

SAVOIE  
→ 2020

→ LE CONSEIL GÉNÉRAL  
ENGAGE LA RÉFLEXION  
POUR LA SAVOIE DE DEMAIN

VERS  
UN **PLAN CLIMAT  
SAVOIE**

**ETAT DES LIEUX**

NOVEMBRE 2007

**S  
O  
M  
M  
A  
I  
R  
E**

**Avant propos**

**Changements climatiques**

- 1 - Impacts et adaptation
- 2 - Explications et actions
- 3 - Conséquences du changement climatique global sur le climat savoyard

**Les gaz à effet de serre**

- 1 - Etat des émissions de gaz à effet de serre, globales et en Savoie
- 2 - Habitat et tertiaire
- 3 - Les transports

**Les effets du changement climatique en Savoie**

- 1 - Les risques naturels
- 2 - Les ressources en eau
- 3 - La biodiversité : la faune et la flore
- 4 - Le tourisme

**Conclusions**

## **> Avant propos**

Se donner des repères pour préparer les prochaines décennies, évaluer nos atouts et nos points faibles, définir les enjeux auxquels la Savoie sera confrontée, affirmer les axes privilégiés d'aménagement de notre territoire et de consolidation de notre dynamisme économique, proposer un programme d'actions prioritaires, tels sont les objectifs de la démarche Savoie 2020 voulue par le Conseil Général.

Après une première étape qui a fait émerger une vision prospective et réaffirmé les « fondamentaux » à partir des quels doit se construire le projet de la Savoie, s'est engagée une seconde phase consacrée à la définition d'objectifs opérationnels et de propositions d'actions. C'est le passage de la prospective à la stratégie.

Huit « chantiers » ont été ouverts :

- > La diversification de l'économie industrielle
- > La diversification touristique
- > Les enjeux des stations en 2020
- > Le Plan Climat Savoie
- > Pour une agriculture et une gestion multifonctionnelles en 2020
- > Les ressources naturelles
- > Vers de nouveaux types d'habitat
- > Les mutations démographiques

Ce travail par grand thème est complété par une mise en perspective visant à faire ressortir les interactions entre les questions traitées dans les différents groupes. C'est le propre même d'une démarche de ce type que de dépasser les visions trop spécialisées et d'introduire dans la réflexion et dans les choix plus de transversalité.

Le changement climatique, et les questions qu'il pose, illustre bien cette nécessité de décloisonnement. Tous les chantiers ont eu à appréhender cette donnée nouvelle ; que ce soit pour contribuer à limiter l'ampleur du phénomène par de nouvelles politiques de transports et d'habitat par exemple, ou pour préparer des stratégies d'adaptation, en matière notamment de développement économique ou de gestion des ressources.

Le chantier « Plan Climat Territorial » s'est principalement attaché à dresser un état des lieux du changement climatique en Savoie. Il s'agissait de compléter et d'affiner les données disponibles à d'autres échelles de territoire ainsi que d'apprécier les effets que le réchauffement climatique peut produire sur les ressources et l'économie de la Savoie. Quelques pistes de recommandation sont également émises.

C'est le résultat de ce travail qui est présenté ici.

Cela ne constitue qu'une étape vers l'élaboration d'un Plan Climat Territorial à l'échelle de la Savoie. Certaines préconisations se retrouvent dans les réflexions menées dans les autres « chantiers ». Un travail d'approfondissement devra être engagé, en cohérence avec les décisions qui devraient être arrêtées aux niveaux national (la concrétisation du Grenelle de l'environnement) et européen. Il devra également tenir compte des réflexions conduites par d'autres acteurs (comme l'association des maires de stations de montagne et l'ANEM) ou par nos voisins dans le cadre de la coopération métropolitaine du Sillon Alpin.



## > Composition du groupe de travail

### **Président :**

**Jean-Jacques DELANNOY**

Jean-Luc BESOMBRES

Xavier CHANTRE

Didier CHAPUIS

Claude COMET

Etienne COUVREUR

Marc DESMET

Henri DUPASSIEUX

Gilles IMBERT

Vincent JACQUES LE SEIGNEUR

Karine LE DIOURON

Bruno LUGAZ

Robert MUGNIER

### **Directeur du Laboratoire EDYTEM – UNIVERSITE DE SAVOIE**

Université de Savoie

D.D.E. de la Savoie

Air de l'Ain & des Pays de Savoie

Savoie Mont Blanc Tourisme

GIP Grand Lac

ENTPE

ASDER

Conseil général

I.N.E.S.

ASDER

CAUE

MDP

*Préparation des cahiers thématiques* Christophe CHAIX *Doctorant* EDYTEM

## > Changements climatiques

### 1 - Impacts et adaptation

**Le défi climatique c'est aussi adapter notre territoire national aux effets du changement climatique**

#### Qu'est-ce que le climat ?

Nous connaissons tous les conditions météorologiques auxquelles on peut s'attendre, selon la saison, en un lieu donné. Ces conditions correspondent à des moyennes (de températures, de précipitations, d'ensoleillements...), autour desquelles les variations sont plus ou moins fortes. Le climat décrit ces moyennes et ces variations, sur des échelles de temps et d'espace données.

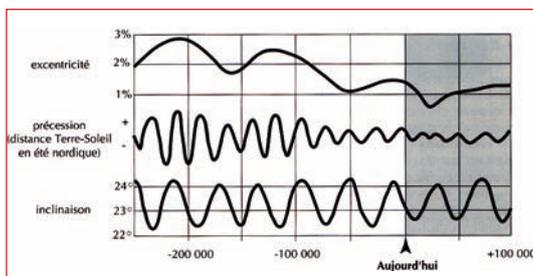
Le climat est un paramètre environnemental clé : il influence directement (i) les conditions de vie et la distribution de la végétation et des êtres vivants dont nous faisons parti, (ii) la répartition et la disponibilité de la ressource en eau, (iii) les activités agricoles s.l., et (iv) les modes d'habitat. L'homme consacre une part importante de ses activités à s'adapter voire à se protéger des effets du climat.

