour le scénario A2 (émissions élevées). Le réchauffement attendu fera aussi monter le niveau de la mer – de 18 à 38 centimètres dans le cas du scé-

Modélisation des températures à la surface de la Terre

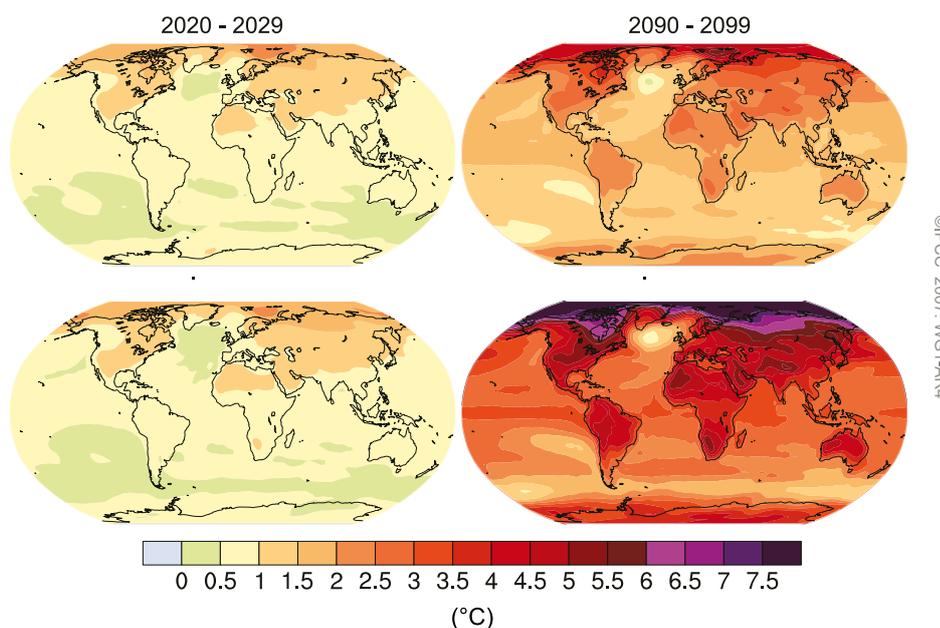


Figure 2: Augmentation de la température par rapport à 1980 -1999 pour une décennie vers le début et à la fin du 21^e siècle selon deux scénarios RSSE: l'un à faibles (B1, **en haut**), l'autre à fortes émissions (A2, **en bas**). Les résultats sont des moyennes provenant de simulations au moyen de différents modèles climatiques détaillés (GIEC, GT1, RID 2007).

nario B1, de 26 à 59 centimètres dans celui du scénario A2. De grandes incertitudes subsistent en ce qui concerne les calottes polaires. Une hausse plus considérable du niveau de la mer, causée par une fonte plus rapide de ces masses de glace, n'est pas exclue.

Le réchauffement réduira l'absorption de carbone dans les océans et sur les terres émergées. Ceci renforcera encore le réchauf-

fement. L'augmentation du CO₂ entraîne une intensification de l'acidification des océans. Une diminution du pH de 0,1 par rapport à l'époque préindustrielle a déjà été observée. Ce processus s'accélèrera au cours du 21^e siècle. Des organismes à squelette calcaire (par exemple les coraux) seront pour le moins entravés dans leur croissance; les conséquences en sont encore peu étudiées actuellement, mais il est

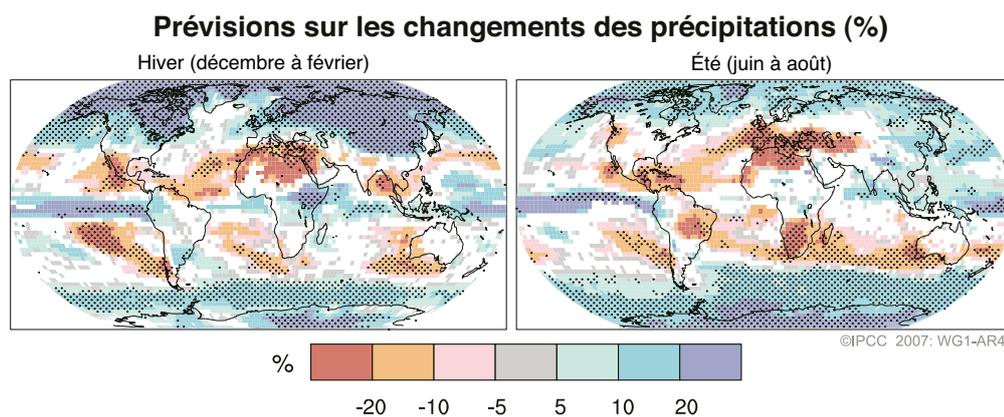


Figure 3: Changements relatifs des précipitations en 2090-2099 par rapport à 1980-1999 pour les mois d'hiver (décembre à février) et d'été (juin à août), selon les valeurs moyennes de simulations au moyen de différents modèles climatiques détaillés appliqués au scénario A1B. Les surfaces colorées indiquent que plus de 66% et les surfaces en pointillé plus de 90% des modélisations concordent quant à la nature des changements (augmentation ou diminution). Les surfaces blanches correspondent aux zones pour lesquelles aucune conclusion robuste ne peut encore être donnée sur les changements (GIEC, GT1, RID 2007).

Encadré 1: Scénarios du GIEC

Les scénarios développés dans le contexte du GIEC pour la période 2001 à 2100 sont basés sur différentes hypothèses ayant trait à l'évolution démographique, sociale, économique et technologique:

Le **scénario A1** décrit un monde à croissance économique rapide. La population mondiale croît jusqu'en 2050, puis diminue ensuite. Ce scénario suppose l'introduction rapide de technologies efficaces et la correction des disparités entre régions par une globalisation réussie.

Ce scénario se subdivise en trois sous-types: F1: recours intense aux énergies fossiles; T: aucun recours aux énergies fossiles; B: mix énergétique équilibré.

Le **scénario A2** décrit un monde très hétérogène. Les taux de natalité des différentes régions ne convergent que lentement, ce qui entraîne une croissance continue de la population mondiale. L'orientation de la croissance économique est avant tout régionale. La croissance économique par habitant et l'évolution technologique sont plus fragmentées et plus lentes que dans le scénario A1.

Le **scénario B1** décrit un monde futur à croissance économique très rapide, où la population mondiale, comme dans le scénario A1, augmente jusqu'au milieu du 21^e siècle, puis diminue ensuite. L'évolution attendue va d'un changement rapide des structures économiques à une diminution sensible de l'intensité matérielle de l'économie des services et de l'information ainsi qu'à l'introduction de technologies à faibles émissions et ménageant les ressources. L'accent porte sur des solutions globales allant dans le sens d'un développement social et écologique durable, incluant davantage de justice, mais sans initiatives supplémentaires de protection du climat.

Le **scénario B2** décrit un monde où les problèmes globaux sont abordés à l'échelon local. Les conséquences en sont une croissance plus lente de la population mondiale que dans A1, une croissance économique moyenne et une évolution technologique plus lente et plus divergente que dans A1 et B1. Le monde se tourne vers la protection de l'environnement et l'égalité sociale, en mettant l'accent sur les échelons local et régional.

possible qu'elles soient négatives pour les écosystèmes marins.

Sur le plan géographique, le réchauffement se poursuivra à peu près de la même manière que jusqu'ici. Le réchauffement le plus marqué devrait se faire sentir au-dessus des masses continentales et aux latitudes septentrionales (fig. 2). La couverture neigeuse reculera et l'étendue de la banquise diminuera tant dans l'Arctique que dans l'Antarctique. Vers la fin du 21^e siècle, l'Arctique pourrait être libre de glaces à la fin de l'été.

Les vagues de chaleur et les fortes précipitations seront plus fréquentes, et il est probable que les tempêtes tropicales se renforceront. Aux latitudes moyennes, les trajectoires des tempêtes d'ouest se déplaceront en direction du nord.

La compréhension des changements que subiront les précipitations s'est améliorée ces dernières années. Un accroissement des précipitations aux hautes latitudes est considéré comme très probable. Dans les régions subtropicales en revanche, les précipitations vont probablement diminuer (fig. 3). La circulation océanique méridienne se ralentira très probablement au 21^e

siècle. Néanmoins, les températures continueront de monter dans la région de l'Atlantique en raison de la poursuite du réchauffement planétaire. Il n'y a pas lieu d'admettre que cette circulation subira un changement abrupt important. A cet égard cependant, il n'est pas encore possible actuellement de porter un jugement fiable sur des développements à long terme.

La fonte de la calotte glaciaire groenlandaise contribuera aussi à la montée du niveau de la mer après 2100. Si le réchauffement par rapport à l'époque préindustrielle est supérieur au domaine de 1,9°C à 4,6°C, la perte de glace sera supérieure à l'accroissement des précipitations. Et si ce bilan de masse négatif persiste pendant plusieurs millénaires, la totalité de la calotte glaciaire finira par disparaître, ce qui pourrait entraîner une montée supplémentaire du niveau de la mer d'environ 7 mètres. Comme il ressort de la figure 4, les changements auxquels il faut s'attendre en matière de températures et de précipitations sont substantiels également en Europe.

Prévisions sur les changements en Europe

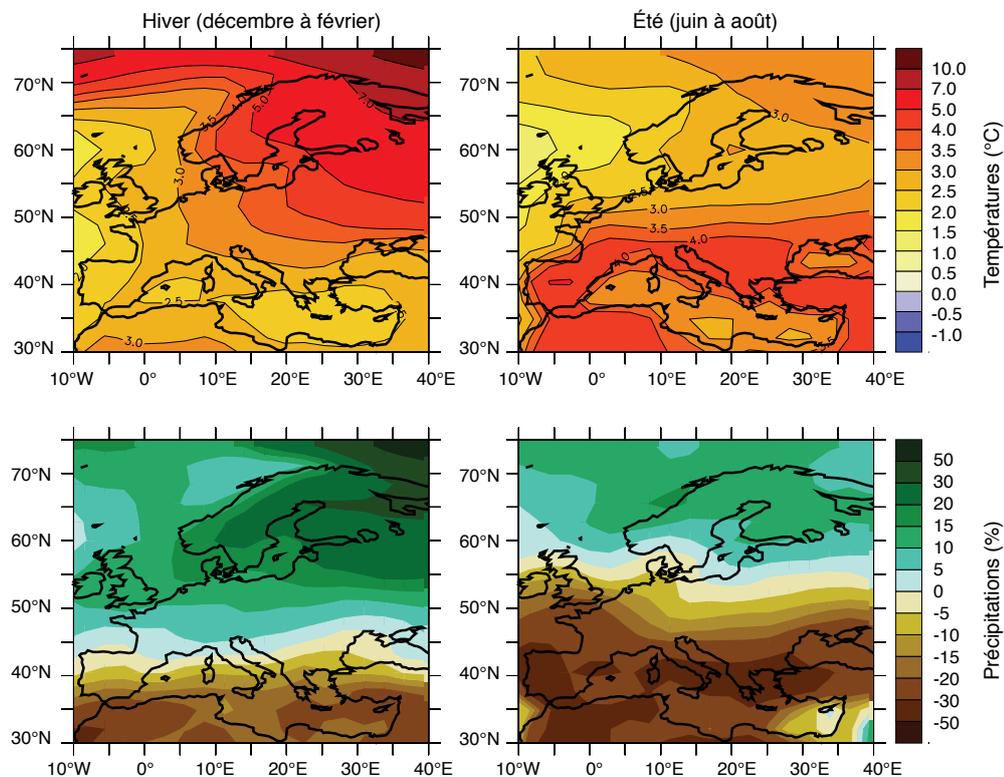


Figure 4: Changements attendus des températures moyennes d'été et d'hiver en Europe (en haut) et des précipitations correspondantes (en bas) en 2080-2099 par rapport à 1980-1999 selon le scénario A1B. Alors qu'en Europe du Nord un net réchauffement est attendu avant tout pendant le semestre d'hiver, dans l'espace méditerranéen la montée de la température est particulièrement prononcée pendant le semestre d'été. Les changements attendus en matière de précipitations entraînent des conditions plus humides en Europe du Nord et une diminution sensible des précipitations dans l'espace méditerranéen (GIEC, GT1, fig. 11.5).

2.4 Bibliographie

IPCC, 2007: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

3 L'évolution du climat en Suisse

Christoph Frei, Mischa Croci-Maspoli et Christof Appenzeller

Office fédéral de météorologie et de climatologie MétéoSuisse, Zurich

Ce chapitre rend compte des séries de mesures de températures et de précipitations effectuées en Suisse depuis 1864 et présente les scénarios de l'évolution du climat au 21^e siècle. Du fait de la faible étendue géographique de la Suisse, les tendances de l'évolution de climat, qui ressortent de ces mesures, sont affectées d'une forte variabilité. Mais elles ne laissent aucun doute sur les changements climatiques en cours, notamment en ce qui concerne les températures.

3.1 Changements climatiques observés en Suisse

Le réchauffement est clairement établi en Suisse. Quant aux précipitations, leurs changements à long terme ne sont décelables que peu à peu, en raison des importantes fluctuations naturelles. Depuis le début du 20^e siècle, la fréquence des épisodes de précipitations intenses a augmenté de 15 à 70% au nord de la crête principale des Alpes en hiver et en automne. Le réchauffement observé doit probablement être imputé à l'augmentation de gaz à effet de serre causée par l'être humain.

Des données au sol de haute qualité sont indispensables pour savoir si l'évolution globale du climat est aussi mesurable en Suisse. Le réseau de mesure de MétéoSuisse fournit à cet égard de longues séries homogènes de mesures climatiques, disponibles pour certaines stations d'observation depuis 1864 et couvrant toutes les grandes régions climatiques de la Suisse (Seiz et Foppa, 2007; Begert et al., 2005). A cet égard, la topographie complexe de la Suisse complique l'analyse d'éléments climatiques isolés, en raison de particularités régionales. Les moyennes mentionnées plus bas, de tempé-

ratures et précipitations en Suisse, constituent de ce fait une perspective délibérément condensée, où les variations de température, par exemple, sont relativement homogènes, alors que celles des précipitations sont fortement marquées par des influences régionales.

La figure 1 montre que l'évolution de la température en Suisse pendant le siècle et demi passé a été soumise à d'importantes variations annuelles. Vers la fin de cette période, une nette tendance au réchauffement s'est superposée à ces variations. En effet, les enregistrements de ces vingt dernières années dénotent presque

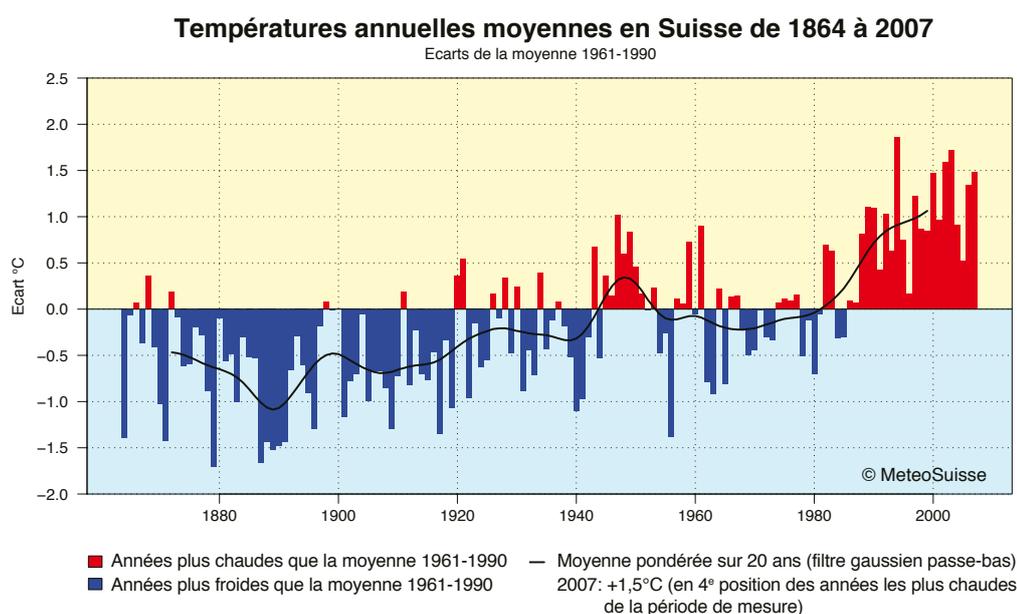


Figure 1: Ecart des températures annuelles moyennes en Suisse par rapport à la période de comparaison 1961 -1990 (écarts positifs en rouge, négatifs en bleu). Le graphique présente les moyennes de douze stations de mesure situées à différentes altitudes en Suisse septentrionale et méridionale (source: MétéoSuisse, 2008).