#### Qu'est-ce que le changement climatique ?

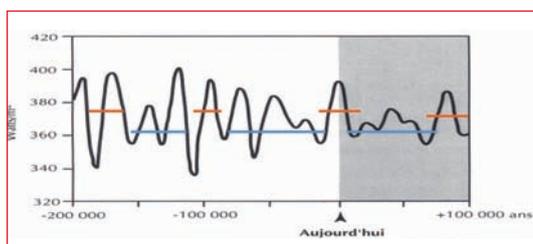
Les gaz à effet de serre ont un rôle important dans la régulation du climat. Sans eux, la température moyenne sur Terre serait de  $-18^{\circ}\text{C}$  au lieu des  $+15^{\circ}\text{C}$  actuels et la vie n'existerait vraisemblablement pas (planète glacée).

La Terre a connu durant son histoire géologique de nombreux changements climatiques qui se sont traduits par des glaciations quasi planétaires et par des périodes plus chaudes. Les reliefs des Alpes en grande partie sculptés par les glaciers quaternaires nous rappellent l'existence de ces grandes fluctuations climatiques. Les causes de celles-ci sont connues : elles sont d'origine astronomique (variation de l'ellipse de la terre autour du soleil, variation de l'angle de rotation de la Terre...) ayant des cycles différents mais dont les combinaisons entraînent un refroidissement généralisé (glaciation) ou un réchauffement généralisé (interglaciaire comme celui dans lequel nous sommes depuis 15 000 ans). Les gaz à effet de serre ont permis d'atténuer ces grandes variations climatiques, le maintien de nombreuses espèces et d'engendrer une forte biodiversité.

Si ces grandes oscillations climatiques sont bien appréhendées, on ne peut les associer au réchauffement climatique actuel. Celui-ci est clairement d'origine anthropique. En effet, depuis le XIXe siècle, l'homme a considérablement accru la quantité de gaz à effet de serre présents dans l'atmosphère. Les experts scientifiques mondiaux répondent désormais sans détour : l'indice de confiance de l'implication humaine dans les changements climatiques est supérieur à 90 %. Ainsi, selon les mesures physiques, la concentration en dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ) est à son plus haut niveau depuis 650 000 ans et a augmenté de plus de 35 % depuis l'ère pré-industrielle. En conséquence, du fait de ce déséquilibre engendré par les activités humaines, la machine climatique planétaire tend à « s'ajuster » en présence d'un effet de serre accru. Cet ajustement n'est pas ici synonyme de tendance vers un équilibre global. En effet, la température moyenne à la surface de la Terre a augmenté de l'ordre de  $0,74^{\circ}\text{C}$  depuis la fin du XIXe siècle ( $0,9^{\circ}\text{C}$  en France). Les simulations scientifiques prévoient une poursuite du réchauffement global probable de  $1,8^{\circ}\text{C}$  à  $4^{\circ}\text{C}$  selon les simulations, les modes de réponses et leur



Les différents moteurs astronomiques intervenant dans les grandes tendances climatiques planétaires (glaciations, réchauffements climatiques)

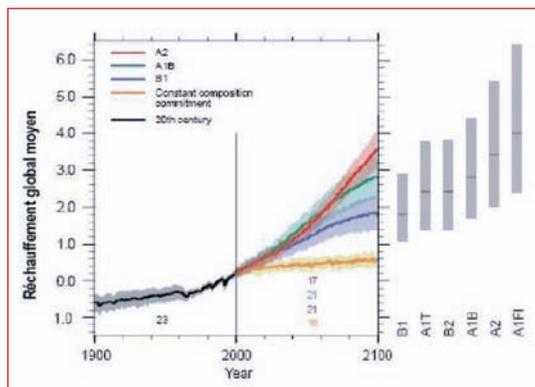


La conjonction des causes astronomiques engendre une relative rythmicité de phases chaudes (trait orange) et de périodes froides (glaciations : trait bleu). Ces moteurs ne sont pas la cause du réchauffement climatique actuel dont les causes sont clairement d'origine anthropique.

réactivité. Certains scénarii vont jusqu'à une élévation de 6,4°C. Devant ce constat, il est urgent de réduire drastiquement les émissions de gaz à effet de serre pour limiter cette augmentation de température. Cependant, compte tenu de la quantité des gaz déjà émis et de leur longévité, lutter contre le changement climatique devient une priorité planétaire notamment dans la recherche des modes d'adaptation à certains changements qui seront inéducables et durables. L'Observatoire National sur les Effets du Réchauffement Climatique (ONERC) a reçu pour mission de préparer l'adaptation en France.