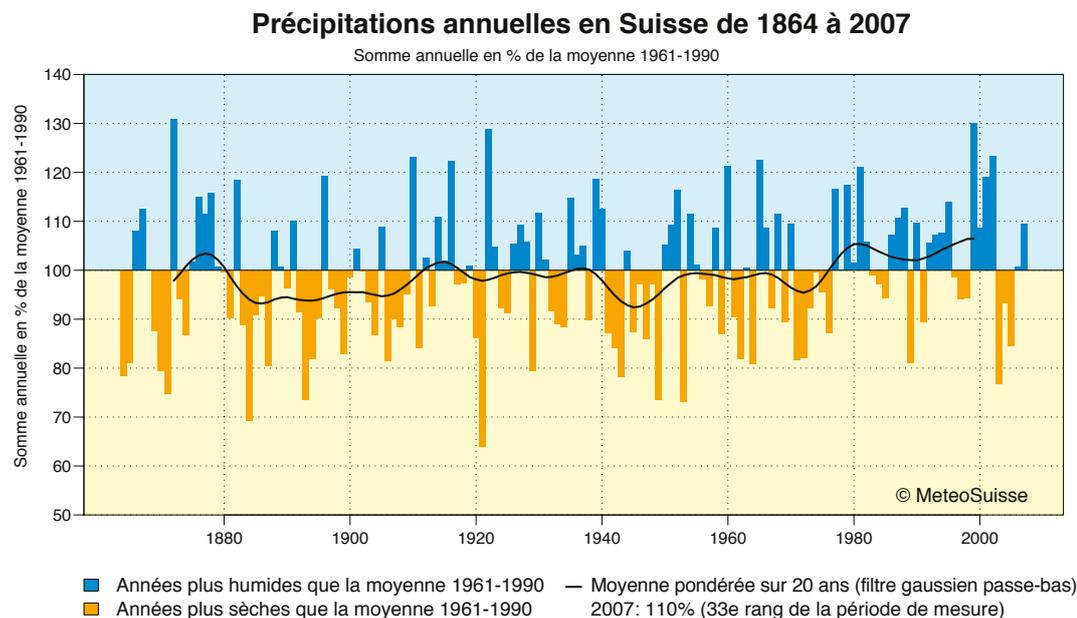


Figure 2: Ecart des précipitations annuelles moyennes en Suisse par rapport à la période de comparaison 1961 -1990 (écarts positifs en bleu, négatifs en orange). Le graphique présente les moyennes de douze stations de mesure situées à différentes altitudes en Suisse septentrionale et méridionale (source: MétéoSuisse, 2008).

exclusivement des écarts positifs par rapport à la norme (1961-1990), et les cinq années les plus chaudes tombent toutes dans la décennie écoulée. 1994 fut en Suisse l'année la plus chaude depuis le début des mesures, 2007 vient en quatrième position de ce classement. En outre, les quatre records saisonniers actuels de température ont été réalisés ces derniers cinq ans (Schär et al., 2004; Luterbacher et al., 2007).

En supposant que son évolution suive une tendance linéaire, la température moyenne en Suisse a augmenté d'env. 1,5°C depuis 1970; ceci correspond à un réchauffement 1,5 fois plus rapide que sur les terres émergées de l'hémisphère Nord (GIEC, 2007). Plusieurs autres indicateurs climatiques, tels que le nombre d'années chaudes, de jours torrides, de nuits tropicales, ou que la couverture neigeuse sur le Plateau suisse, étayent la tendance à une hausse des températures en Suisse (Begert et al., 2005; Scherrer et al., 2004, 2006; North et al., 2007; Rebetez et Reinhard, 2007; Appenzeller et al., 2008).

Aucune tendance univoque n'est observée à l'heure actuelle au sujet des précipitations annuelles moyennes dans l'ensemble de la Suisse (fig. 2). Bien que les variations soient considérables d'une année à l'autre, il est tombé en Suisse pendant les dernières années en moyenne la même quantité de précipitations (1240 millimètres) que pendant la période de comparaison (1961 à 1990). Cette quantité correspond assez exactement au volume du lac de Constance, qui est de 48'000 millions de mètres cubes (Spreafico

et Weingartner, 2005). En dépit de ces quantités annuelles dans une large mesure inchangées, il existe des indices de changements saisonniers et régionaux. Les précipitations moyennes d'hiver, par exemple, ont nettement augmenté au cours du 20^e siècle, surtout dans les régions septentrionales et occidentales du pays (Schmidli et al., 2002). Des changements dans le régime des précipitations sont aussi visibles dans les statistiques. C'est ainsi que l'intensité moyenne des précipitations a augmenté en automne et en hiver. Depuis le début du 20^e siècle, la fréquence des épisodes de précipitations intenses a augmenté de 15 à 70 pour cent pendant ces saisons au nord de la crête principale des Alpes (Schmidli et Frei, 2005).

En résumé, nous pouvons dire que plusieurs indicateurs mettent en évidence des changements significatifs du climat de la Suisse pendant les dernières décennies. Le réchauffement peut être démontré sans ambiguïté dans ce pays. Quant aux précipitations, leurs changements à long terme ne sont décelables que peu à peu, en raison des importantes fluctuations naturelles. Il n'est pas encore possible aujourd'hui de préciser l'ampleur de l'influence humaine sur les changements climatiques en Suisse. Mais nous pouvons admettre que le réchauffement observé est probablement imputable à l'augmentation de gaz à effet de serre causée par l'être humain. A l'échelle du continent (c'est-à-dire pour l'Europe), cette relation est déjà établie avec une grande probabilité (GIEC, 2007).

3.2 Evolution future du climat en Suisse

Au cas où les émissions de gaz à effet de serre ne seraient pas rapidement limitées, il faudra compter, jusqu'en 2100, avec une augmentation des températures d'été de 3,5 à 7°C par rapport à 1990. Les précipitations moyennes pourraient diminuer de 30% en été. Il est possible qu'au cours du 21^e siècle, le climat de la Suisse sorte du domaine des actuelles fluctuations naturelles.

La topographie complexe des Alpes joue un grand rôle dans le climat de la Suisse. De ce fait, les changements climatiques ne se dérouleront pas dans cette région de la même manière qu'en moyenne globale. Des modèles climatiques régionaux sont donc nécessaires pour calculer l'évolution future du climat. Des simulations régionales détaillées ont été effectuées et analysées en ce sens dans le cadre de projets de recherche européens et suisses. En combinant entre eux plusieurs modèles globaux et régionaux, il a été possible d'estimer grossièrement les incertitudes de l'évolution régionale du climat et de les évaluer spécifiquement pour la Suisse. Ces scénarios climatiques constituent la base de plusieurs estimations des conséquences du climat en Suisse jusqu'en

2050 (OcCC/ProClim, 2007; Frei, 2006).

Les figures 3 et 4 montrent les changements attendus de la température moyenne et des précipitations moyennes au nord des Alpes en Suisse. Les évolutions futures (fuseaux en gris) sont représentées séparément pour l'hiver (décembre à février) et pour l'été (juin à août). L'échelle de droite indique les changements par rapport à l'attente en 1990. La partie centrale des fuseaux (gris foncé) correspond aux évolutions les plus probables, les aires marginales (gris clair) à des évolutions moins probables, dans le cas où aucune mesure ne serait rapidement mise en œuvre pour limiter les émissions de gaz à effet de serre. La largeur des fuseaux délimite le domaine résultant des incertitudes au sujet des émis-

Evolution du climat au 21^e siècle: températures

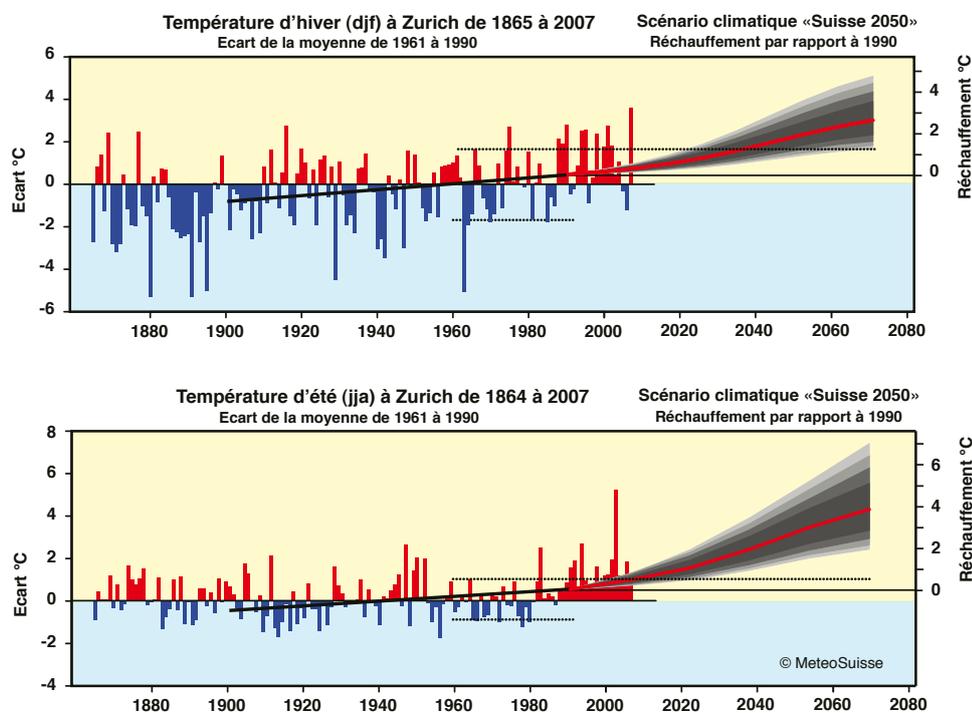


Figure 3: Evolution de la température moyenne en hiver (décembre à février, **en haut**) et en été (juin à août, **en bas**). Barres bleues/rouges: températures mesurées de 1864 à 2007 (station de Zurich, écarts en degrés par rapport à la norme 1961-1990, échelle de gauche). Fuseaux gris: changements futurs attendus de la température moyenne en Suisse septentrionale jusqu'en 2070 (changements par rapport à la moyenne de 1980 à 1999, en degrés, échelle de droite). Les aires gris foncé correspondent aux évolutions les plus probables, celles en gris clair à des évolutions moins probables, dans le cas où aucune mesure ne serait rapidement mise en œuvre pour limiter les émissions de gaz à effet de serre (intervalle d'incertitude à 95%). Lignes pointillées: fourchette des fluctuations de température sous le climat actuel (+/- un écart type) de 1961 à 1990. (Source: MétéoSuisse, 2008).

Evolution du climat au 21^e siècle: précipitations

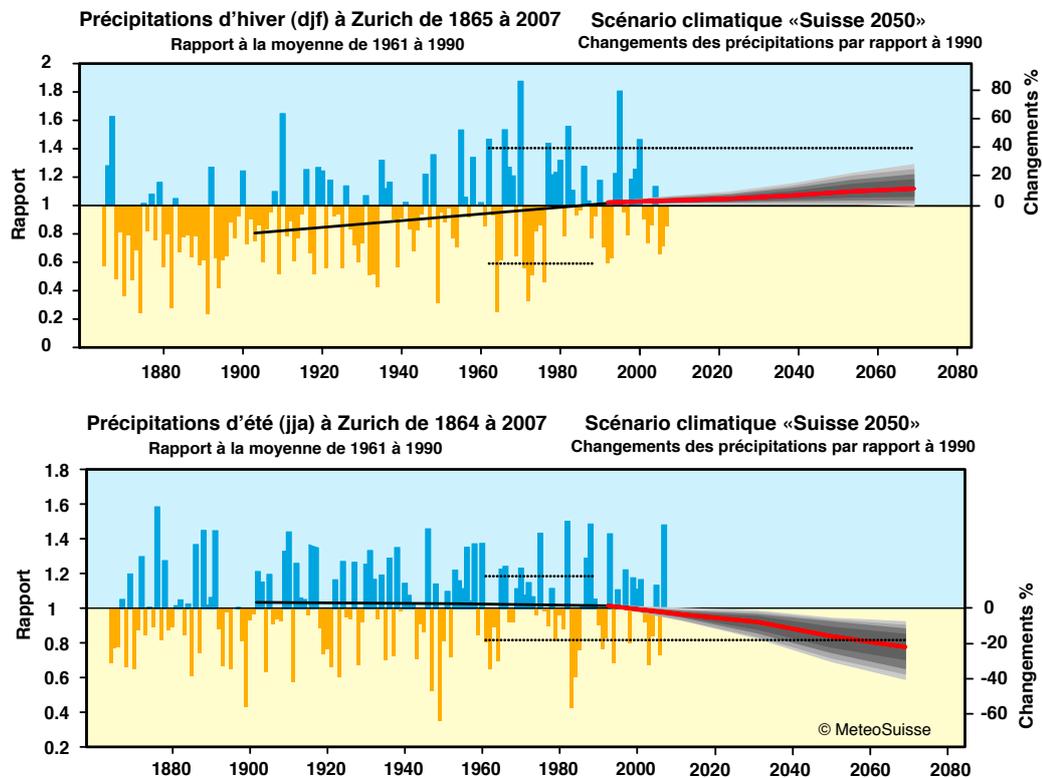


Figure 4: Evolution des précipitations moyennes de 1864 à 2007 (mesures) et jusqu'en 2070 (scénario climatique). Les éléments de la figure sont analogues à la figure 3. Les mesures sont indiquées comme rapports à la norme 1961-1990 (échelle de gauche), le scénario est représenté comme changements en pour cent par rapport à la moyenne de 1980 à 1999 (échelle de droite). (Source: MétéoSuisse, 2008).

sions futures et de la sensibilité climatique globale et régionale. Les fluctuations naturelles annuelles ne sont pas contenues dans les fuseaux (détails voir MétéoSuisse, 2008). A titre de comparaison, les changements attendus à l'avenir sont mis en parallèle avec l'évolution du climat observée à Zurich depuis le début des mesures systématiques en 1864 (Begert et al., 2005).

D'ici 2050, il faut compter en Suisse avec un réchauffement d'env. 2°C en hiver et 2,5°C en été. Mais les incertitudes de cette évolution sont relativement élevées (voir domaine d'incertitude en gris), étant donné que les émissions futures de gaz à effet de serre dépendent de facteurs économiques et technologiques et que le savoir sur les réactions du système climatique est limité pour d'aussi petites régions que la Suisse. En dépit des incertitudes, il est vraisemblable que la température moyenne sortira du domaine caractéristique des fluctuations des températures actuelles (ligne pointillée: écart type pour 1961 à 1990) au cours des prochaines décennies. Quant aux précipitations moyennes, il faut compter qu'elles

augmenteront en Suisse d'environ 8 pour cent en hiver jusqu'en 2050 et diminueront de bien 15 pour cent en été. Les scénarios ne font pas apparaître de grandes différences en termes d'incertitudes entre le nord et le sud des Alpes.

Les changements décrits se poursuivront pendant la seconde moitié du 21^e siècle, à une vitesse qui dépendra encore plus fortement des émissions de gaz à effet de serre des décennies à venir. Si les émissions de gaz à effet de serre ne sont pas limitées, il faut compter, jusqu'en 2100, avec une augmentation des températures d'été de 3,5 à 7°C par rapport à la moyenne de 1980 à 1999. Un réchauffement de 4,5°C signifie qu'un été sur deux atteindrait ou dépasserait la barre de l'été caniculaire 2003 (Schär et al., 2004). Les précipitations moyennes d'été pourraient diminuer de 30% jusqu'en 2100. Les changements climatiques auront un impact aussi sur la fréquence d'événements météorologiques extrêmes. L'ampleur et le caractère des changements différeront selon le lieu et le type d'événement. Les estimations quantitatives sont encore très incertaines. L'état

actuel du savoir rend plausible que les vagues de froid et périodes de gel seront plus rares en Suisse, et les vagues de chaleur et les sécheresses estivales plus fréquentes. Les fortes précipitations devraient augmenter en toutes saisons, sauf en été (Beniston et al., 2007;

Frei et al., 2006; Schär et al., 2004). Pour les autres extrêmes météorologiques, tels que les tempêtes ou la grêle, l'influence des changements climatiques n'est pas encore suffisamment comprise.