## Quels sont les impacts du changement climatique dans le monde et en France ?

Si le changement climatique actuel et à venir est le plus souvent décliné sous l'angle de la hausse de la température moyenne, avec des écarts importants localement, d'autres changements sont d'ores et déjà perceptibles avec des conséquences directes sur l'environnement, les sociétés, leurs territoires et leurs économies. Certains de ces changements sont en cours d'étude comme les incidences sur les régimes pluviométriques, les courants atmosphériques ; d'autres sont d'ores et déjà connus et projetables comme l'élévation des niveaux des mers dues notamment à la fusion des calottes glaciaires. Déjà des îles du Pacifique sont en train d'être submergées (ex. de Tuvalu), des reculs de trait de côte sont associés à cette élévation (ex. de la côte du Shishmaref en Alaska), certains pays bas (ex. des Netherlands) sont directement menacés par une invasion des terres par les eaux marines, et le problème de la salinisation des aquifères littoraux se généralise. Certaines régions se réchauffent davantage que d'autres, c'est le cas de l'Europe. En France, les premiers signes du réchauffement climatique sont déjà perceptibles : inondations de 2002, canicule de 2003, avancée des dates de vendanges depuis 1945, recul du trait de côte en Aquitaine, manque de neige dans certaines stations de ski. Ces quelques exemples suffisent pour mettre en avant que les impacts du changement climatique concernent l'ensemble de la planète, des sociétés et des environnements. Ces exemples sont révélateurs de leur caractère transversal qui suppose une mobilisation générale tant sur les questions de santé (canicules, nouvelles maladies), d'agriculture (modification des précipitations et de l'accès aux ressources en eau), d'énergie (production d'électricité), de sécurité (risques naturels nouveaux ou plus forts), de modes de déplacements... Ce caractère transversal se décline à toutes les échelles et, dans le cadre de la réflexion menée dans la prospective Savoie 2020, un travail de fond a été réalisé à l'échelle du Département de la Savoie. C'est ce travail qui est synthétisé dans les différentes entrées de ce dossier.



Simulation de l'augmentation des températures de surface. Les lignes en traits pleins correspondent à des moyennes multi-modèles du réchauffement en surface (relatif à 1980-1999) pour les scénarios A2, A1B et B1, présentés comme le prolongement des simulations du 20e siècle. Les zones ombrées matérialisent les écarts types en plus et en moins des moyennes annuelles pour les différents modèles. Le nombre d'AOGCM utilisés pour une période et un scénario donné est indiqué par les nombres en couleur au bas de la figure. La ligne orange est pour une expérience où les concentrations ont été maintenues constantes au niveau de 2000. Les barres grises sur la droite indiquent la meilleure estimation (ligne solide à l'intérieur de chaque barre) et l'étendue probable évaluée pour les six scénarios SRES. L'évaluation de la meilleure estimation et des intervalles de vraisemblance dans les barres grises inclut les nombres d'AOGCM figurant à gauche de la figure, ainsi que les résultats d'un ensemble de modèles indépendants et de contraintes d'observation. Source : GIEC, 2007.

## Pourquoi faut-il préparer l'adaptation ?

L'homme et la nature ont sans doute la capacité de s'adapter spontanément aux bouleversements engendrés par le changement climatique, mais il est certain que si l'on ne se prépare pas à ce changement, il induira des coûts et des dommages bien supérieurs à l'effort de préparation. Il faut donc dès aujourd'hui réduire notre vulnérabilité aux variations climatiques, afin d'éviter de forts dommages environnementaux, matériels, financiers mais aussi humains. Il en va de notre responsabilité envers les générations à venir : le concept de développement durable prend ici toute sa force et sa dimension. Anticiper les changements à venir, penser une gestion la plus globale et raisonnée des ressources et de notre environnement, savoir prendre des décisions fortes et changer certaines de nos habitudes ne sont pas de vains slogans ; ils constituent les enjeux non pas à venir mais actuels de notre société. Ces enjeux ne seront portés que si l'engagement est collectif et la répartition des efforts est équitable.

## Les responsabilités de l'État ?

En 2001, l'État a créé l'ONERC (Observatoire National des Effets du Réchauffement Climatique), service rattaché à la Mission interministérielle de l'effet de serre du Ministère de l'Écologie et du Développement Durable. L'ONERC a reçu pour mission de préparer l'adaptation en France. Pour cela, il collecte et diffuse l'information sur les effets du changement climatique et les phénomènes extrêmes (tempêtes, inondations, canicules...), afin de formuler des recommandations pour l'adaptation et participer à la réflexion internationale en matière d'adaptation.

L'ONERC publie annuellement un rapport au Premier Ministre et au Parlement. L'ONERC a élaboré une Stratégie Nationale pour l'adaptation qui s'adresse notamment aux collectivités territoriales. Celle-ci a été validée à l'occasion de l'actualisation du Plan Climat de 2006 : il s'agit des plans climat territoriaux (déclinaison du Plan Climat nationale aux échelles régionales, départementales et urbaines).

Pour en savoir plus : [www.onerc.gouv.fr](http://www.onerc.gouv.fr)



## 2 - Explications et actions

### Le défi climatique : agir ensemble pour réduire nos émissions de gaz à effet de serre

#### Qu'est-ce que l'effet de serre naturel et l'effet de serre anthropogénique ?

Un phénomène indispensable à la vie. Notre planète reçoit toute son énergie du soleil. Seule une partie de cette énergie est absorbée par la Terre et son atmosphère ; le reste étant renvoyé vers l'espace. Avec cette énergie, la Terre s'échauffe et ce grâce aux gaz à effet de serre (GES) présents dans l'atmosphère, qui empêchent les rayonnements infrarouges d'être renvoyés vers l'espace.

L'effet de serre, phénomène naturel, est donc la condition indispensable à la vie sur Terre. Sans lui, la température de notre planète serait de -18°C.