3.3 Bibliographie

- Appenzeller, C., Begert, M., Zenklusen, E. and Scherrer, S. C., 2008: Monitoring climate at Jungfrauoch in the high Swiss Alpine region. *Science of the Total Environment* 391, 262–268.
- Begert, M., Schlegel, T. and Kirchhofer, W., 2005: Homogeneous temperature and precipitation series of Switzerland from 1864 to 2000. *Int. J. Climatol.*, 25, 65–80.
- Beniston, M. et al., 2007: Future extreme events in European climate: An exploration of regional climate model projections. *Clim. Change*, doi: 10.1007/s10584-006-9226-z.
- Frei, C., 2006: Die Klimazukunft der Schweiz – eine probabilistische Projektion. Bericht verfügbar unter www.meteoschweiz.ch.
- Frei, C., Schöll, R., Fukutome, S., Schmidli, J., Vidale P.L., 2006: Future change of precipitation extremes in Europe: An intercomparison of scenarios from regional climate models. *J. Geophys. Res.*, 111, D06105, doi:10.1029/2005JD005965.
- IPCC, 2007: Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Luterbacher, J., Liniger, M.A., Menzel, A., Estrella, N., Della-Marta, P.M., Pfister, C., Rutishauser, T. and Xoplaki, E., 2007: Exceptional European warmth of autumn 2006 and winter 2007: Historical context, the underlying dynamics, and its phenological impacts. *Geophys. Res. Lett.*, 34, L12704.
- MeteoSchweiz, 2008: Klimaszenarien für die Schweiz - Ein Statusbericht. *Arbeitsberichte der MeteoSchweiz*, Nr. 218.
- North, N., Kljun, N., Kasser, F., Heldstab, J., Maibach, M., Reutimann, J. und Guyer, M., 2007.: *Klimaänderung in der Schweiz. Indikatoren zu Ursachen, Auswirkungen, Massnahmen.* Umwelt-Zustand Nr. 0728, Bundesamt für Umwelt, Bern, 77 S.
- OcCC, 2007: *Les changements climatiques et la Suisse en 2050 – Conséquences pour l'environnement, la société et l'économie*. ISBN 978-3-907630-26-6, OcCC (Organe consultatif sur les changements climatiques) et ProClim, Bern, Suisse, 172 pp.
- Rebetez, M. and Reinhard, M., 2007: Monthly air temperature trends in Switzerland 1901-2000 and 1975-2004. *Theor. Appl. Climatol.*, DOI 10.1007/s00704-007-0296-2.
- Schär, C., Vidale, P.L., Lüthi, D., Frei, C., Häberli, C., Liniger, M. and Appenzeller, C., 2004: The role of increasing temperature variability in European summer heatwaves. *Nature*, 427, 332–336.
- Scherrer, S.C. and Appenzeller, C., 2004: Trends in Swiss Alpine snow days, the role of local- and large-scale climate variability. *Geophys. Res. Lett.*, 31, L13215.
- Scherrer, S.C., Appenzeller, C. and Liniger, M.A., 2006: Temperature trends in Switzerland and Europe: Implications for climate normals. *Int. J. Climatol.*, 26, 565–580.
- Schmidli, J., Schmutz, C., Frei, C., Wanner, H. and Schär, C., 2002: Mesoscale precipitation variability in the region of the European Alps during the 20th century. *Int. J. Climatol.*, 22, 1049–1074.
- Schmidli, J. and Frei, C., 2005: Trends of heavy precipitation and wet and dry spells in Switzerland during the 20th century. *Int. J. Climatol.* 25, 753–771
- Seiz, G. et Foppa, N., 2007: *Système national d'observation du climat (GCOS Suisse), MétéoSuisse, Zurich et ProClim, Berne*
- Spreafico, M. und Weingartner, R., 2005: *Hydrologie der Schweiz, Berichte des BWG, Serie Wasser, Nr. 7, Bern*

4 Les changements climatiques se font sentir toujours davantage aussi en Suisse

Andreas Fischlin¹ et Wilfried Haeblerli²

¹ Ecologie systémique, Département des sciences de l'environnement, EPF de Zurich

² Glaciologie, géomorphodynamique & géochronologie, Institut de géographie, Université de Zurich

Ce chapitre résume les résultats les plus importants pour la Suisse de la deuxième partie du quatrième rapport du GIEC sur l'état des connaissances (RE4). Cette deuxième partie du RE4 a été réalisée par le groupe de travail II du GIEC, qui a traité des impacts, adaptations et vulnérabilités (IPCC, 2007a, RE4-GTII). Les développements qui suivent recourent en plus à des informations et publications auxquelles le RE4-GTII ne se réfère pas encore.

Les numéros de pages en italique renvoient à des passages du RE4-GTII (IPCC, 2007a), les citations bibliographiques en italique à des travaux sur lesquels le RE4 se base également ou à des chapitres entiers du RE4. Les références bibliographiques ont été choisies principalement en fonction de leur pertinence pour la Suisse.

4.1 Les changements climatiques ont des impacts sur tous les secteurs

Il n'y a guère de domaines qui ne soient pas touchés directement ou indirectement par les effets des changements climatiques. Parmi les effets indirects sur la Suisse, il faut compter notamment les impacts dans les pays voisins, en Europe en général et même dans le monde entier. Par exemple, si des régions côtières sont submergées par les flots et que cela entraîne une vague de réfugiés, même un pays sans littoral comme la Suisse est concerné. Nos connaissances actuelles sur les impacts des changements climatiques se fondent sur des mesures, observations et modélisations au sujet des changements climatiques passés, présents et futurs (voir encadré 1). Toutes les données concernant le futur, qui ont été estimées au moyen de modèles, se basent sur des hypothèses, c'est-à-dire des scénarios sur le comportement humain futur. Les conclusions spéculatives sur des développements futurs auxquels il faut probablement s'attendre sont autant que possible évitées. Au lieu de cela, les auteurs du rapport décrivent les conséquences avec lesquelles il faut compter, selon l'état actuel des connaissances, dans le cas de changements climatiques donnés. L'évolution de changements climatiques futurs causés par l'être humain échappe donc largement à la prévision scientifique. Fort heureusement, cela signifie aussi que nous avons encore en grande partie la possibilité d'aménager notre sort.

Comme Haldane disait: « Nous ne pouvons

pas prédire notre avenir, mais nous pouvons l'inventer!»

Encadré 1: Approches méthodologiques pour saisir les impacts des changements climatiques

Les scientifiques disposent de trois approches méthodologiques pour saisir les relations entre les changements climatiques, leurs impacts et les processus d'adaptation qui en découlent:

- Premièrement, les effets de changements climatiques en cours peuvent être constatés par des mesures et des observations.
- Deuxièmement, nous disposons aujourd'hui de toute une série de méthodes raffinées, telles que les analyses des cercles annuels, de pollens et d'isotopes, qui nous permettent de tirer des conclusions sur des changements climatiques passés et les changements survenus pendant les époques considérées.
- Troisièmement, les connaissances sur les effets, dans le passé, des changements climatiques sur la nature et l'être humain, peuvent entrer dans des modèles. Les conséquences des changements climatiques futurs peuvent être évaluées à l'aide de scénarios, modèles climatiques et modèles d'impacts.

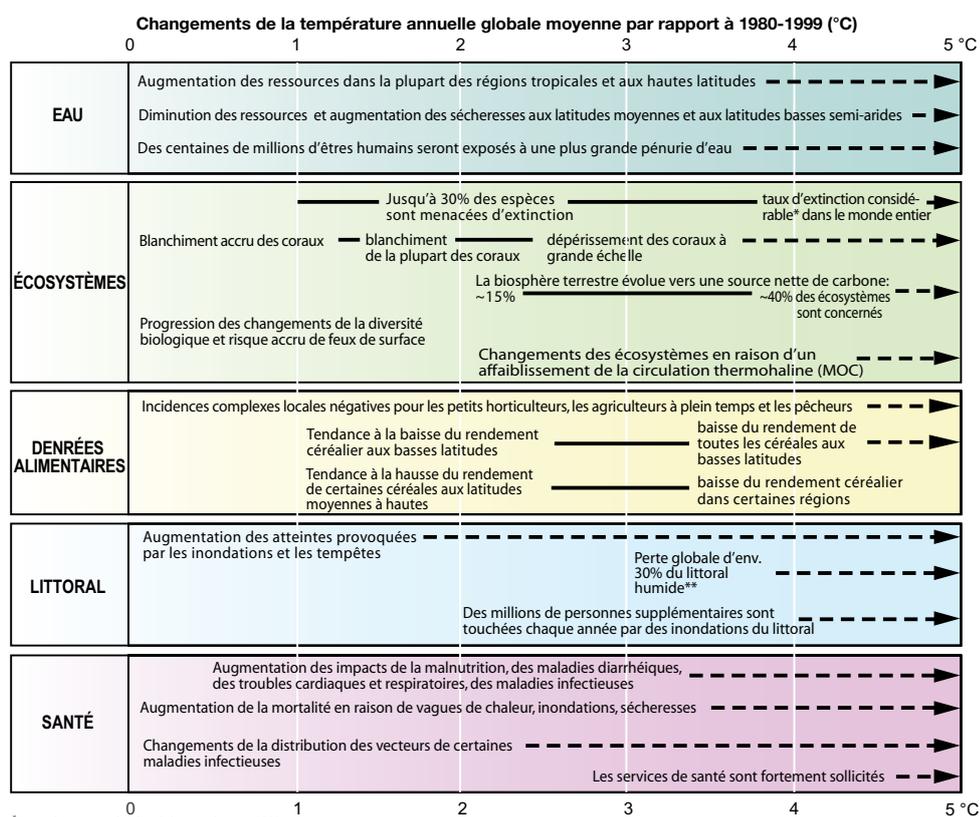
4.1.1 Impacts déjà observés

Une évaluation globale des données depuis 1970 a montré que le réchauffement causé par l'être humain avait déjà eu des impacts perceptibles sur de nombreux systèmes physiques et biologiques. (GIEC, 2007b)

Bien que nombre d'effets des changements climatiques ne surviennent qu'avec retard, une multitude d'études documentent les impacts des changements climatiques encore relativement faibles qui ont eu lieu ces dernières décennies: 29'436 séries de données tirées de 577 études ont été évaluées sur la question de savoir si les changements observés depuis 1970 correspondent aux effets attendus en fonction de l'évolution climatique, notamment de l'augmentation de la température. Une telle

correspondance apparaît dans 94 pour cent des phénomènes abiotiques – dont font partie notamment les glaciers – et 90 pour cent des séries de données biologiques (par exemple le moment de la floraison ou de la maturité végétale) (Rosenzweig et al., 2007). Une partie de ces études provient de Suisse (voir chiffre 4.2 «Neige, glace et pergélisol en haute montagne» et 4.3 «Paysage, agriculture et économie forestière»), cependant le RE4-GTII ne spécifie pas les séries de données suisses individuelle-

Impacts des changements climatiques



* considérable signifie ici supérieur à 40%

** en prenant pour base un taux moyen d'élévation du niveau de la mer de 4,2 mm/an de 2000 à 2080

Changements attendus de la température annuelle globale moyenne en fonction du scénario d'émission, par rapport à 1980-1999 (°C)

cf. encadré «Scénarios» (chapitre 2)

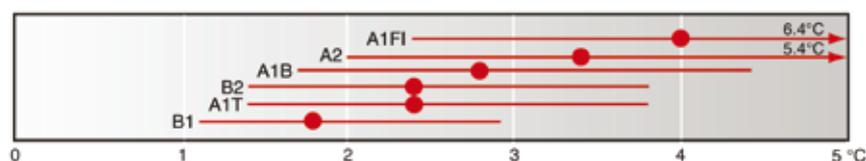


Figure 1: Relations entre le réchauffement moyen de la Terre par rapport à aujourd'hui comme indicateur de changements climatiques et ses principaux impacts sur différents secteurs. A noter qu'aucun des scénarios RSSE d'émission du GIEC mentionnés dans le graphique du bas n'a été privilégié, mais que seuls sont indiquées les relations entre les changements de la température globale moyenne et leurs impacts sans adaptation (tiré de GIEC, 2007c, figure 3.6, p. 51).

ment. Nous savons toutefois, par des études régionales approfondies, par exemple que la tendance des glaciers alpins à disparaître et à se désagréger s'est nettement accélérée (p. 86, 551); depuis leur maximum historique, aux environs de 1850, les glaciers alpins ont perdu jusqu'en 1980 chaque année environ 0,5 pour cent de leur volume. Entre 1980 et 2000, les pertes ont passé à quelque 1 pour cent par an et ont augmenté depuis jusqu'à 2 à 3 pour cent. La perte de glace dans les Alpes pendant l'été extrême de 2003 est estimée à 8 pour cent (5 à 10 pour cent) (Haeberli et al., 2007). Elle a conduit à la disparition des névés de quelques glaciers petits et moyens. Des dépôts de poussière ont en outre assombri les surfaces de glace qui ont subsisté. Du fait de la réduction du pouvoir de réflexion qui s'en est suivie, la fonte s'est intensifiée par rapport à la période antérieure à 2003. Pendant l'été extrême de 2003, lorsque de l'eau a commencé à s'écouler de flancs de rochers où la neige avait complètement fondu et que les éboulements se sont multipliés en dépit d'un

temps très sec, le phénomène du pergélisol et les problèmes de stabilité qui lui sont liés en haute montagne sont devenus perceptibles à beaucoup (pp. 86, 228, 551). Selon des observations effectuées au niveau européen dans des forages dans le pergélisol de haute montagne, l'augmentation de la température atmosphérique au 20^e siècle a entraîné déjà un réchauffement notable des flancs des montagnes jusqu'à une profondeur de quelque 60 à 70 mètres (Harris et al., 2003).

Certaines observations sont importantes pour l'agriculture suisse: rien qu'entre 1951 et 1998, la période de végétation s'est prolongée de façon significative de 2,7 jours par décennie, au total donc de presque deux semaines; et pour de nombreuses plantes, le moment du bourgeonnement et de la floraison est avancé de 11,5 jours (pp. 99-101). Tous ces changements, pour lesquels une accélération est observée ces dernières années, correspondent à peu près à la tendance moyenne européenne (p. 99, tableau 1.7, p. 100, tableau 1.8).

4.1.2 Impacts futurs

Des informations plus précises sur la nature des impacts futurs sont maintenant disponibles pour une large palette de systèmes et de secteurs, y compris pour quelques domaines qui n'avaient pas été pris en compte dans les évaluations antérieures. Ces impacts se modifieront très probablement du fait des changements affectant la fréquence et l'intensité d'événements extrêmes météorologiques, climatiques et relatifs au niveau de la mer. Certains événements climatiques à grande échelle ont le potentiel de causer des impacts de très grande ampleur, ce pourrait être le cas notamment après le 21^e siècle. Les impacts des changements climatiques différeront d'une région à l'autre. Il est néanmoins très probable qu'ajoutées les unes aux autres et actualisées, elles causeront des coûts nets annuels qui ne cesseront d'augmenter au fur et à mesure que la température globale augmentera. (GIEC, 2007b)

Le GIEC a élaboré une série d'évolutions possibles de la société humaine sous la forme de scénarios détaillés (p. 133-171). Ces scénarios RSSE décrivent entre autres des émissions futures imaginables de gaz à effet de serre et se distinguent nettement les uns des autres quant à leurs effets sur le climat. Le RE4-GTII prend en compte pour la première fois un grand nombre d'études qui ont examiné de façon approfondie les impacts de cette palette de changements climatiques, indépendamment de savoir s'ils sont à considérer du point de vue humain comme plutôt négatifs ou plutôt positifs. Vu qu'aucun des scénarios ne peut être privilégié comme étant plus probable que les autres, le RE4-GTII donne peu

d'indications sur des incidences définies auxquelles il faudrait s'attendre. Au lieu de cela, il aboutit à la conclusion centrale suivante: les impacts négatifs l'emportent d'autant plus sur les positifs que les changements climatiques, caractérisés par le réchauffement global moyen, sont plus prononcés (fig. 1). Ceci vaut aussi pour la Suisse. Il est toutefois intéressant de constater que les différences entre les scénarios d'émission, et donc aussi entre les conséquences de ces derniers, ne seront que peu marquées jusque vers le milieu du siècle. Vers la fin du siècle en revanche, des différences notables se manifesteront. Pour le scénario A2, les modélisations (p. 52, figure TS.13) prévoient une Suisse où un été

sur deux sera aussi ou même plus chaud que l'été 2003 (fig. 2 ; pp. 562, 845-849).

Un tel climat toucherait la Suisse dans pratiquement tous les domaines vitaux.

Changements des températures d'été

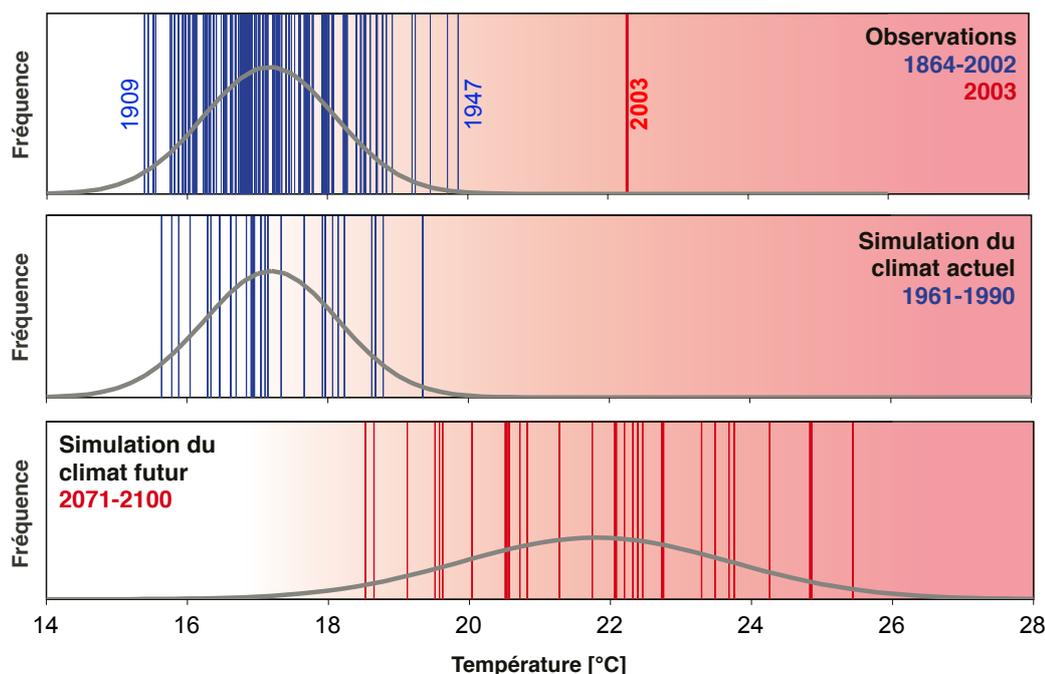


Figure 2: En haut: températures moyennes observées en été (jja) sur le Plateau suisse. Au milieu/en bas: modélisation du climat passé (au milieu) et projection pour le climat futur selon le scénario RSSE A2 du GIEC (en bas). Les températures de l'été 2003 paraissent extrêmes par rapport au climat qui a régné jusqu'ici (en haut), mais deviennent le cas normal selon les hypothèses du scénario (en bas – d'après p. 52, figure TS.13, Schär et al., 2004).

4.2 Neige, glace et pergélisol en haute montagne

L'étendue de la neige et de la glace diminue dans les régions polaires et en haute montagne. Ceci a des conséquences qui prennent toujours plus d'importance pour la Suisse: fonte des neiges plus précoce, recul des glaciers, réchauffement du pergélisol dans les flancs raides et diminution de l'écoulement d'eau de fonte en été.

Il y a toujours moins de neige et de glace dans les régions polaires et en haute montagne (Lemke et al., 2007; cf. à ce sujet aussi le volumineux rapport du PNUE, paru récemment, 2007). Les impacts sur l'être humain et l'environnement sont déjà perceptibles. Des conséquences particulièrement significatives pour la Suisse sont la fonte des neiges plus précoce, le recul des glaciers, le réchauffement du pergélisol dans les flancs raides et la diminution de l'écoulement d'eau de fonte en été. La neige influe sur l'échange d'énergie entre l'atmosphère et la surface du globe; mais comme elle dépend de phénomènes météorologiques qui se déroulent dans le court terme, elle est une composante difficile à saisir. L'incertitude relative à la future couverture neigeuse complique

aussi l'évaluation de l'évolution des glaciers et du pergélisol. Le recours combiné aux images satellitaires, aux données topographiques digitalisées, aux modèles numériques et à un monitoring bien ciblé permet néanmoins des interprétations et évaluations toujours plus fiables.

Les modélisations ne laissent aucun doute sur le fait qu'une grande partie de la surface des glaciers alpins (env. 75%) pourrait disparaître d'ici le milieu du 21^e siècle (Zemp et al., 2006). Même selon les scénarios les plus optimistes, à peine plus de la moitié du volume actuel des glaciers peut être sauvé (fig. 3).

Les modèles du pergélisol applicables à la topographie complexe des sommets alpins mettent en évidence la spécificité des proces-

sus à haute altitude: les parties supérieures des montagnes sont découplées dans une large mesure du flux géothermique et laissent la chaleur de l'atmosphère pénétrer de plusieurs côtés. Contrairement aux glaciers, le pergélisol ne disparaît que très lentement. Le réchauffement progressif représente cependant une menace grandissante, et à long terme critique, pour la stabilité des flancs raides gelés (Gruber & Haeberli, 2007). Sont concernés d'abord les flancs situés à relativement basse altitude, à plus longue échéance aussi ceux à plus grande hauteur. La couverture neigeuse joue un rôle déterminant pour les éboulis et moraines gelés de faible pente, en ce sens qu'elle les isole contre le froid en hiver: l'évolution dans de tels sites est beau-

coup moins claire, car ces derniers hivers ont été plutôt pauvres en neige et, malgré des températures de l'air élevées, relativement froids pour le sous-sol. Cependant, si les précipitations d'hiver s'intensifient, comme attendu en raison des changements climatiques, et tombent en ces endroits sous forme de neige, ceci aura des effets plutôt défavorables sur le pergélisol.

Il n'y a guère de doutes sur les conséquences de tous ces développements (Haeberli & Hohmann, 2008): le paysage de haute montagne change avec le déclin des glaciers, et la disparition des névés étincelants est aussi celle d'un symbole chargé d'émotion, renvoyant à un environnement intact. Les glaciers s'amenuisant, ils tendront à la longue

Modification de l'aire des glaciers alpins

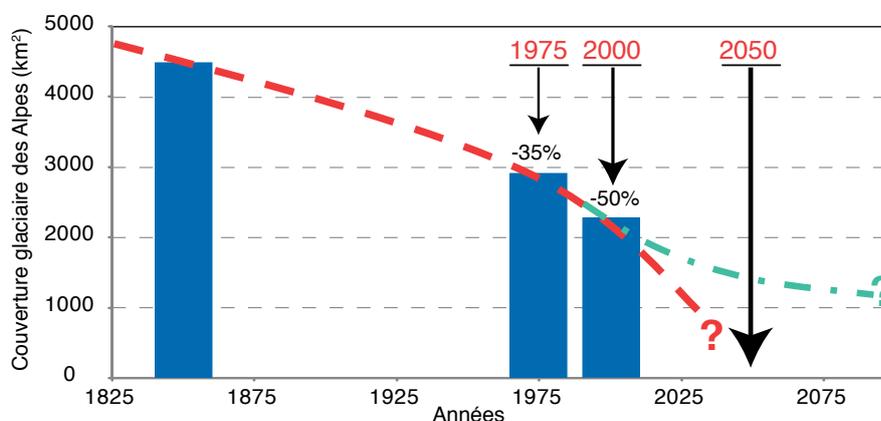


Figure 3: Le glacier de Tschierwa et ses moraines du 19^e siècle («petit âge glaciaire») et l'avenir des glaciers des Alpes: l'évolution de la surface totale estimée des glaciers alpins indique que le processus de fonte s'est déjà fortement accéléré et que son déroulement au cours des premières décennies du 21^e siècle pourrait être dans une large mesure et pour longtemps irréversible. Données et extrapolations d'après Zemp et al. (2006) et Haeberli et al. (2007).

à tarir comme ressource d'eau de fonte, ce qui, ajouté à la fonte plus précoce des neiges, réduira très fortement le débit des cours d'eau des Alpes pendant les été secs. Le recul des grands glaciers de vallée et le réchauffement en profondeur des flancs de montagne gelés rendront de grands éboulements toujours plus probables. Aujourd'hui déjà, des éboulements de plus d'un million de mètres cube, dont la trajectoire descend bien au-dessous de la limite des forêts, se produisent toutes les quelques années. Des événements de ce genre pourraient devenir particulièrement dangereux en relation avec des lacs artificiels et naturels. De nouveaux lacs se forment aujourd'hui déjà ou le feront dans un proche avenir auprès de différents glaciers (par exem-

ple ceux de Trift, de Grindelwald, du Rhône, de l'Aletsch, de la Plaine-Morte et du Gorner). Depuis la catastrophe de Mattmark, en 1965, des efforts de recherche soutenus et systématiques ont permis de développer en Suisse des concepts d'avenir et des technologies ultramodernes pour faire face à de tels dangers naturels (p. 86). Le pergélisol a donné lieu à l'élaboration d'un modèle sur ordinateur au 1:50'000 de la répartition de cet état du terrain dans les Alpes suisses et à suscité l'installation du réseau PERMOS de mesure à long terme. Le réseau de mesure des glaciers est en train d'être renforcé par l'intégration des technologies clés modernes de l'observation par satellite et de la géoinformatique.

4.3 Paysage, agriculture et économie forestière

Le réchauffement climatique provoquera des déplacements de nombreuses plantes et animaux. Il s'ensuivra des changements profonds de la faune et de la flore. Des paysages familiers disparaîtront et feront place à de nouveaux, étrangers à la Suisse d'aujourd'hui.

La température et les précipitations ont de tous temps façonné les paysages de la Suisse. A l'avenir aussi, elles continueront de les marquer de leur empreinte, en dépit des fortes interventions humaines dans le paysage. Le réchauffement provoquera d'une part le déplacement de nombreuses plantes et animaux (cf. p.ex. Pauli et al., 2007). Cependant, nombre d'organismes réagissent différemment aux mêmes changements climatiques. Il devrait s'ensuivre de profondes modifications de la composition de la végétation ainsi que, par connexité, du monde animal (cf. p.ex. Fischlin et al., 2007). Des paysages de montagne familiers disparaîtront, du fait que sur les plus hauts sommets, les biotopes rétréciront et disparaîtront en partie complètement. De nouveaux paysages se formeront (p. 232), étrangers à la Suisse d'aujourd'hui. Des modélisations montrent par exemple que les forêts subalpines de mélèzes et d'aroles perdront leur biotope dans les Alpes si l'on ne met pas résolument un frein aux changements climatiques (Fischlin & Gyalistras, 1997). La diversité biologique, qui a trouvé refuge au cours du siècle dernier dans les régions de montagne, devrait aussi être fortement touchée: des premières estimations quantitatives pour l'arc alpin européen chiffrent un risque d'extinction accru qui pourrait atteindre 60 pour cent si les changements climatiques ne sont pas réfrénés (pp. 543, 551). Un changement profond de la végétation ne modifie toutefois pas seulement

le paysage, mais a aussi des impacts sur les conditions hydrologiques (pp. 182, 183, 228, 232, 550, 556), avec les conséquences que l'on sait sur la stabilité des pentes, les ressources en eau et l'écoulement.

L'agriculture suisse profitera, dans un premier temps, de rendements plus élevés (Easterling et al., 2007), quand bien même la productivité est maintenant déjà en train de baisser dans des pays méditerranéens voisins, comme la France et l'Italie. Des sécheresses de longue durée entraînent de façon générale une baisse des rendements (Fischlin et al., 2007) et, partant, une diminution des revenus. Celle-ci a été considérable pendant l'été caniculaire 2003: en Italie, la récolte de maïs a été de 36 pour cent inférieure; en France, le recul enregistré a été de 30 pour cent dans les grandes cultures et de 25 pour cent dans les cultures fruitières. Les revenus viticoles aussi ont été les plus bas de la décennie. Les pertes se sont montées au total à 13 milliards d'euros (p. 277, Box 5.1). L'irrigation aidera dans un premier temps à neutraliser ces tendances. A long terme toutefois, si les changements climatiques ne sont pas freinés, la production agricole sera entravée aussi en Suisse (p.ex. pp. 217, 228, 846), notamment si les ressources en eau se font rares pendant la période de végétation en raison de la fonte des neiges plus précoce et du recul des glaciers (fig. 3). L'augmentation de la variabilité (fig. 2) posera également un défi

aux agriculteurs suisses et mettra en danger la sécurité de leur revenu. Une situation semblable devrait se présenter dans l'économie forestière: dans un premier temps, les changements climatiques attendus devraient avoir pour effet, surtout en montagne, d'accroître le rendement. Mais en cas de changements climatiques rapides, la situation se renversera ici aussi. En outre, non seulement les profondes modifications de la composition de nos forêts, mais aussi la fréquence croissante des incen-

dies qui se dessine dans nombre de pays méridionaux (Alcamo *et al.*, 2007) devrait prendre une grande importance aussi en Suisse (pp. 217, 552). Certains insectes qui aiment la chaleur et la sécheresse, comme par exemple le bostryche, devraient devenir un problème croissant dans nos forêts. Dans quelle mesure les forêts pourront encore remplir leur fonction de protection – notamment en montagne – n'a guère été étudié et doit donc être considéré comme incertain.

4.4 Tourisme et infrastructures

La diminution de la couverture neigeuse aura des impacts négatifs sur le tourisme d'hiver, spécialement pour les stations de basse altitude. La diversification de l'offre prend toujours plus d'importance pour elles. Les infrastructures en région de montagne sont toujours plus menacées par des événements extrêmes (laves torrentielles, inondations).

De 1975 à 1999, la couverture neigeuse moyenne a diminué en Suisse de 50 pour cent au-dessus de 440 mètres, de 15 pour cent au-dessus de 2200 mètres (pp. 56, 86). Il faut s'attendre notamment à des perturbations importantes des conditions d'enneigement au début et à la fin de la saison

des sports d'hiver (pp. 111, 368, 557). Par exemple, si la température minimale d'hiver augmentait de 2°C, la durée d'enneigement au Säntis (2500 mètres) se raccourcirait de cinquante jours dans l'hypothèse qu'il n'y ait pas de modifications du régime des précipitations, et de trente jours



Figure 4: L'augmentation de la surface libre de neige en été pose, elle aussi, des problèmes techniques et d'exploitation à la branche du tourisme. En outre, les glaciers s'amenuisant, les paysages de haute montagne perdent de leur attrait. La photo montre le névé du Gurschen (au Gemsstock) recouvert artificiellement pour réduire la fonte de la neige sur l'accès à la piste de ski sur le glacier (Andermatt, canton d'Uri) (Photo Max Maisch, 2006).

en cas d'augmentation des précipitations de 50 pour cent (p. 557). En Autriche, à des altitudes sensibles (600 mètres en hiver, 1400 mètres au printemps), il s'ensuit un raccourcissement de la saison du ski de quatre semaines pendant la haute saison et de six semaines au printemps par degré de réchauffement (p. 551). Ce qui signifie une dégradation des conditions d'enneigement, vu que la limite moyenne des chutes de neige s'élève d'environ 100 à 150 mètres par degré de réchauffement. En comparaison européenne, la Suisse a un avantage de concurrence grâce à des domaines skiables situés à plus haute altitude. En dépit de conditions d'enneigement relativement bonnes dans les domaines skiables, l'absence d'une ambiance d'hiver en plaine et dans les lieux de vacances aura néanmoins, selon toute probabilité, des effets négatifs sur les sports d'hiver (Abegg et al., 2007).

Il ne fait guère de doute que les événements extrêmes aussi revêtent une grande importance pour la population indigène de même que pour le tourisme: en conséquence de la hausse des températures d'été, le pergélisol dégèle, ce qui conduit à des chutes de pierres plus fréquentes et à une augmentation des éboulements en haute montagne (p. 86, *tableau 1.2*). Des questions d'assurances devraient également avoir une grande portée. Les coûts d'un événement millénaire sont en général bien plus élevés (disons 2,5 fois plus élevés) que ceux d'un événement centennal. Il apparaît que lors de rafales de tempête, les dommages couverts par les assurances augmentent proportionnellement à la

puissance 3 de la vitesse maximale du vent (p. 557).

Les sports d'hiver en Suisse, mais aussi en Autriche, France et Italie, essaieront de s'adapter aussi longtemps que possible aux changements des conditions climatiques, d'abord en se déplaçant vers des zones de plus haute altitude, en recourant davantage aux canons à neige, en investissant dans un entretien coûteux des pistes et en recouvrant les surfaces de glace avec des bâches qui réfléchissent la lumière du soleil (p. 722). Mais si aucun frein n'est mis aux changements climatiques, toutes ces mesures ne remédieront que passagèrement à la situation. A ceci s'ajoute que le paysage alpin, en été surtout, perd de son attrait en raison du recul des glaciers (fig. 4). La diversification de la branche du tourisme vers de nouveaux domaines sera inévitable, en particulier aux basses altitudes (p. 722). Cette diversification sera nécessaire déjà à moyen terme, comme le montrent des études sur le tourisme suisse en 2030 (Müller & Weber, 2008). Pour garantir en montagne la sécurité des gens, des investissements considérables dans la protection contre les événements extrêmes seront indispensables. Ils devront protéger les habitants contre des fortes précipitations plus fréquentes, le dégel du pergélisol, l'amenuisement des glaciers et la déstabilisation qui s'ensuit de matériaux éboulés, les avalanches, les laves torrentielles (comme par exemple à Pontresina), les torrents et les crues (p. 721).

4.5 Branches économiques choisies

Le réchauffement, et en particulier le changement du régime des précipitations, auront des impacts sur la plupart des branches de l'économie. Des adaptations, en partie profondes, seront toujours davantage nécessaires dans de nombreux secteurs, par exemple dans la production d'énergie ou dans les bâtiments et infrastructures.

Un bas niveau des cours d'eaux et des températures de l'eau plus hautes ont pour conséquence que des centrales au fil de l'eau ou des centrales thermiques qui ont besoin d'eau de refroidissement produisent moins d'électricité (pp. 556, 561). En été 2003, six centrales ont par exemple dû être arrêtées en Europe, et la production d'électricité de notre voisine la France a été réduite de 30 pour cent (pp. 362, 846). La centrale nucléaire de Beznau, refroidie par la rivière, a subi aussi des pertes de production.

Une incidence positive est en revanche la diminution du besoin d'énergie pour le chauffage des bâtiments en hiver: en Suisse, ce besoin pourrait baisser de jusqu'à 40 pour

cent d'ici 2100 (p. 556). L'accroissement du besoin de réfrigération en été ne change rien à cet effet positif (OcCC, 2007).

L'augmentation des événements extrêmes rendra les dommages aux infrastructures et aux bâtiments plus probables. Ceci nécessite des adaptations dans la branche des assurances et dans le bâtiment (OcCC, 2007). Des adaptations seront nécessaires pour toutes les infrastructures directement touchées par les changements climatiques, comme p.ex. les constructions dépendant du pergélisol ou subissant les effets d'une augmentation des précipitations.

4.6 Santé humaine

Les changements climatiques menacent la santé de millions d'êtres humains indirectement, par la sous-alimentation et la pénurie d'eau propre ainsi que par l'augmentation des vagues de chaleur et des événements extrêmes. Ceci est le cas surtout pour les sujets qui ont peu de possibilités d'adaptation, tels que les enfants et les personnes âgées. Des modifications de la répartition d'organismes vecteurs de maladies (moustiques, tiques) entraînent également des problèmes sanitaires.