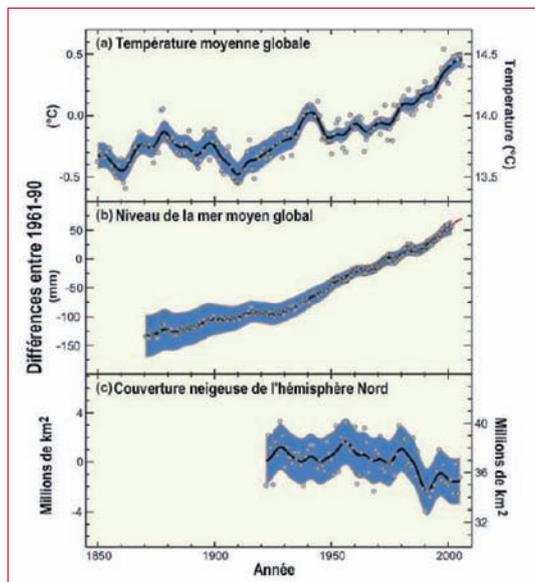
Pourquoi cet effet de serre s'accroît ? Les activités humaines rejettent des GES dans l'atmosphère. L'accroissement de la concentration de GES, dont certains sont très efficaces en petite quantité, retient dans l'atmosphère davantage de rayonnement infrarouge. Le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), le méthane (CH<sub>4</sub>), certains composés fluorés et le protoxyde d'azote constituent les principaux GES issus des activités humaines. Le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) anthropogénique (lié à l'homme) est essentiellement produit par la combustion des énergies fossiles (charbon, pétrole, gaz), par les modes actuels de transports, les bâtiments (chauffage, et indirectement la climatisation) et l'industrie. Le méthane provient des décharges d'ordure, de certains traitements des déchets, des combustions fossiles ainsi que des activités agricoles. Le protoxyde d'azote est issu des engrais agricoles ainsi que de divers traitements chimiques. Les gaz fluorés sont essentiellement des gaz réfrigérants utilisés dans les systèmes de climatisation.

Ce surplus « artificiel » d'effet de serre provoque un réchauffement général de la basse atmosphère et de la surface terrestre. Cette nouvelle dynamique climatique dont on ne mesure pas encore la totalité des effets à venir tant d'un point de vue environnemental qu'économique, s'est mise en place il y a un peu plus d'un siècle avec le début de l'ère industrielle. Si 1,5 siècle est bien peu de chose au côté de l'histoire de notre planète (+ de 4 milliards d'années), les effets induits par les activités humaines et l'émission importante de GES anthropogénique (liés à l'homme) sont considérables puisqu'un tel accroissement de la température sur une période si courte n'a jamais été jusque là mis en évidence dans les enregistrements du climat contenus dans les archives naturelles (sédiments marins, lacustres, glace, grottes...) ; archives qui permettent de remonter avec une relative précision sur le dernier million d'années. Le phénomène climatique actuel dépasse tout ce que nous avons connu tant par son ampleur et sa rapidité.

Le climat de la planète commence déjà à s'adapter aux émissions passées de GES anthropogéniques.

Les dernières évaluations indiquent (i) une hausse de la température moyenne mondiale de l'ordre de 0,74°C depuis la fin du XIXe siècle, (ii) une élévation du niveau moyen des mers de 17 cm au cours du XXe siècle. De nombreuses régions du monde connaissent des dérèglements





Modifications de température, de niveau de la mer et de couverture neigeuse dans l'hémisphère Nord.  
 Changements observés sur (a) la température en surface moyennée sur le globe ; (b) l'élévation moyenne globale du niveau de la mer obtenue à partir de données provenant de marégraphes (bleu) et de satellites (rouge) et (c) la couverture neigeuse de l'Hémisphère Nord en mars et avril. Tous les changements sont relatifs aux moyennes correspondantes pour la période 1961-1990. Les courbes lissées représentent des moyennes décennales, et les cercles des valeurs annuelles. Les zones ombrées correspondent aux intervalles d'incertitude estimés à partir d'une analyse complète des incertitudes connues (a et b) et de la série temporelle (c).  
 Source : GIEC, 2007

notamment en ce qui concernent le régime des précipitations et les phénomènes dits-extrêmes (sécheresse, canicule, tempête...).

Les modèles construits à partir des données climatiques enregistrées dans l'atmosphère et sur Terre prévoient d'ici la fin de ce siècle :

- un réchauffement de la planète d'ici 2100 compris entre 1,8° à 4°C, voire 6,4°C ;
- une élévation du niveau de la mer de 18 à 59 cm ;
- une diminution de la couverture neigeuse.

Une augmentation de + 4°C correspondrait au même choc thermique que celui qui nous sépare d'une période glaciaire, en 100 ans au lieu de 10 000 ! Ces changements auront des conséquences de grande ampleur sur l'environnement, les paysages, la vie animale et végétale, l'évolution des sols et des ressources en eau, ainsi que sur nos activités économiques ou sur notre santé.

Ces projections peuvent être perçues comme alarmistes ; elles ont surtout une valeur de prise de conscience, de prise de responsabilité et de décisions.

### Quelles sont les réponses de la communauté internationale face aux changements climatiques ?

Dans le cadre du Protocole de Kyoto (1997), certaines nations se sont inscrites dans une volonté de réduire durablement leurs émissions de GES. Cette décision historique, même si on peut nuancer le degré d'implication de telles ou telles nations, résulte d'une lente prise de conscience de l'urgence climatique. En effet, la première conférence mondiale sur le climat qui date 1979, avait déjà alertée nos dirigeants sur l'importance de la question du changement climatique lié aux activités humaines et modes économiques occidentaux. La Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques de 1992 a reconnu l'existence et l'importance du changement climatique d'origine humaine et a imposé aux pays industrialisés le primat de la responsabilité pour lutter contre ce phénomène. Le Protocole de Kyoto, conclu en 1997 et entré en vigueur dès février 2005, impose aux pays industrialisés la réduction de leurs émissions de gaz à effet de serre de 5 % en moyenne entre 2008 et 2012 par rapport aux niveaux de 1990, en mettant en place des mesures efficaces et appropriées. Ce régime multilatéral doit évoluer, il faut aller plus loin que 2012 : à la lumière des scientifiques, il faut diviser par 2 et donc par 4 pour les pays industrialisés, les émissions d'ici 2050 afin de limiter le réchauffement moyen de la terre en deçà de 2°C.

### Quelle est la politique de réduction des gaz à effet de serre en France ?

Dans le cadre du Plan Climat mis en place dès 2004. La France accorde un soutien prioritaire aux accords adoptés par la communauté internationale, et ce en vertu de sa politique sur le développement durable. Le gouvernement a, dans ce cadre, mis en œuvre un Plan climat, dont la validation a été effective en juillet 2004 et qui a été renforcé en novembre 2006. Couvrant la période 2004/2010, le plan climat concerne tous les émetteurs de gaz à effet de serre : particuliers, acteurs des transports, occupants de logements, industriels, agriculteurs, Etat et collectivités locales.

Des mesures complémentaires ont été adoptées lors du séminaire gouvernemental sur le développement durable de mars 2005 et des mesures pour les économies d'énergie et les transports propres à la rentrée 2005.

Un groupe de travail « Facteur 4 » a été créé et a rendu un rapport qui évalue les moyens d'atteindre une division par 4 de nos émissions de gaz à effet de serre. La France affiche aussi un fort soutien à l'action communautaire européenne dans ses différentes actions de maîtrise du changement climatique et propose de nouvelles mesures à généraliser au niveau de l'Union. De plus, les industriels français participent au marché européen d'échange de quotas d'émissions, qui préfigure le futur marché international d'échanges de crédits d'émissions. Et afin de contribuer au développement durable des pays émergents et des pays en développement, la France alloue des moyens financiers importants au niveau bilatéral et multilatéral.

Le Grenelle de l'Environnement qui vient de se tenir, priorise clairement les actions à mener, à renforcer ou à innover pour réduire et durablement

les émissions de GES autour des principes de répartition des efforts et d'équité. Souhaitons que ces déclarations se concrétisent rapidement et efficacement.

### Comment agir individuellement ?

En multipliant les petits gestes quotidiens...

Partout, des initiatives se mettent en place, au niveau de l'Etat, des collectivités, des entreprises, mais rien ne peut aboutir sans l'action individuelle. Nous sommes tous concernés : même modestes, les mesures individuelles deviennent très efficaces lorsqu'elles s'additionnent. Ces gestes se retrouvent dans les choix de modes de déplacement, dans les achats des produits de saison, le recyclage, des bons réflexes à la maison...

### Il n'y a pas de petits gestes quand on est 60 millions à les faire.

Pour en savoir plus :

[www.ecologie.gouv.fr](http://www.ecologie.gouv.fr)

[www.effet-de-serre.gouv.fr](http://www.effet-de-serre.gouv.fr)

[www.ademe.fr](http://www.ademe.fr)

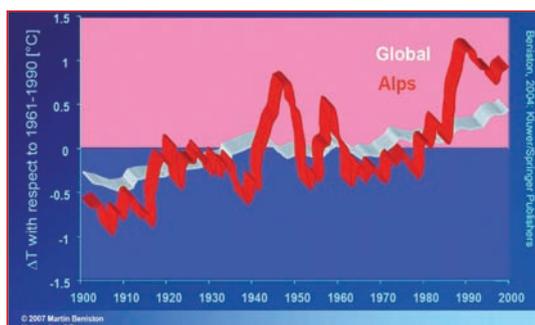


## 3 - Conséquences du changement climatique global sur le climat savoyard

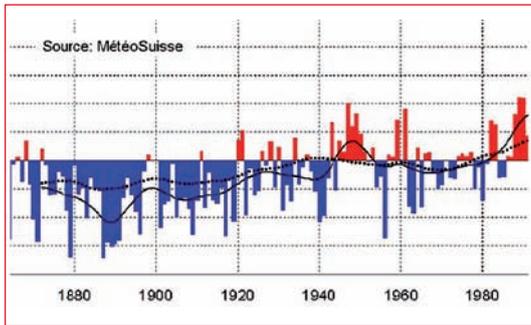
### Caractéristiques du climat des Alpes

Les Alpes sont soumises à quatre grandes influences climatiques dont l'emprise est plus ou moins importante selon la situation et les saisons. Ces influences sont : (i) les flux d'Ouest qui transportent douceur et humidité (influence atlantique) ; (ii) les flux méditerranéens qui amènent chaleur et pluies sur les versants méridionaux (effet foehn versants septentrionaux) ; (iii) les flux de nord issus des hautes latitudes (origine polaire) ; (iv) la masse d'air continental (froid et sec en hiver et chaud en été) à l'Est. Les Alpes, par leur effet de barrière, la puissance de ses reliefs et leur disposition, ont pour effet d'accentuer ou non ces différences influences climatiques (position de front par rapport aux flux, site d'abri, etc.). C'est pourquoi, les Alpes se caractérisent par d'importantes variations spatiales du climat et la répartition des précipitations. Les Alpes ont, par ailleurs, une incidence sur le climat régional du fait de leur altitude et de la présence d'une couverture nivo-glaciaire ; leur physiographie joue un rôle fondamental dans la détermination des températures et dans le mode de précipitations (neige, pluie...). Cela se traduit également, en hiver, par des précipitations essentiellement nivales au-dessus de 1500 mètres d'altitude. A partir de 2 000 mètres environ, le manteau neigeux se maintient approximativement de la mi-novembre à la fin mai. En termes de saisonnalité, les températures culminent pendant les mois d'été dans toutes les Alpes. En revanche, la saisonnalité des pluies est beaucoup plus variable spatialement et elle est fonction de la situation et de l'orographie.