Les changements climatiques auront aussi des impacts sur la santé humaine. Les conséquences de la vague de chaleur de 2003, qui a causé en Europe au moins trente-cinq mille décès supplémentaires (p. 557), sont largement connues. En Suisse aussi, la mortalité a augmenté de 7 pour cent à la suite de l'été caniculaire 2003 (p. 397, tableau 8.1, p. 847). Des événements extrêmes, tels que des inondations (fig. 5), incendies, vagues de chaleur et – avec un moindre degré de certitude – des ouragans, peuvent nuire à la santé des personnes touchées (p. 12). Naturellement, de telles crises seront peu à peu mieux maîtrisées à l'avenir par des adaptations des infrastructures et des changements de comportement. Il faut espérer que le nombre des décès «inutiles» se réduise à l'avenir. Un climat plus chaud a heureusement aussi pour effet d'abaisser le nombre de décès dus au froid. Cela ne permet toutefois pas de dégager un bilan positif, sauf dans des pays qui sont peu habitués au froid ou qui, pour

des raisons socio-économiques, ne peuvent pas protéger suffisamment leur population contre le froid (Confalonieri et al., 2007).

Mais un climat plus chaud peut aussi avoir des conséquences indirectes pour la santé humaine. En particulier, la diffusion de maladies et d'organismes vecteurs de maladies, tels que les moustiques et les tiques, peut être influencée par les changements climatiques. Une politique de santé publique bien ciblée devrait permettre, en Suisse notamment, d'éviter des conséquences négatives importantes. Il ne faut toutefois pas oublier qu'en dehors des riches pays industrialisés les conséquences sanitaires des changements climatiques sont considérées par le RE4-GTII au total comme extrêmement négatives, et au plus haut degré inquiétantes si le réchauffement se poursuit (p. 393). Ceci aura aussi des conséquences indirectes pour la Suisse. Les riches pays industrialisés, et parmi eux la Suisse, ont une responsabilité particulière sur le plan humanitaire et éthique.



Figure 5: Les événements extrêmes ne causent pas seulement d'importants dommages matériels, ils représentent aussi un danger pour la santé humaine, notamment lorsque leurs impacts surviennent par surprise. (Photo: le quartier de la Matte, à Berne, sous les eaux; C. Kull, 2005)

4.7 Conclusions

Bien que le RE4-GTII ne puisse fournir que de façon limitée des données spécifiques sur la Suisse, il permet de se faire une image claire de la situation: la Suisse n'est nullement épargnée par les impacts des changements climatiques. Dans l'état actuel des connaissances, ce qui est valable pour la planète, l'est aussi pour la Suisse: plus il fera chaud, plus les conséquences négatives prédomineront. A certains égards, la Suisse ne semble pas être plus sensible que les Etats voisins et le reste de l'Europe. Du fait de l'altitude, elle a même en partie (par exemple tourisme d'été, précipitations suffisantes en hiver) un avantage de concurrence. Malgré tout, elle se voit confrontée, en tant que pays alpin, à des défis particuliers. A part les impacts évidents sur le tourisme, l'économie hydraulique, agricole, forestière et énergétique, il ne faut pas oublier que les laborieux processus d'adaptation occasionnés par les changements climatiques sont accompagnés d'une longue phase d'instabilité qui conduira à davantage de catastrophes naturelles, en particulier en région de montagne. Aussi faudra-t-il consentir des investissements importants, coûteux et de longue durée dans les infrastructures, par exemple pour des aménagements hydrauliques, des installations de régulation des eaux pour les glaciers, la construction de nouvelles centrales électriques ou des mesures de stabilisation des pentes. Des investissements sont nécessaires aussi dans le secteur de l'agriculture et de l'économie forestière et pour de nombreuses autres infrastructures (parc immobilier, transports, approvisionnement énergétique, gestion des catastrophes). Il ne faut pas oublier non plus que la Suisse n'est pas seule concernée: en tant que petit pays sans grandes ressources naturelles, elle est touchée aussi indirectement par les changements climatiques.

C'est pourquoi notre pays a besoin d'une protection climatique efficace. Mais bien entendu, il ne peut pas la constituer seul, mais dépend à cet égard d'une coopération mondiale. Dans ce contexte, il est important de voir que les impacts des changements climatiques ne peuvent pas se concevoir sans rétroactions sur le climat. Le RE4-GTII met en évidence qu'à partir d'un certain degré de réchauffement, les impacts de ce dernier comportent des risques particuliers, notamment lorsqu'ils exercent une rétroaction qui accélère les changements climatiques. De telles rétroactions positives sont par exemple la diminution de la fonction de puits des

forêts ou des océans. Ici aussi, le risque de mécanismes d'auto-amplification augmente avec la température. Il ressort des tentatives d'évaluation quantitative de tels mécanismes que le risque de voir les écosystèmes terrestres devenir une source nette de CO₂ est déjà considérable à partir d'un réchauffement global moyen de 2,5°C (pp. 11, 213, 240, figure 4.4, p. 242, tableau 4.1).

A un certain degré, des changements climatiques sont déjà inévitables (cf. chiffre 3.1). Ceci concerne particulièrement la Suisse, puisqu'il est apparu jusqu'ici que le réchauffement moyen est environ deux fois plus fort en Suisse qu'en moyenne mondiale. Il est donc du propre intérêt de la Suisse non seulement de s'adapter aux changements climatiques, mais aussi de poursuivre en parallèle une stratégie de protection efficace du climat, pour se prémunir contre les conséquences aussi bien directes qu'indirectes, la plupart négatives, des changements climatiques. De cette façon, il sera possible de limiter les dépenses pour s'adapter aux nouvelles conditions et d'éviter les impacts fatals de changements climatiques drastiques. Dans ce contexte, il convient surtout de prendre en considération que la science en sait d'autant moins sur les impacts des changements climatiques que nous nous éloignons davantage du climat relativement bien étudié qui nous est familier et ne s'est modifié qu'imperceptiblement au cours des siècles. Ceci vaut en particulier pour les effets d'auto-accelération. Beaucoup de savoir empirique, dont notre actuelle société profite substantiellement en de nombreux secteurs, p.ex. dans l'agriculture, l'économie forestière ou le tourisme, menace de devenir obsolète. Dans quelle mesure la science et l'éducation pourront créer assez rapidement le savoir de substitution nécessaire n'est pas du tout clair. Il est manifeste en revanche que notre compréhension actuelle du fonctionnement du système climatique est devenue solide. Au vu de cela, ce qui reste encore de non-savoir doit être considéré plutôt comme risque supplémentaire que comme justification pour ne rien faire.

4.8 Bibliographie

- Abegg, B., Agrawala, S., Crick, F. and De Montfalcon, A., 2007: Climate change impacts and adaptation in winter tourism. In: Agrawala, S. (ed.), *Climate change in the European Alps: adapting winter tourism and natural hazards management*. OECD - Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris, France, pp. 25-60.
- Alcamo, J., Moreno, J.M., Nováky, B., Bindi, M., Corobov, R., Devoy, R.J.N., Giannakopoulos, C., Martin, E., Olesen, J.E. and Shvidenko, A., 2007: Europe. In: Parry, M.L., Canziani, O.F., Palutikof, J.P., van der Linden, P.J. & Hanson, C.E. (eds.), *Climate change 2007: Impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel of Climate Change (IPCC)*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp. 541–580.
- Confalonieri, U., Menne, B., Akhtar, R., Ebi, K.L., Hauengue, M., Kovats, R.S., Revich, B. and Woodward, A., 2007: Human health. In: Parry, M.L., Canziani, O.F., Palutikof, J.P., van der Linden, P.J. & Hanson, C.E. (eds.), *Climate change 2007: Impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel of Climate Change (IPCC)*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp. 391–431.
- Easterling, W.E., Aggarwal, P.K., Batima, P., Brander, K.M., Erda, L., Howden, S.M., Kirilenko, A., Morton, J., Soussana, J.F., Schmidhuber, J. and Tubiello, F.N., 2007: Food, fibre and forest products. In: Parry, M.L., Canziani, O.F., Palutikof, J.P., van der Linden, P.J. & Hanson, C.E. (eds.), *Climate change 2007: Impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel of Climate Change (IPCC)*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp. 273–313.
- Fischlin, A. and Gyalistras, D., 1997: Assessing impacts of climatic change on forests in the Alps. *Global Ecol. Biogeogr. Lett.*, 6(1): 19–37.
- Fischlin, A., Midgley, G.F., Price, J.T., Leemans, R., Gopal, B., Turley, C., Rounsevell, M.D.A., Dube, O.P., Tarazona, J. and Velichko, A.A., 2007: Ecosystems, their properties, goods and services. In: Parry, M.L., Canziani, O.F., Palutikof, J.P., van der Linden, P.J. & Hanson, C.E. (eds.), *Climate change 2007: Impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel of Climate Change (IPCC)*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp. 211–272.
- Gruber, S. and Haeberli, W., 2007: Permafrost in steep bedrock slopes and its temperature-related destabilization following climate change. *J. Geophys. Res. F*, 112(F2): F02S18., doi: 10.1029/2006jf000547.
- Haeberli, W., Hoelzle, M., Paul, F. and Zemp, M., 2007: as key indicators of global climate change: the European Alps. *Ann. Glaciol.*, 46: 150–160.
- Harris, C., Vonder Mühll, D., Isaksen, K., Haeberli, W., Sollid, J.L., King, L., Holmlund, P., Dramis, F., Guglielmin, M. and Palacios, D., 2003: Warming permafrost in European mountains. *Global Planet. Change*, 39(3–4): 215–225.
- IPCC, 2007a.: *Climate change 2007: Impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*. In: Parry, M.L., Canziani, O.F., Palutikof, J.P., van der Linden, P.J. & Hanson, C.E. (eds.) Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp. vii, 973.
- IPCC, 2007b: Summary for policymakers. In: Parry, M.L., Canziani, O.F., Palutikof, J.P., van der Linden, P.J. & Hanson, C.E. (eds.), *Climate change 2007: Impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel of Climate Change (IPCC)*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp. 7–22.
- IPCC, 2007c: Synthesis Report of the IPCC Fourth Assessment Report. In: Metz, B., Davidson, O.R., Bosch, P.R., Dave, R. & Meyer, L.A. (eds.) Cambridge University Press, Cambridge, UK, p. 52.
- Lehmke, P., Ren, J., Alley, R.B., Allison, I., Carrasco, J., Flato, G., Fujii, Y., Kaser, G., Mote, P., Thomas, R.H. and Zhang, T., 2007: Observations: changes in snow, ice and frozen ground. In: Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K.B., Tignor, M. & Miller, H.L. (eds.), *Climate change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 337–383.
- Müller, H. and Weber, F., 2008: 2030: Der Schweizer Tourismus im Klimawandel. Schweiz Tourismus, Zürich.
- OcCC, 2007: *Les changements climatiques et la Suisse en 2050 – Conséquences pour l'environnement, la société et l'économie*. ISBN 978-3-907630-26-6, OcCC (Organe consultatif sur les changements climatiques) et ProClim, Bern, Switzerland, 172 pp.
- Pauli, H., Gottfried, M., Reiter, K., Klettner, C. and Grabherr, G., 2007: Signals of range expansions and contractions of vascular plants in the high Alps: observations (1994–2004) at the GLORIA* master site Schrankogel, Tyrol, Austria. *Global Change Biol.*, 13(1): 147–156.
- Rosenzweig, C., Casassa, G., Karoly, D.J., Imeson, A., Liu, C., Menzel, A., Rawlins, S., Root, T.L., Seguin, B. and Tryjanowski, P., 2007: Assessment of observed changes and responses in natural and managed systems. In: Parry, M.L., Canziani, O.F., Palutikof, J.P., van der Linden, P.J. & Hanson,

- C.E. (eds.), *Climate change 2007: Impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel of Climate Change (IPCC)*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp. 79–131.
- Schär, C., Vidale, P.L., Lüthi, D., Frei, C., Häberli, C., Liniger, M.A. and Appenzeller, C., 2004: The role of increasing temperature variability in European summer heatwaves. *Nature*, 427(6972): 332-336.
- UNEP, 2007: *Global outlook for ice and snow*. UNEP Job No: DEW/0924/NA, ISBN 978-92-807-2799-9, Division of Early Warning and Assessment (DEWA), United Nations Environment Programme, Nairobi, Kenya, 238 pp.
- Zemp, M., Haeberli, W., Hoelzle, M. and Paul, F., 2006: Alpine glaciers to disappear within decades? *Geophys. Res. Lett.*, 33(13): L13504, doi:10.1029/2006GL026319.

5 Réduction des changements climatiques

Lucas Bretschger, Hannes Egli et Therese Werner

CER-ETH Center of Economic Research de l'EPF de Zurich

La troisième partie du quatrième rapport du GIEC sur l'état des connaissances (RE4) traite des potentiels et coûts d'atténuation des changements climatiques. Des études recourant à différentes méthodes parviennent à la conclusion qu'il existe, moyennant des prix plus élevés des émissions de CO₂ ou d'équivalents de CO₂, des potentiels économiques substantiels de réduction des émissions de gaz à effet de serre. Que ceux-ci n'aient pas été exploités jusqu'ici est attesté par l'augmentation massive des émissions mondiales (fig. 1, graphique inséré). En comparaison internationale, la Suisse se situe dans le champ moyen des pays industrialisés (fig. 1). Elle est même en bonne position (peu d'industrie, pas de centrales à combustible fossile) si seules les émissions d'origine indigène sont considérées. Notre économie axée sur les services importe cependant une part considérable de biens. Les émissions qui leur sont associées doivent être prises en compte correctement dans la comparaison par pays et par habitant. Des réductions des émissions sont impératives et partout possibles. Le potentiel économique indique la réduction de gaz à effet de serre qui peut être obtenue par des mécanismes de marché et des mesures politiques de soutien pour un prix donné du CO₂. Les estimations des coûts de réduction en 2030 se situent entre 0,2 et 2,5 pour cent du produit intérieur brut.

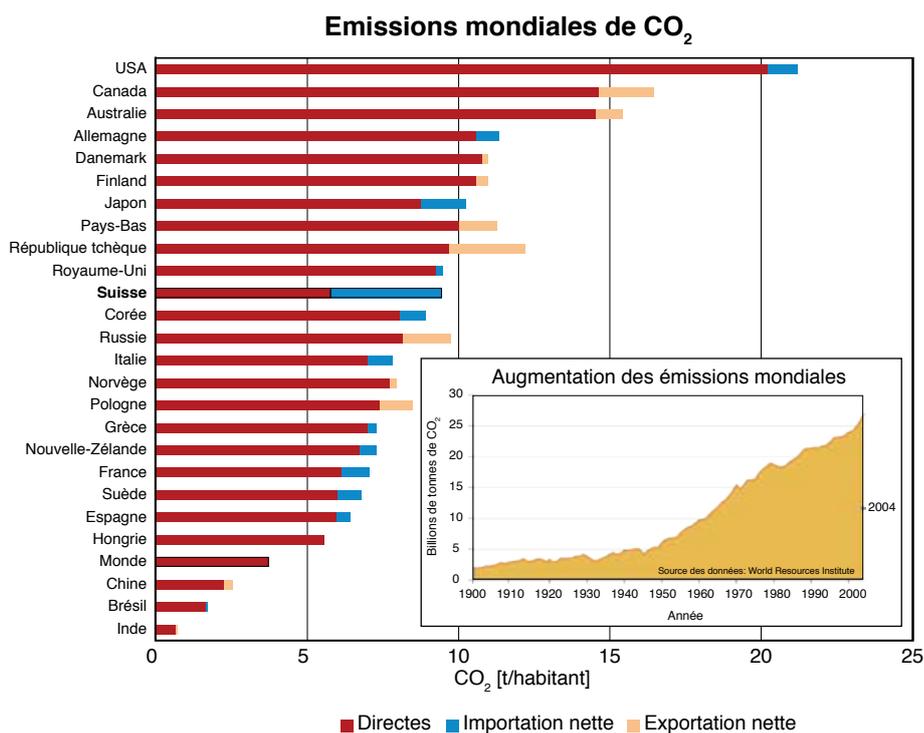


Figure 1: Augmentation, jusqu'ici non modérée, des émissions mondiales de CO₂ (graphique inséré) et leurs responsables (émissions par habitant). Avec 10 t/habitant (émissions importées incluses), la Suisse se situe dans la moyenne. (Source: North et al., OFEV, 2007, World Resources Institute)

5.1 Potentiels de réduction

Le potentiel mondial de réduction des rejets de gaz à effet de serre est considérable. Des réductions de quelque 30 à 50% peuvent être atteintes en 2030.