Cette courte présentation a pour objet de mettre en avant la relative complexité des conditions et données climatiques au sein des Alpes. Si de grandes tendances peuvent être dégagées pour l'ensemble de la chaîne alpine (cf. rapport OCDE, 2007), la déclinaison par massif et par vallée des effets du réchauffement climatique nécessite discernement notamment dans l'application de modes d'adaptation aux modifications environnementales et de certaines activités économiques (tourisme hivernal, aménagements hydrauliques...). Cela suppose de disposer de données et d'un suivi suffisamment long pour dégager les tendances à l'échelle locale des effets du global change. L'indigence des données locales rend parfois délicate l'interprétation des tendances globales aux échelles de nos territoires de montagne.



Variation de la température par rapport à la normale (1961-1990) entre les moyennes globales (en blanc) et les moyennes alpines (en rouge) – d'après M. Beniston, 2007

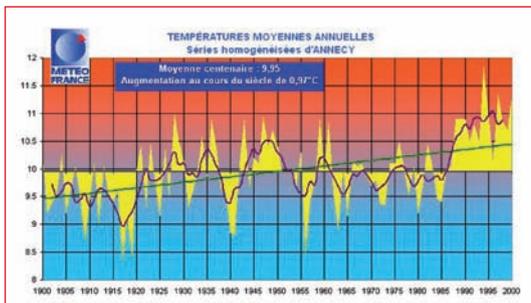


Variation de la température moyenne annuelle en Suisse de 1684 à 2006

## Tendances observées pour le climat des Alpes

Les reconstitutions du climat des Alpes à partir des enregistrements contenus dans les archives naturelles (lacustres, glaciaires, karstiques...) mettent en avant durant le dernier millénaire l'existence de plusieurs variations marquées du climat. Ainsi après l'optimum climatique médiéval, les Alpes ont connu une nette période de refroidissement : le Petit Age Glaciaire (PAG) qui a duré plusieurs siècles (XVI-XIXième siècle) ; durant cette période, les glaciers ont réenvahi certaines vallées alpines et les conditions de vie furent particulièrement difficiles. La fin du PAG –fin XIXième siècle- coïncide avec le début de la révolution industrielle ; cette coïncidence a été un des éléments forts de discussion entre les scientifiques notamment autour du questionnement suivant : comment faire la part entre le réchauffement naturel faisant suite à une période froide (cause astronomique) et le rôle de l'homme notamment du rejet des gaz à effet de serre émis par les industries et les nouveaux modes de transport ? Cette discussion est aujourd'hui en grande partie tranchée. Si on ne peut nier la part naturelle du réchauffement actuel, l'importance de celui-ci est telle qu'elle ne peut être que liée aux activités humaines. L'étude des informations contenues dans les archives naturelles (glace, lacs, grottes, arbres...) met clairement en avant que l'ampleur du réchauffement actuel sur une si courte durée (un peu plus d'un siècle) est exceptionnelle et n'a jamais été relevé dans les enregistrements glaciaires qui permettent de remonter sur plus de 650 000 ans.

Au niveau des Alpes, les températures nocturnes hivernales (minimum) ont connu une augmentation pouvant aller jusqu'à 2°C au cours du XXème siècle. Le réchauffement plus récent observé dans les Alpes depuis le milieu des années 1980, bien qu'en phase avec le réchauffement planétaire, est à peu près trois fois plus sensible que la moyenne mondiale. Le réchauffement le plus marqué est intervenu après 1990. Ainsi, les années 1994, 2000, 2002 et surtout 2003 ont été les plus chaudes dans les Alpes au cours des cinq cents dernières années. En revanche, sur cette même période, on ne constate pas de tendance similaire franche en ce qui concerne les précipitations moyennes dans les Alpes, bien qu'une légère diminution des précipitations régionales moyennes ait été observée depuis 1970 et plus localement depuis 2000. Cette tendance annuelle des précipitations peut être affinée : les précipitations hivernales dans les Alpes tendent à augmenter ce qui n'est pas le cas des précipitations estivales qui diminuent parfois fortement selon les massifs et leur situation vis-à-vis des flux atmosphériques estivaux.

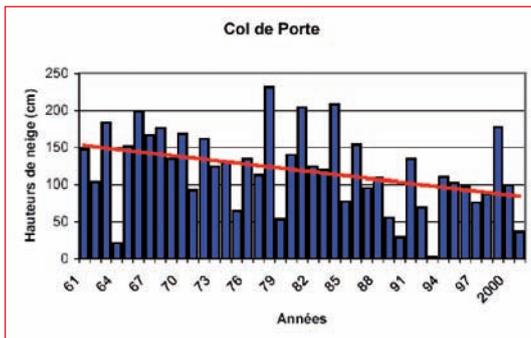


Evolution de la température moyenne annuelle à Annecy de 1900 à 2000 d'après Météo France

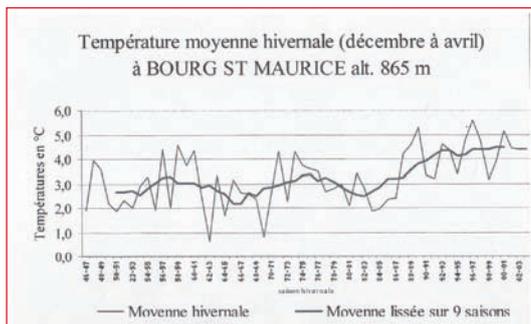
## Quel avenir pour la Savoie ?