Le tableau 1 indique les potentiels de réduction en 2030 (valeurs totales et par secteurs), plus précisément des estimations prudentes et optimistes des réductions pouvant être obtenues

à un prix inférieur à 100 dollars par tonne d'équivalents de CO₂ et des estimations pour différentes catégories de coûts. Le potentiel de réduction mondial se situe entre 16 et 31 giga-

Tableau 1: Potentiels de réduction en 2030 (valeurs totales et par secteurs)

Secteur	Possibilité de réduction	Potentiel économique ¹ < 100 US\$/t equiv. CO ₂ /an		Potentiel économique ¹ différentes catégories de coûts ²			
		prudent	optimiste	< 0	< 20	20 – 50	50 – 100
Approv. énergétique	total ²	2.4	4.7	1.9	1.4	0.35	
Transports	total	1.6	2.5	0.35	1.4	0.15	0.15
Bâtiments	Electricité	3.0	3.8	3.3	0.05	0.05	
	Combustibles	2.3	2.9	1.7	0.4	0.51	
	Total	5.4	6.7	5.0	0.5	0.6	
Industrie	Electricité	0.83		0.19	0.19	0.44	
	autres ³	1.75	4.65	0.88	2.2	0.15	
	total	2.5	5.5	1.1	2.4	0.55	
Agriculture	total	2.3	6.4	1.6	1.1	1.7	
Economie forestière	total	1.3	4.2	0.15	1.1	0.9	0.65
Déchets	total	0.4	1.0	0.4	0.18	0.1	0.04
Tous les secteurs	total	15.8	31.1	6.1	7.4	6.0	4.5

¹ en Gt d'équivalents de CO₂ par an

² entre prudent et optimiste

³ sans les économies d'énergie dans d'autres secteurs

⁴ réductions de GES autres que le CO₂

tonnes d'équivalents de CO₂ par an. Les émissions mondiales estimées de gaz à effet de serre (sans mesures de réduction supplémentaires) en 2030 servent de grandeur de référence. Il est admis qu'elles atteindront, suivant le scénario, entre 60 et 90 gigatonnes d'équivalents de CO₂ par an. Le potentiel de réduction se situe ainsi entre 30 et 50 pour cent. En ce qui concerne la répartition régionale des potentiels, il apparaît qu'à l'exception du secteur des transports, le plus grand potentiel de réduction existe dans les pays en transition non membres de l'OCDE.

5.1.1 La situation en Suisse

En comparaison internationale de la consommation d'énergie, la Suisse fait déjà preuve

d'un haut niveau d'efficacité, mais ses émissions de gaz à effet de serre par habitant sont très élevées. Le potentiel de réduction des émissions est déterminé par la rigueur des contraintes politiques (avant tout normes pour les bâtiments, planification des transports, prix de l'énergie) et par le rythme du développement de technologies de pointe. Le Conseil fédéral propose en ce moment d'étendre la taxe sur le CO₂ à tous les gaz qui ont un impact sur le climat et de viser une réduction des gaz à effet de serre de 1,5 pour cent par an. La Suisse aurait réalisé ainsi une réduction de 21 pour cent en 2020 et de 50 pour cent en 2050.

5.2 Coûts

Les coûts de réduction des rejets mondiaux de CO₂ sont supportables pour l'économie mondiale et nettement inférieurs à ceux des dommages causés à long terme par des changements climatiques non modérés.

Les coûts de la politique climatique dépendent avant tout des valeurs cibles à atteindre en matière d'émissions et des mesures appliquées à cette fin. Une palette d'instruments politiques, incluant notamment le marché des émissions, permet de réduire sensiblement les coûts de limitation des changements climatiques. Les progrès techniques induits par la politique ont une influence considérable sur les coûts. Toutefois, le savoir en ce domaine présente encore d'importantes lacunes. Une incertitude supplémentaire subsiste à propos du scénario économique de référence adéquat, vu que les changements climatiques non modérés ont eux-mêmes des conséquences économiques

considérables. Le contexte international joue un rôle tant sur le plan de l'utilité de la politique (savoir-faire et transfert de savoir) que sur celui des coûts (délocalisation régionale d'activités polluantes). Le tableau 2 donne une estimation, en termes de produit intérieur brut (PIB), des coûts annuels de l'atténuation des changements climatiques pour différents niveaux de stabilisation (scénario de benchmark).

5.2.1 La situation en Suisse

En Suisse, les coûts de la politique climatique doivent être comparés avec un scénario de référence prévoyant, en cas de changements clima-

Tableau 2: Coûts estimés de stabilisation du CO₂ en 2030 et 2050

	Niveau de stabilisation (ppm d'équiv. de CO ₂)	Réduction du PIB		Réduction de la croissance annuelle du PIB (%)
		(médiane, %)	(dispersion, %)	
2030	590-710	0.2	-0.6 bis 1.2	<0.06
	535-590	0.6	0.2 bis 2.5	<0.1
	445-535	pas de données	< 3	<0.12
2050	590-710	0.5	-1 bis 2	<0.05
	535-590	1.3	de légèrement nég. à 4	<0.1
	445-535	pas de données	< 5.5	<0.12

tiques non modérés, une augmentation de la température plus élevée que la moyenne mondiale. Selon l'Office fédéral de l'environnement (OFEV) (OFEV, 2007), les coûts d'un réchauffement moyen de 3°C jusqu'en 2050 se chiffrent à 1 milliard de francs par an. Il apparaît que les dommages dus au climat seront peu importants jusqu'en 2050, mais augmenteront ensuite nettement jusqu'en 2100. Les dommages moyens auxquels il faut s'attendre en 2100 se situent vers 0,48 pour cent du produit intérieur brut (PIB) (0,15 à 1,6 pour cent, mesuré au PIB de 2100). Grâce à des innovations induites, la

Suisse, fortement dépendante de l'étranger, peut acquérir des avantages de précurseurs dans des créneaux du marché international. Mais au total, les coûts élevés des salaires limitent l'ampleur d'une réindustrialisation. La Suisse peut profiter sur le plan économique de la problématique du climat aussi du fait qu'elle offre des services à haute valeur ajoutée dans des domaines attendant aux techniques climatiques (placements financiers durables, produits d'assurances et de réassurances, marchés de l'énergie et des dérivés énergétiques, etc.).

5.3 Les différents domaines

Les technologies et possibilités de réduction des rejets de CO₂ existent aujourd'hui déjà ou seront disponibles dans un proche avenir. Mais à part augmenter l'efficacité, recourir aux énergies renouvelables et ménager des ressources naturelles (gestion des forêts), il faut aussi des incitations politiques et économiques ainsi que des normes et lois sévères, pour obtenir une réduction massive des rejets de CO₂.

Dans les domaines présentés ci-dessous, des possibilités substantielles de réduire les émissions de gaz à effet de serre existent aujourd'hui déjà ou seront disponibles dans un proche avenir. Il y a de grandes différences selon les secteurs, tant en ce qui concerne le potentiel de réduction absolu que les coûts des économies (cf. tableau 1). C'est le bâtiment qui présente le plus grand potentiel de réductions réalisables à un prix avantageux.

5.3.1 Transformation de l'énergie

En 2004, 80 pour cent du besoin mondial d'énergie primaire ont été couverts par des combustibles fossiles. Dans les conditions régissant actuellement, la consommation absolue continuera d'augmenter pendant les prochaines décennies. Par rapport à d'autres technologies, les combustibles fossiles ont des avantages avant tout pour l'économie d'entreprise, qui demeureront si la politique n'intervient pas. A

défaut de mesures draconiennes, une augmentation des émissions de CO₂ d'environ 50 pour cent jusqu'en 2030 est pronostiquée, ces dernières atteignant alors entre 37 et 40 gigatonnes (fig. 2). Une réduction des rejets de gaz à effet de serre peut être obtenue côté offre par une substitution vers des combustibles fossiles à plus faible émission de CO₂ (gaz naturel au lieu de charbon), par le recours à des technologies de captage (piégeage et stockage du carbone) ou aux énergies alternatives.

En matière de production d'électricité, les centrales nucléaires, neutres du point de vue climatique, répondent aujourd'hui à des normes de sécurité améliorées; néanmoins, le problème non résolu du stockage définitif des déchets nucléaires, les risques d'accidents et la dissémination non souhaitée d'uranium de qualité militaire amoindrissent leur acceptation sociale. La part future d'électricité nucléaire sera définie par les responsables politiques, auxquels

il revient de procéder à l'évaluation sociale de ses coûts externes et de ses risques (en fixant les règles de la responsabilité civile).

Sans soutien par la politique (taxation du CO₂, subventionnement des énergies renouvelables ou réglementation), les énergies renouvelables ne pourront pas accroître substantiellement leur importance dans la fourniture d'énergie primaire (en 2004, 15 pour cent du besoin mondial en énergie primaire ont été couverts par les énergies renouvelables). Ceci quand bien même elles ont plusieurs effets secondaires positifs peu controversés (progrès technologique, diminution de la pollution régionale, lutte contre le chômage, etc.).

5.3.2 Transports et infrastructures correspondantes

Sans un important changement de cap en matière de développement économique, de comportement social et d'interventions de l'Etat, la consommation d'énergie et les émissions de CO₂ du secteur des transports croîtront fortement, d'environ 80 pour cent, d'ici 2030. Les potentiels de réduction existants ne compenseront guère cette croissance.

Environ trois quart des émissions de gaz à effet de serre du secteur des transports sont à mettre sur le compte du trafic routier. Aussi est-ce là que les plus grandes économies peuvent être réalisées. Au premier plan figurent 1) des véhicules plus efficaces, plus légers et plus aérodynamiques, 2) la substitution des carburants fossiles par des carburants alternatifs tels que les biocarburants, l'électricité ou l'hydrogène (système flex fuel), 3) des optimisations au niveau de l'exploitation (courses à vide, choix de l'itinéraire, entretien, etc.) et 4) le transfert des prestations de transport de la route vers le rail.

Des réductions sont possibles aussi dans les transports ferroviaires et la navigation maritime, quand bien même ceux-ci font déjà partie des modes de transport les plus efficaces sur le plan énergétique. Des réductions supplémentaires de l'ordre de 1 à 2 pour cent par an sont pronostiquées pour les transports aériens, leur efficacité ne cessant d'augmenter.

Pour un prix de 100 dollars US par tonne de CO₂, le potentiel de réduction est estimé à env. 2,5 gigatonnes d'équivalents de CO₂, où il faut préciser que des chiffres ne sont disponibles que pour les transports routiers (trafic des poids lourds excepté; env. 0,8 gigatonnes) et aériens (env. 0,3 gigatonnes) et pour la substitution du carburant (env. 1,5 gigatonnes). Etant donné que

le trafic des poids lourds, les transports ferroviaires, la navigation maritime, les changements de modes de transport et l'encouragement des transports publics ne sont pas considérés dans ces estimations, le potentiel de réduction effectif est vraisemblablement nettement plus élevé.

5.3.3 Immeubles d'habitation et commerciaux

Si l'on considère la totalité de la consommation d'énergie, un quart des émissions mondiales de CO₂ sont à mettre sur le compte des immeubles d'habitation et commerciaux. Mais c'est ce secteur aussi qui, de tous ceux considérés dans le rapport du GT III, comporte la plus grande part de mesures de réduction des gaz à effet de serre avantageuses en termes de coûts.

Les mesures d'abaissement des émissions de gaz à effet de serre comprennent ici la réduction de la consommation d'énergie et de l'énergie grise dans les bâtiments, la transition vers des agents énergétiques pauvres en carbone ainsi que le contrôle des émissions de gaz à effet de serre autres que le CO₂. Le potentiel de réduction total (pour un prix du CO₂ de 100 dollars US par tonne de CO₂) est estimé atteindre entre 5,4 et 6,7 gigatonnes. Ceci correspond à 40 pour cent des émissions du scénario de référence. 75 pour cent de ces réductions peuvent être obtenues à un coût net négatif.

L'augmentation de l'efficacité énergétique de bâtiments neufs et anciens est la mesure la plus prometteuse et la plus rentable. Elle touche à différents aspects, tels que le chauffage, la climatisation, la ventilation, l'isolation, l'éclairage, l'énergie solaire, les appareils à faible consommation d'énergie, l'entretien, le comportement des utilisateurs. Dans le cas de bâtiments neufs, une approche intégrée permet d'atteindre des économies de l'ordre de 35 à 50 pour cent, et encore ces chiffres ne tiennent-ils compte que de technologies existantes et éprouvées. En recourant à des approches plus innovantes et moins conventionnelles, il est possible d'atteindre un potentiel d'économie allant jusqu'à 80 pour cent.

5.3.4 L'industrie

L'industrie aussi a un grand potentiel d'augmentation d'efficacité. Dans les pays industrialisés, c'est le cas avant tout de l'industrie de l'acier, du ciment, de la cellulose et du papier, et dans les pays non industrialisés également de tous les domaines de la production de denrées alimentaires. La technologie permet aujourd'hui de réduire fortement les rejets

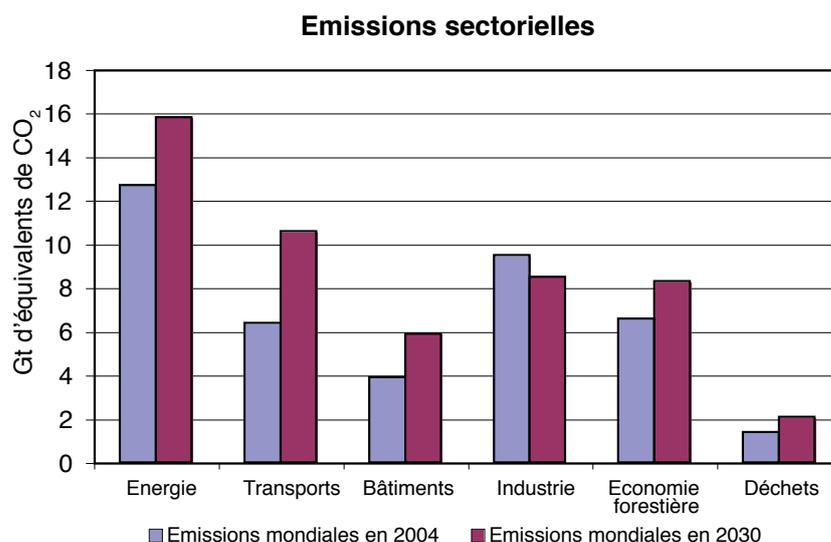


Figure 2: Vue d'ensemble des émissions sectorielles en 2004 et évaluations des émissions de GES (en équivalents de CO₂ par an) en 2030 (GIEC, 2007). Les données relatives à l'industrie proviennent de Price et al., 2006. L'augmentation attendue dans le cas du scénario «business as usual» montre clairement que les potentiels de réduction doivent être exploités d'urgence.

de CO₂ moyennant des investissements relativement faibles. Les progrès technologiques se subdivisent en plusieurs domaines: l'efficacité énergétique, la reconversion vers des fournisseurs d'énergie primaire pauvre en CO₂, la production d'énergie, les fournisseurs d'énergies renouvelables, l'utilisation des matières premières, les changements de produits et l'efficacité des matériaux.

Le défi consiste à réaliser les nouveaux investissements et les investissements de remplacement en répondant à l'exigence d'efficacité environnementale. La politique doit assurer les conditions cadres nécessaires à cet égard. Il convient d'empêcher que des structures inefficaces soient maintenues pour des raisons économiques ou par manque de connaissances techniques. Il faut prêter une attention particulière aux petites et moyennes entreprises, qui constituent la majeure partie du tissu industriel des pays en développement. Et il importe de faire prendre conscience, dans l'ensemble de l'industrie, que des réductions notables de CO₂ peuvent être obtenues par un comportement adéquat des travailleurs. De nombreuses méthodes permettent d'identifier le potentiel de réduction des différentes entreprises et indiquent les moyens d'y parvenir.

5.3.5 L'agriculture

L'agriculture est responsable de 10 à 12 pour cent des émissions mondiales de gaz à effet de serre. Elle émet principalement du CO₂ et du méthane.

Dans l'agriculture, les émissions de gaz à

effet de serre peuvent être réduites en recourant à de meilleures méthodes culturales dans la mise en valeur des champs et des pâturages et en assainissant des terrains dégénérés et des sols organiques qui ont été drainés pour l'agriculture. Une amélioration de la gestion de l'eau et de la culture du riz est aussi une option, de même que des mises en jachère ou des changements d'utilisation de surfaces agricoles.

Dans les pays en développement notamment, une grande partie des émissions de gaz à effet de serre pourrait aujourd'hui déjà être évitée à l'aide de techniques culturales connues. 70 pour cent du total des potentiels de réduction sont estimés se trouver dans les pays non membres de l'OCDE. Quelques-unes de ces méthodes présentent même comparativement un avantage à long terme en matière de coûts. Dans les pays en développement, une attention particulière doit être vouée aux interactions avec d'autres objectifs de développement. La réduction des rejets de gaz climatiques entraîne souvent d'autres effets externes. A mentionner, du côté positif, une plus grande efficacité, des coûts inférieurs et des effets favorables à l'environnement, et du côté négatif, d'autres formes de pollution.

Dans le monde développé, seul le recours aux engrais entraîne une augmentation des émissions plus importante que dans les pays en développement. L'utilisation d'engrais croît avec l'augmentation du bien-être. De façon générale, les modalités régionales en agriculture – et donc aussi les possibilités de réduction – diffèrent fortement et nécessitent une analyse cas par cas.

5.3.6 L'économie forestière

L'économie forestière au sens large peut beaucoup contribuer à réduire les émissions de gaz à effet de serre. A relever notamment à cet égard la conservation ou l'extension des surfaces de forêt, des changements en matière de gestion des forêts, la substitution de méthodes de production nécessitant beaucoup d'énergie fossile, ainsi que la fabrication de produits de bois et la production de bioénergie à partir du bois. Dans des modèles transsectoriels, l'économie forestière compte, à côté des domaines de l'énergie, des transports et de l'agriculture, parmi les secteurs importants qui peuvent déjà réduire substantiellement leurs émissions de gaz à effet de serre à un coût relativement bas.

Mais l'économie forestière n'a pas seulement un impact en matière de changements climatiques, elle subit aussi fortement l'influence de ces derniers. Si la température augmente, la forêt stocke moins de CO₂; dans les régions froides, une élévation des concentrations en CO₂ ainsi qu'une hausse des températures activent la croissance de la forêt. Nombre de stratégies d'adaptation incluent l'afforestation et un changement de la gestion des forêts. Etant donné que les investissements forestiers sont effectués à long terme, la politique doit jouer un rôle actif dans ce secteur.

Les estimations des potentiels de réduction varient fortement selon la région du monde et le modèle utilisé (top-down versus bottom-up). Pour 2030, le potentiel de réduction mondial estimé se situe entre 13,8 (top-down) et 2,8 (bottom-up) gigatonnes de CO₂, dont 36 pour cent peuvent être atteints déjà à un prix du CO₂ inférieur à 20 dollars US par tonne. Dans ce contexte, les efforts pour endiguer la déforestation prennent ici une importance particulière. Les principales possibilités de réduction du CO₂ dans l'économie forestière se présentent en Amérique centrale et du Sud (au moins 20 pour cent); d'autres régions importantes sont l'Afrique, l'Asie et les USA.

5.3.7 Gestion des déchets

Les déchets urbains ne sont responsables que pour une part relativement faible des émissions mondiales de gaz à effet de serre (moins de 5 pour cent, env. 1,25 gigatonnes d'équivalents de CO₂). Les principaux polluants sont ici le méthane et le protoxyde d'azote. Alors que ces émissions de gaz à effet de serre se sont stabilisées ou ont même reculé ces dernières décennies dans les pays développés, elles devraient, selon les pronostics, connaître une forte augmentation jusqu'en 2030 dans les pays en développement.

Du fait de définitions nationales hétérogènes et de compétences attribuées le plus souvent à l'échelon local, les estimations de ces émissions et des potentiels de réduction sont entachées de grandes incertitudes.

Dans l'hypothèse d'un prix du CO₂ de 100 dollars US par tonne, le potentiel de réduction total se monte à env. 70 pour cent. Etant donné qu'il est possible, en majeure partie, d'appliquer des technologies existantes, une grande part des réductions peut être réalisée à un coût net négatif (env. 20 à 30 pour cent) ou à un faible coût (30 à 50 pour cent à un prix n'excédant pas 20 dollars US par tonne).

Les mesures suivantes permettent des réductions substantielles: la récupération et l'utilisation du méthane des décharges, de façon générale une amélioration de la gestion des décharges, le traitement technique des eaux usées, le compostage contrôlé des déchets organiques et une généralisation de la gestion des déchets. Ces mesures visent d'une part à réduire les émissions directes, d'autre part à éviter la production de gaz à effet de serre. Le recyclage et l'évitement des déchets offrent en outre d'autres possibilités d'économie.

5.3.8 La situation en Suisse

Des potentiels de réduction considérables, qui n'ont pas été exploités jusqu'ici pour réduire les émissions, existent aussi en Suisse.

Transformation d'énergie: Dans ce secteur, il convient de prêter attention avant tout à la demande en énergie et à l'offre énergétique étrangère. Une diminution de la consommation d'énergie conduit à une réduction des rejets de CO₂.

Transports et infrastructures correspondantes: La Suisse a jusqu'ici largement manqué son objectif, à savoir abaisser les émissions des transports de 8 pour cent au-dessous du niveau de 1990. A fin 2005, les émissions de CO₂ des transports étaient mêmes de 8 pour cent supérieures à celles de 1990. A lui seul, le centime climatique ne semble pas permettre d'atteindre l'objectif.

Immeubles d'habitation et commerciaux: La situation de la Suisse n'est pas très différente de celle d'autres pays de l'OCDE. Le premier objectif devrait être d'accroître l'efficacité énergétique. La mise en œuvre systématique de la stratégie Minergie pour les nouveaux bâtiments, la rénovation et modernisation progressives des anciens bâtiments et la reconversion vers des appareils économes permettent d'importantes économies d'énergie et donc une réduction substantielle des émissions de gaz à effet de serre.

Industrie: En Suisse, l'industrie cause un bon

cinquième des émissions de gaz à effet de serre. Si l'on ajoute le secteur des services sans les transports, on arrive à 30 pour cent. A court et moyen terme, une réduction des émissions peut être obtenue avec le soutien de la politique avant tout pour les nouveaux investissements et les investissements de remplacement. A long terme, des progrès doivent être réalisés pour les processus biologiques, le recours à l'hydrogène, les processus de fusion en métallurgie et la nanotechnologie.

Agriculture: Du fait de sa grandeur absolue limitée, le potentiel de réduction de l'agriculture est restreint en Suisse, d'autant plus que conformément à sa législation, ce pays s'est concentré jusqu'ici sur la réduction du CO₂ plutôt que sur celle du méthane et du protoxyde d'azote, qui sont les gaz à effet de serre prédominants dans l'agriculture. En outre, une diminution, jusqu'en 2020, des émissions de gaz à effet de serre est pronostiquée pour l'Europe centrale. La Suisse peut fournir une contribution à la réduction globale des gaz à effet de serre avant tout par le développement de techniques culturales modernes, notamment en ce qui concerne le recours aux engrais.

Economie forestière: En Suisse (comme dans

l'ensemble de l'Europe), la surface totale de forêt a continuellement augmenté pendant les dernières décennies. Etant donné que la Suisse possède, en valeur absolue, une surface de forêt relativement faible, les afforestations ou un changement du mode de gestion des forêts offrent un potentiel de réduction limité. L'engagement pour une économie forestière durable est certainement indiqué.

Gestion des déchets: Du fait du niveau de développement relativement élevé de l'élimination des déchets urbains en Suisse, le potentiel d'économie semble relativement faible à cet égard, bien que la gestion des déchets soit responsable dans ce pays de 6 pour cent des émissions de gaz à effet de serre. La Suisse est bien équipée en usines d'incinération et stations d'épuration modernes, atteint un taux respectable (49 pour cent) en matière de collecte sélective et connaît une réglementation stricte pour les décharges. C'est ainsi, par exemple, que les nuisances environnementales dues à l'incinération des déchets ont été abaissées à env. 1 pour cent de leurs niveaux de 1970. En outre, un programme d'enregistrement et assainissement de sites contaminés et d'anciennes décharges est en cours depuis plusieurs années.

5.4 Remarques

Il est possible aujourd'hui d'évaluer les coûts des dommages causés par les changements climatiques et d'adaptation à ces derniers. Ces coûts croîtront sensiblement au fur et à mesure de la progression des changements climatiques; ayant atteint 5 à 20 pour cent du PIB mondial, ils dépasseront d'un multiple les coûts d'évitement des émissions de gaz à effet de serre (environ 1 pour cent du PIB) (Stern Review, 2007). D'où la nécessité de réduire, d'ici la fin du siècle, les émissions mondiales de gaz à effet de serre d'environ 70 pour cent par rapport au niveau actuel.

L'objectif mentionné ci-dessus ne peut être atteint que si les pays industrialisés diminuent très bientôt et substantiellement leurs rejets et que les pays émergents limitent dans un premier temps la croissance de leurs émissions puis commencent, dans un délai de deux décennies, à réduire également leurs émissions. Pour une population mondiale prévisible de 9 à 10 milliards d'êtres humains vers la fin du siècle, les émissions par habitant devraient descendre à environ 1 tonne de CO₂ par an (cf. encadré 1). A titre de comparaison, l'Inde émet aujourd'hui 1,2 et la Chine 3,1 tonnes de CO₂ par habitant et année. Les émissions de la Suisse représentent au total 1,5 pour mille des rejets mondiaux. Elles sont néanmoins de 6 tonnes par habitant (et même de 10 tonnes si l'on tient compte des «émissions grises» des importations) et dépassent

ainsi nettement l'objectif à long terme de 1 tonne par personne et année (fig. 1). Par la publication de «Repenser l'énergie» (www.proclim.ch/Products/denk-schrift-energie/), les Académies suisses des sciences ont lancé un processus destiné à promouvoir le débat sur la solution à ce problème dans la société, la politique et l'économie.

Il est indéniable que ces efforts de réduction nécessaires n'ont pas seulement une utilité à l'échelon mondial, mais entraînent encore d'autres avantages. Au défi des changements climatiques s'ajoute un risque sur le plan de l'approvisionnement énergétique, parce que les ressources fossiles, qui constituent aujourd'hui 80 pour cent de l'énergie primaire, sont inégalement réparties géographiquement. Ceci est le cas notamment du pétrole.

Encadré 1: Perspective internationale et responsabilité globale – le problème du climat a de nombreuses causes

La stabilisation du climat nécessite une réduction continue des émissions mondiales de CO₂ au cours des prochaines décennies et au-delà. De 30 GtC aujourd'hui, ces émissions doivent être abaissées à environ 10 GtC. A long terme, elles devraient diminuer encore bien davantage. Atteindre cet objectif est un immense défi et exige des approches différenciées en fonction des pays.

Les émissions de gaz à effet de serre d'un pays sont déterminées par la population de ce dernier et par les émissions de CO₂ par personne. Les pays à haute qualité de vie, c'est-à-dire à indice du développement humain (IDH*) élevé, présentent une croissance démographique tendanciellement plus faible que ceux où la qualité de vie est moins grande (fig. 1a). Pour stabiliser la population mondiale, il faudrait élever rapidement le bien-être, en particulier dans les pays en développement. Une bonne qualité de vie présuppose d'autre part un certain minimum de consommation d'énergie, causant, dans le monde actuel où le fossile prédomine, au moins 2 tonnes de CO₂ par personne et année (fig. 1b). Il faudrait donc non seulement que les pays industrialisés se détournent des sources d'énergie fossile, mais encore que les habitants des pays en développement disposent de suffisamment d'énergie.

Un monde où le marché et le bien-être sont globalisés constitue à long terme l'unique possibilité éthiquement acceptable de stabilisation du climat, car il permet de s'attendre à un recul de la démographie mondiale à partir de 2050 (fig. 2, familles de scénarios A1 et B1, cf. l'encadré 1 du chapitre 2). Dans un monde désintégré, une grande partie de la population resterait dans la pauvreté (scénarios A2 et, pas représenté dans la figure, B2). Ces êtres humains seraient exposés, impuissants, aux changements climatiques. Les famines et les migrations qui en résulteraient (WBGU, 2007) auraient des conséquences indirectes aussi pour les pays industrialisés. Le fait que la température globale à la fin du siècle ralentit son ascension dans les familles de scénario A1 et B1 du GIEC, alors qu'elle continue d'augmenter rapidement dans le scénario A2 (comme aussi B2, qui n'est pas représenté dans la figure), tient principalement à l'évolution démographique.

*IDH: L'indice du développement humain (IDH) est une mesure standardisée pour la qualité de vie d'une société. Il est établi pour tous les pays par le Programme des Nations Unies pour le développement (PNUD). L'IDH remplace le produit intérieur brut (PIB), plus courant. Il inclut trois autres grandeurs importantes du point de vue de la qualité de vie, à savoir l'espérance de vie, l'aptitude à lire et la formation.

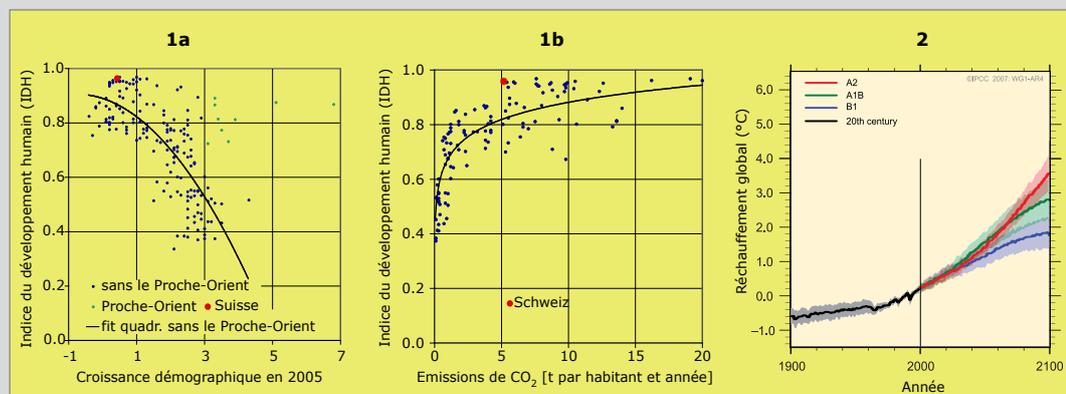


Figure 1: Dans la plupart des pays (Proche-Orient excepté), un haut niveau de qualité de vie (mesuré à l'indice du développement humain IDH) est couplé à une faible croissance démographique et présuppose que les ressources énergétiques dépassent un certain seuil. Pour que le climat puisse être stabilisé, il faut donc non seulement que les pays industrialisés éliminent dans une large mesure leurs émissions de gaz à effet de serre, mais encore que la qualité de vie augmente rapidement dans les pays en développement (source des données: Rapport sur le développement humain 2006 du PNUD).

Figure 2: Réchauffement global observé jusqu'en 2000 et calculé à partir de 2000 pour différents scénarios de développement. Les scénarios A1 et B1 se fondent sur l'hypothèse d'un monde globalement solidaire et A2 sur celle d'un monde désintégré. La poursuite non modérée du réchauffement pour A2 est frappante et tient au fait que la croissance démographique ne s'est pas stabilisée dans les pays en développement.

Un défi supplémentaire apparaîtra lorsque la production mondiale de pétrole et de gaz naturel reculera. Ce moment est attendu entre 2015 et 2035 pour le pétrole conventionnel et dans la seconde moitié du siècle pour le gaz naturel. Si la demande mondiale en pétrole croît encore à ce moment, le prix du pétrole

et du gaz naturel montera fortement, car les solutions de remplacement seront limitées à court et moyen terme. La solution, à laquelle il est déjà fait recours, consistant à se rabattre sur des huiles non conventionnelles (sables et schistes bitumineux) et surtout sur le charbon, est associée à des émissions de CO₂

supplémentaires considérables et à d'autres impacts sur l'environnement. Pour faire face à ces défis, des innovations et solutions sont nécessaires, avant tout dans les secteurs de l'efficacité énergétique, de la promotion des énergies renouvelables, des nouveaux matériaux et de la transformation de la société vers une utilisation économe de l'énergie. Dans des conditions cadres politiques favorables, la pénurie de ressources énergétiques traditionnelles facilitera les changements nécessaires. Il importe que la politique internationale donne les signaux adéquats et fasse clairement comprendre qu'il n'est pas admissible de se rabattre sur d'autres agents énergétiques fossiles, tels que le charbon, pour des processus de combustion conventionnels. Des technologies permettant d'isoler le CO₂ lors de la combustion et de le transférer dans un stockage non atmosphérique sont en voie de développement

et pourraient contribuer à la solution du problème. Reste à constater cependant que réduire la consommation d'énergie fossile d'un facteur six jusqu'en 2100 tout en maintenant les services à un niveau comparable à aujourd'hui constitue le grand défi que la société devra relever ces prochaines décennies. L'objectif consistant à abaisser d'ici la fin du siècle les émissions à 1 tonne de CO₂ par personne et année peut être atteint si les agents énergétiques fossiles ne sont plus destinés qu'aux utilisations les plus importantes et où ils sont particulièrement difficiles à substituer (par exemple la navigation aérienne ou la fabrication de certains matériaux). Le potentiel technique des sources d'énergie renouvelable est suffisant pour couvrir le besoin mondial d'énergie primaire. Mais le potentiel économiquement exploitable est à l'heure actuelle encore largement inférieur.

5.5 Bibliographie

- BAFU-OFEV, 2007: Auswirkungen der Klima-änderung auf die Schweizer Volkswirtschaft (nationale Einflüsse) www.bafu.admin.ch/klima/00509/00511/index.html?lang=de#sprungmarke0_34, (avec résumé en français)
- IPCC, 2007: Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- North, N., Kljun, N., Kasser, F., Heldstab, J., Maibach, M., Reutimann, J. und Guyer, M., 2007: Changements climatiques en Suisse. Indicateurs des causes, des effets et des mesures. Etat de l'environnement No 0728-F, Office fédéral de l'environnement, Berne, 77 p.
- Price, L., de la Rue du Can, S., Sinton, J., Worrell, E., Nan, Z., Sathaye, J. and Levine, M., 2006: Sectoral Trends in Global Energy Use and Greenhouse Gas Emissions. Report number: LBNL-56144, Lawrence Berkeley National Laboratory.
- Stern, N., 2007: The Economics of Climate Change: The Stern Review. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- WBGU, 2007: World in Transition – Climate Change as a Security Risk, German Advisory Council on Global Change, Earthscan, London, ISBN 978-1-84407-536-2

6 Conclusions et recommandations

Auteurs: Les membres de l'OcCC

Les résultats scientifiques des groupes de travail du GIEC, décrits dans les chapitres précédents, le montrent clairement: de très substantielles réductions des émissions sont nécessaires pour stabiliser les gaz à effet de serre dans l'atmosphère à un niveau ne présentant pas de danger pour l'être humain et l'environnement, comme l'exige la convention sur le climat, que la Suisse aussi a signée. Il est évident aujourd'hui déjà que dans quelques décennies les changements climatiques auront de graves conséquences pour la Suisse (voir chap. 4). Celles-ci seront certes économiquement supportables, mais devront être comprises comme signes annonciateurs de changements de portée encore bien plus considérable dans la seconde moitié du siècle. Dans cette situation, de deux choses l'une. Soit nous nous en tenons à notre comportement traditionnel. Cela nous permettra de poursuivre notre style de vie habituel pendant quelques années. Mais nous devons alors inévitablement prendre notre parti d'une détérioration des conditions pour les décennies et générations à venir. Tôt ou tard, des mesures seront nécessaires, et celles-ci frapperont d'autant plus durement que nous tarderons plus longtemps à les prendre.