Les travaux scientifiques et le suivi des données climatique ont mis en avant le caractère amplificateur des montagnes et plus particulièrement des Alpes vis-à-vis du changement climatique actuel. Comme cela a déjà été souligné le réchauffement a été, depuis les années 1980, trois fois plus important dans les Alpes que pour la moyenne planétaire.

Suivant différentes études, il est prévu **pour 2050 une augmentation des températures de 1°C à 3°C en hiver et de 1°C à 5°C en été**. Quant aux précipitations, les simulations à partir de modèles climatiques éprouvés projettent **une augmentation de 5% à 25% en hiver contre une diminution de 5% à 40% en été**. L'augmentation hivernale des précipitations ne signifie pas pour autant un accroissement de la couverture nivale ; en effet, les précipitations neigeuses en montagne sont conditionnées par un grand nombre de facteurs dont la température et la variabilité météorologique (accroissement des flux du sud et effet foehn). L'augmentation des températures et la variabilité météorologique entraîneront **une forte diminution de la couverture neigeuse à faible et moyenne altitude** : celle-ci a été estimée à 50 %. Cela se traduit également pour les Alpes du Nord par une réduction d' 1 mois voire plus du nombre de jours d'enneigement vers 1500m. Cette tendance lourde pose **la question de l'avenir de certaines activités liées à la neige pour les stations de basse et moyenne altitude**. Cette tendance générale se fera dans un premier temps moins ressentir en haute montagne où l'effet altitude rend moins aléatoire la chute des précipitations sous forme nivale ; néanmoins, les stations d'altitude ne sont pas à l'abri de l'accroissement de la variabilité météorologique hivernale avec notamment des effets marqués de redoux liés aux flux de sud. Dans le contexte actuel, on relève une réduction de l'enneigement de l'ordre d'une quinzaine de jours (-20% pour l'accumulation maximale).



Evolution des hauteurs de neige moyennes au Col de Porte depuis 1961 pour la deuxième décennie de février. Source : ETCHEVERS, MARTIN, 2002.



L'effet combiné des tendances concernant les précipitations et les températures hivernales met en avant dans l'état actuel des connaissances une réduction de la neige (voire la disparition d'un manteau neigeux) à basse altitude et un maintien voire un accroissement des chutes de neige en altitude.

Si la période hivernale est importante pour l'économie savoyarde, une attention doit également être portée à la **période estivale** : celle-ci sera de plus en plus marquée par une diminution significative des précipitations et une augmentation toute aussi significative des températures ce qui conduit à une récurrence plus importante des phénomènes jugés aujourd'hui exceptionnels comme la **sécheresse et la canicule**.

Sources :

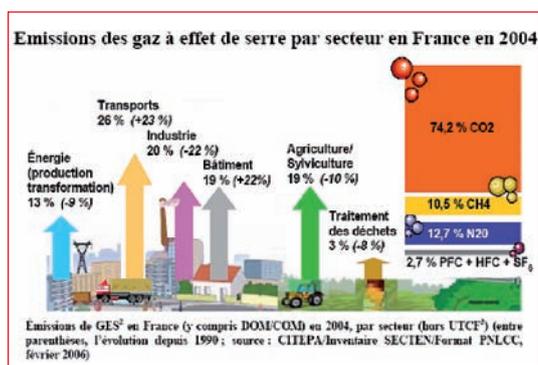
1. BENISTON, M. *Climatic change in mountains regions : review of possible impacts*, *Climatic Change*, n° 59, 2003, pp. 5-59.
2. CARLO, C., WANNER, H., LUTERBACHER, J., et al. *Temperature and precipitation variability in the european alps since 1500*, *International Journal of Climatology*, n°25, 2005, pp. 1855-1880.
3. OCDE, *Changements climatiques dans les Alpes, résumé*, 2007, 6 pages. Disponible sur : [www.oecd.org/dataoecd/25/39/37909246.pdf](http://www.oecd.org/dataoecd/25/39/37909246.pdf)





## > Les gaz à effet de serre

# 1 - Etat des émissions des gaz à effet de serre globales et en Savoie



Si dans les nombreux débats et tables rondes sur le changement climatique actuel les spécialistes ne sont pas tous d'accord sur les différentes projections du réchauffement planétaire, il existe néanmoins un fort consensus et un constat unanime : celui de l'importante augmentation des gaz à effet de serre et leurs conséquences sur l'élévation de la température relevée depuis plus d'un siècle. Les travaux menés par les chercheurs mettent clairement en avant que cette augmentation débute avec la révolution industrielle et ne cesse de croître avec le développement des activités industrielles et des modes modernes de transport. Comme le mettent en avant les autres fiches de ce dossier, le changement climatique actuel et à venir a de nombreuses incidences directes en Savoie tant d'un point de vue environnemental qu'économique. Ces incidences sont suffisamment importantes pour mettre en place des politiques sérieuses et efficaces pour réduire les émissions des gaz à effet de serre et ceux à toutes les échelles : celle du citoyen, du politique, des acteurs territoriaux et économiques.