Soit – et l'OcCC plaide expressément pour cette voie – nous acceptons aujourd'hui le défi. Nous adaptons immédiatement nos habitudes de production et de consommation aux nouvelles conditions et aux changements qu'elles continueront de subir. Nous inventons et développons de façon créative de nouveaux produits et services. Nous donnons à la société les moyens de satisfaire ses besoins tout en préservant le climat. En adaptant son offre, notre économie pourra à l'avenir aussi tenir sa place sur le marché mondial. Le défi deviendra alors une chance pour l'économie, la société et l'environnement.

Il est impératif et urgent de planifier la politique climatique pour la période après l'échéance, en 2012, des actuels contrats de Kyoto, et ceci tant sur le plan mondial qu'en Suisse. A cet effet, il faut reprendre ou optimiser des instruments et conventions de la première période d'engagement de Kyoto, afin de garantir une mise en œuvre efficace et rapide.

6.1 Objectifs pour la Suisse

L'OcCC recommande de réduire les émissions indigènes de gaz à effet de serre d'au moins 20 pour cent jusqu'en 2020. L'UE s'est aussi fixé cet objectif minimum. Elle est même prête à réduire ses émissions de 30 pour cent si d'autres pays s'associent au projet. L'OcCC soutient cette position. Et il estime nécessaire d'abaisser jusqu'en 2050 les émissions suisses de gaz à effet de serre d'au moins 60 pour cent par rapport à leur niveau de 1990.

Ces objectifs ambitieux et de grande portée sont à comprendre comme contribution de notre pays à la stabilisation à long terme de la teneur de l'atmosphère en CO₂. Le but est d'empêcher le réchauffement moyen global d'augmenter de plus de 2°C par rapport aux conditions préindustrielles. A cette fin, il faut stopper la hausse des émissions mondiales pendant les dix à quinze prochaines années et au-delà viser à les réduire. Il est nécessaire de diminuer jusqu'en 2050 les émissions mondiales de 50 à 85 pour cent par rapport à 1990.

Les mécanismes flexibles du protocole de Kyoto permettent de réaliser des mesures conduisant à une diminution des émissions là où les coûts sont les plus bas. Prenons l'exemple du financement de centrales électriques respectueuses de l'environnement: le remplacement, dans des pays émergents, d'installations

thermiques fossiles par des énergies renouvelables offre une possibilité avantageuse de compenser nos émissions à l'étranger. Ces mesures peuvent aussi faciliter l'intégration de pays émergents dans un régime international d'engagement et contribuent, pour autant qu'elles soient réalisées de façon responsable sur le plan social et environnemental, à un nécessaire équilibre entre le Nord et le Sud et au transfert de technologies.

D'autre part, la mise en œuvre de mesures au niveau national entraîne toute une série d'effets secondaires positifs bienvenus (voir encadré 1). Réduire les émissions en Suisse est certes plus cher au premier abord; mais à y regarder plus près, il se révèle, dans nombre de cas, économiquement judicieux de recommander un mix équilibré de mesures en Suisse et à l'étranger.

6.2 Conclusions

L'OcCC recommande l'édification d'une stratégie climatique nationale basée sur une politique climatique circonstanciée, dans laquelle les mesures à prendre dans les différents secteurs s'harmonisent entre elles de façon optimale. Ceci doit empêcher le déplacement d'effets négatifs d'une mesure vers d'autres secteurs ou régions. Il importe d'examiner dans son ensemble le bilan environnemental d'une mesure, afin de ne pas assainir le climat aux dépens d'autres aspects intéressant l'environnement.

La population doit être informée à temps, de façon compréhensible et pertinente, sur les risques liés à la maîtrise des changements climatiques, sur les interventions nécessaires, mais aussi sur les chances qui en découlent. Plus tôt une large majorité pourra être motivée à accepter résolument le défi, plus grande sera la chance de surmonter les changements sans dommages et avec des effets secondaires positifs.

- Loi cadre sur le climat

Le débat au sujet d'une loi cadre sur le climat, regroupant tous les efforts en matière de climat, doit être lancé de bonne heure. La nouvelle loi devrait être élaborée en partant de la loi sur le CO₂ existante.

L'OcCC estime judicieux que la Suisse continue de se concentrer avant tout sur la réduction du CO₂. Comparé aux autres gaz à effet de serre (méthane, oxyde nitreux etc.), le CO₂ exerce l'effet de levier le plus important sur les émissions.

- Objectifs visés en matière d'émissions

L'objectif de réduction du CO₂ à fixer pour 2020 doit être de l'ordre d'au moins 20 pour cent au-dessous des émissions de 1990, en analogie avec celui des États membres de l'UE ayant une structure semblable dans les domaines énergétiques et économiques.

L'objectif à long terme est une réduction d'au moins 60 pour cent jusqu'en 2050.

- Instruments et normes

La taxe sur le CO₂ doit être maintenue pour les combustibles et étendue aux carburants. Il faut optimiser et poursuivre le développement de ce nouvel instrument sur la base des expériences tirées de la pratique. En outre, la participation au système européen de marché des émissions doit être rendue possible.

Les coûts externes ayant un effet sur le

climat doivent être pris en compte pour les produits et les services et intégrés de façon raisonnable dans les prix.

Il faut fixer des normes sévères, visant à abaisser les émissions. De telles normes sont particulièrement nécessaires pour les bâtiments et les infrastructures, du fait de la longue durée de vie de ces ouvrages: ce qui est mal fait aujourd'hui, aura des effets négatifs des décennies durant. Pour atteindre les objectifs sans rien sacrifier en termes de qualité de vie, il faut promouvoir de nouvelles technologies et leur diffusion ainsi qu'un contexte favorable à la technologie et à l'innovation.

- Politique énergétique

Il est urgent d'instaurer un débat concret au sujet des besoins futurs en énergie et de l'approvisionnement énergétique. L'accroissement de l'efficacité énergétique, et ainsi la diminution de la demande en énergie, doit figurer en tête des priorités.

La production future d'électricité devra éviter de nouvelles émissions de CO₂. Il faudra compenser les émissions supplémentaires inévitables par des diminutions des émissions dans d'autres domaines ou en d'autres lieux.

Encouragées de façon ciblée et efficace, les énergies renouvelables deviendront plus rapidement compétitives.

- Politique d'aménagement du territoire

L'aménagement du territoire doit privilégier des trajets courts entre le domicile et le lieu de travail et des possibilités de détente et d'achats situées au centre.

- Economie et innovation

Il faut mettre en évidence les avantages et la plus-value qu'une utilisation efficace de l'énergie représentent pour l'économie: consommer moins d'énergie signifie réduire aujourd'hui les dépenses et diminuer demain les risques liés aux incertitudes de l'approvisionnement énergétique (cf. encadré 1).

La hausse des prix de l'énergie poussent les entreprises à innover vers des produits et services qui ont de l'avenir. La demande en technologies efficaces augmentera du fait de leur coût d'exploitation inférieur. Les mécanismes flexibles de Kyoto soutiendront le financement, dans des pays émergents et en développement, de technologies compatibles avec le climat et grossiront ainsi le marché de ces dernières.

Les entreprises en mesure de faire des offres appropriées seront plus compétitives et augmenteront leurs chances à l'exportation. Les mesures doivent être introduites à un rythme tenant compte des cycles de développement et des plans d'investissement de l'économie. L'introduction progressive des mesures permettra aux entreprises de s'adapter à temps. Le cap à suivre doit être fixé à long terme, pour que les entreprises puissent orienter leurs stratégies d'efficacité et les investissements correspondants vers un objectif fiable.

Pour conclure

Dans un premier temps, les changements climatiques seront économiquement supportables pour la Suisse. Les impacts directs et indirects sur l'économie suisse, auxquels il faut s'attendre compte tenu des changements climatiques, seront modérés jusqu'en 2050, mais s'amplifieront ensuite fortement. Les projections pour la période après 2050 sont nettement moins sûres. La politique climatique suisse doit s'orienter vers l'avenir et s'intégrer à l'échelon international, contribuer à diminuer les risques et soutenir dans le monde entier une politique de réparation des dommages.

C'est pourquoi l'OcCC recommande

l'instauration d'une stratégie climatique nationale, fondée à la fois sur des mesures volontaires et sur des conditions cadres étatiques. Cette stratégie doit mettre des initiatives existantes et nouvelles – émanant aussi bien de privés que du gouvernement – résolument en valeur pour le climat. Ceci nécessite un dialogue actif au sein de la société. La population doit connaître les différents choix possibles et être consciente des chances et des risques des changements climatiques. Elle acceptera alors le défi et saisira l'occasion de maîtriser les changements de façon aussi douce que possible et de tirer parti d'effets secondaires positifs.

Perspective

Le 20 février 2008, le Conseil fédéral a mis en route la révision de la loi sur le CO₂ pour la période après 2012. Dans ce contexte, la Suisse doit s'orienter sur les objectifs de réduction de l'UE. Celle-ci veut diminuer unilatéralement ses émissions de gaz à effet de serre de 20 pour cent jusqu'en 2020, et même de 30 pour cent si d'autres États industrialisés font de même, par rapport aux valeurs de 1990.

Tout un ensemble d'instruments est présenté dans la mise en consultation de cette révision actuellement en discussion. Par exemple une

Encadré 1: Bénéfices secondaires des mesures de réduction des émissions

Diminution de la dépendance à l'égard des agents énergétiques fossiles

La substitution des agents fossiles par des énergies renouvelables diminue la dépendance à l'égard de l'étranger en matière d'approvisionnement énergétique. Cela rend ce dernier plus sûr et prévient simultanément la pénurie d'agents énergétiques fossiles, à laquelle il faut s'attendre à long terme.

Les mesures en ce sens permettent indirectement, entre autres, d'améliorer les structures de transport, de diminuer l'imperméabilisation des sols et le morcellement de biotopes, d'exploiter la forêt de façon durable, de favoriser l'agriculture extensive, et last but not least de renforcer l'économie.

Réduction des nuisances environnementales en Suisse

La fourniture et l'utilisation d'énergie entraînent, à part les émissions de gaz à effet de serre dont les effets s'étendent à la planète entière, encore d'autres nuisances environnementales directes et indirectes, telles que pollution atmosphérique, bruit, déchets, accidents, atteintes aux paysages et consommation de terres. Réduire les émissions de gaz à effet de serre permet en même temps de diminuer les nuisances environnementales régionales et locales, d'atténuer les effets de ces dernières sur la qualité de vie et la santé et d'abaisser les coûts externes en partie très élevés.

Stimulation du processus d'innovation

La politique en matière de gaz à effet de serre encourage l'innovation technique. Les pays qui investissent de bonne heure dans le développement de technologies d'avenir gardent l'initiative dans la compétition et assurent ainsi à leur économie nationale des avantages dans un marché d'avenir en expansion.

Le besoin du marché en technologies innovantes et avantageuses, qui résulte des mesures d'incitation, donne à la recherche de fortes impulsions ciblées. Les projets pilotes et de démonstration réalisés par des institutions de recherche permettent à l'industrie d'acquiescer de l'expérience au sujet de stratégies de réduction des émissions. Un tel système de développement commun et ciblé de technologies déterminantes pour le climat suscite des mécanismes constructifs de rétroaction entre la recherche et la mise en œuvre industrielle.

taxe climatique d'incitation, éventuellement avec affectation partielle des recettes, ce qui permettrait de financer des mesures en Suisse. Par ailleurs, l'idée d'une Suisse climatiquement neutre doit être mise en discussion dans la consultation. D'autres propositions concernent les régulations techniques. Pour la période après 2012, le Conseil fédéral veut atteindre l'objectif de réduction du CO₂ pour les carburants en redéfinissant les règles du centime climatique. Il a décidé en outre des mesures visant à accroître l'efficacité énergétique et à promouvoir les énergies renouvelables. Ce paquet de mesures doit permettre d'assurer durablement l'approvisionnement énergétique, de lutter contre les changements climatiques et de réduire la dépendance à l'égard du pétrole. Le Conseil fédéral a encore décidé d'instituer un comité interdépartemental, qui aurait pour tâche de coordonner les mesures de la future politique climatique. Sont incluses également les décisions à prendre dans les conférences internationales.

Dans l'optique de l'OcCC, les objectifs de réduction visés représentent une solution minimale. Mais les mesures et instruments proposés vont dans la bonne direction et offrent des chances de réduire les émissions. Lors de la conférence mondiale sur le climat, en 2007 à Bali, la communauté internationale a mis en route un processus qui doit présenter jusqu'en 2009 des étapes de réduction concrètes pour l'après-Kyoto, donc après 2012. Une fois que les exigences seront claires, il faudra que les mesures concrètes de mise en œuvre soient disponibles.

L'OcCC recommande de combiner de façon pertinente des mesures en Suisse et à l'étranger. Les mesures en Suisse procurent entre autres des avantages à l'économie du pays par l'encouragement de l'innovation et en raison de coûts plus bas de l'énergie. Celles à l'étranger, notamment un marché strictement contrôlé de certificats d'émission, ont des effets positifs sur la coopération au développement. Elles sont profitables au transfert de technologie et permettent à long terme de réduire le déséquilibre entre le Nord et le Sud.

Il apparaît clairement aujourd'hui déjà que les pays les plus pauvres seront les plus durement frappés par les changements climatiques. Or ceux-ci sont causés avant tout par les actuels pays industrialisés, et toujours plus aussi par les pays émergents. La politique climatique peut et doit contribuer à un monde plus juste. De plus, le problème du climat montre clairement que l'économie pratiquée selon le schéma actuel

peut limiter les possibilités des générations à venir. La politique climatique doit aussi tenir compte de cet aspect et aider ainsi à promouvoir l'utilisation durable des ressources au niveau national et international. C'est au cours des deux à trois années prochaines que sera définie, au niveau national et international, la direction vers laquelle la politique climatique se mettra en mouvement.

L'OcCC appelle instamment les décisionnaires à s'engager sur la voie du développement durable en matière d'environnement, de climat et de ressources. Il n'existe en définitive aucun autre choix possible.

Les membres de l'OcCC

Membres

Kathy Riklin (présidente), Conseillère nationale, Zurich
Charlotte Braun-Fahrlander, Institut für Sozial- und Präventivmedizin, Université de Bâle
Lucas Bretschger, Institut für Wirtschaftsforschung, EPF de Zurich
Thomas Bürki, Energie Ökologie Politikberatung, Bengelen
Andreas Fischlin, Institut für Terrestrische Ökologie, EPF de Zurich
Pamela Heck, Swiss Re, Dangers naturels, Zurich
Gabi Hildesheimer, Ökologisch bewusste Unternehmen, Zurich
Ruth Kaufmann-Hayoz, Centre interfacultaire pour l'écologie générale, Université de Berne
Christian Körner, Botanisches Institut, Université de Bâle
Hansruedi Müller, Institut de recherche sur les loisirs et le tourisme, Université de Berne
Ulrich Niederer, UBS Global Asset Management, Zurich
Christian Pfister, Institut d'histoire, Université de Berne
Christoph Schär, Atmospheric and Climate Science, EPF de Zurich
Thomas Stocker, Institut de physique, Université de Berne
Hubert van den Bergh, Institut des sciences et technologies de l'environnement, EPF de Lausanne
Heinz Wanner, Institut de géographie, Université de Berne
Alexander Wokaun, General Energy Research Department, PSI Villigen

Experts avec voix consultative

Kurt Seiler, Conf. des chefs de service et offices de protection de l'environnement en Suisse, Schaffhouse
Reto Burkard, Office fédéral de l'agriculture, Berne
Claudia Guggisberg, Office fédéral du développement territorial, Berne
Lukas Gutzwiller, Office fédéral de l'énergie, Berne
Bernd Hägele, Secrétariat d'Etat à l'éducation et à la recherche, Berne
Anton Hilber, Direction du développement et de la coopération, Berne
Daniel K. Keuerleber-Burk, MétéoSuisse, Zurich
Christian Preiswerk, Académie suisse des sciences naturelles, Berne
José Romero, Office fédéral de l'environnement, Berne
Thomas Roth, Secrétariat d'Etat à l'économie, Berne
Bruno Schädler, Office fédéral de l'environnement, Berne
Ursula Ulrich-Vögtlin, Office fédéral de la santé publique, Berne

Secrétariats exécutifs

Christoph Kull, OcCC, Berne
Christoph Ritz, ProClim-, ProClim-, Académie suisse des sciences naturelles, Berne

Direction du projet et rédaction:
Christoph Kull, OcCC

Collaboration rédactionnelle:
Felix Würsten, Zürich

Relecture:
Esther Volken, OcCC

Mise en page:
Christoph Kull, OcCC

Impression:
Vögeli AG Druckzentrum, 3550 Langnau

Traduction:
Jean-Jacques Daetwyler, Berne

Langue originale:
Allemand