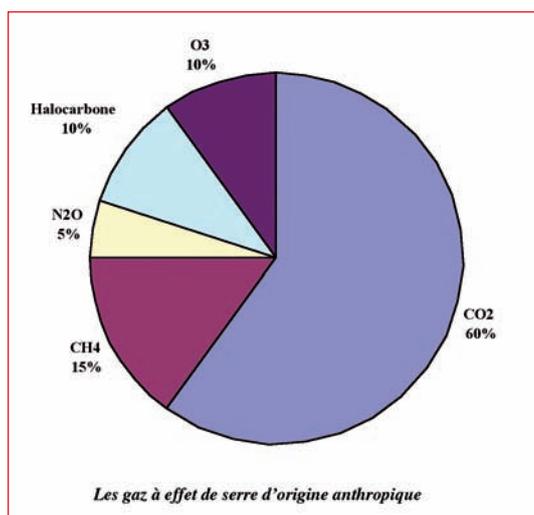
Cette fiche a pour objet de faire l'état des gaz à effet de serre (GES) en Savoie. Cet état est un point obligé : le référent à partir duquel il faut définir les modes d'action efficace pour réduire durablement les GES.

### Les différents gaz à effet de serre

Plusieurs composés ont été identifiés dans l'atmosphère comme pouvant jouer un rôle important dans le processus d'effet de serre. Les Gaz à Effet de Serre (GES) naturellement présents dans notre atmosphère sont essentiellement, le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), le méthane (CH<sub>4</sub>) ainsi que la vapeur d'eau. Sans ces GES, la Terre serait une planète glacée (-1,8°C) contre une moyenne actuelle de l'ordre de 15°C. Contrairement aux causes notamment astronomiques à l'origine des variations climatiques passées (glaciations, optimum climatique du Moyen Age...), le réchauffement climatique actuel est lié à la production de GES supplémentaires liées aux activités humaines. C'est autour des GES d'origine anthropique qu'il faut agir et dresser un constat qui ne soit pas scientifiquement et déontologiquement contestable.

Par leurs émissions dans l'atmosphère, le dioxyde de carbone, le méthane, certains composés fluorés et le protoxyde d'azote constituent les gaz d'origine anthropique les plus importants de notre problématique. Ces composés relativement stables dans l'atmosphère engendrent par absorption du rayonnement infrarouge et sans aucune transformation physico-chimique un accroissement de l'effet de serre. Ils sont considérés comme des gaz à effet de serre (GES) directs. Du fait de leur origine, ils sont également appelés anthropogéniques.

Le dioxyde carbone (CO<sub>2</sub>) anthropogénique est essentiellement produit par la combustion des énergies fossiles (charbon, pétrole, gaz), par les modes actuels de transports, les bâtiments (chauffage, et indirectement la climatisation) et l'industrie. Le méthane provient des décharges d'ordure, de certains traitements des déchets, des combustions fossiles ainsi que



des activités agricoles. Le protoxyde d'azote est issu des engrais agricoles ainsi que de divers traitements chimiques. Les gaz fluorés sont essentiellement des gaz réfrigérants utilisés dans les systèmes de climatisation. Le dioxyde de carbone est le plus important des GES : sa concentration mondiale a crû d'une valeur préindustrielle d'environ 280 ppm (particules par million) à 380 ppm en 2007. Cette variation dépasse de loin celles relevées dans le passé à partir de l'analyse des carottes de glace (68 000 dernières années). Si on se réfère aux mesures effectuées directement dans l'atmosphère (depuis les années 1960), on relève un accroissement important du CO<sub>2</sub> sur les dix dernières années : augmentation de 1,9 ppm/ an (1995-2005) contre 1,4 ppm sur la période 1960-1995. La concentration atmosphérique mondiale en méthane a également fortement augmenté : elle est passée de 715 ppb (particule par milliard) pour la période préindustrielle à 1774 ppb en 2005. Ici également de telles augmentations n'avaient été enregistrées dans le passé (cf. analyse archives naturelles). Ces chiffres sont suffisamment éloquents pour s'interroger sur les modes de réponse à apporter dès aujourd'hui.

L'ozone (O<sub>3</sub>) est également considéré comme étant un gaz à effet de serre mais avec des implications plus régionales en raison de sa durée de vie plus courte dans l'atmosphère. L'ozone n'est pas directement émis par les activités humaines mais est le fruit de réactions chimiques dans l'atmosphère induites par plusieurs polluants atmosphériques. Ainsi le monoxyde de carbone (CO), les composés organiques volatils non méthaniques (COVNM) et les oxydes d'azote à l'origine des ces réactions de formation de l'ozone, sont considérés comme des GES indirects.

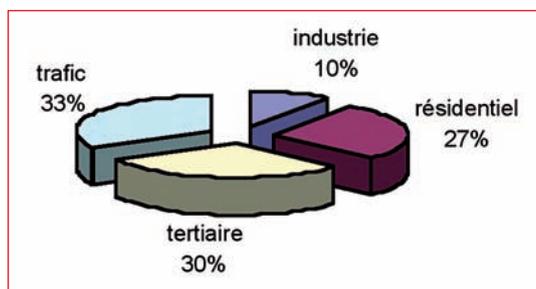
Enfin les particules atmosphériques jouent également un rôle dans l'effet de serre mais celui-ci est plus complexe dépendant fortement de la nature et de la composition chimiques des aérosols.

## La qualité de l'air

Les polluants atmosphériques émis par l'homme sont nombreux et se rencontrent à l'état de gaz ou de fines particules. Il peut s'agir de polluants primaires directement émis par un grand nombre d'activités : chauffage, activités industrielles, transports modernes, traitements des déchets... Il existe également des polluants dits « secondaires » dont la présence résulte de réactions chimiques et photochimiques se produisant dans l'atmosphère : l'ozone, aldéhydes, acides appartiennent à cette seconde catégorie. Ces deux types de polluants interviennent directement sur la santé, l'environnement et les processus de réchauffement climatique. Après émission, les polluants primaires sont transportés et diffusés à plus ou moins grande distance par les vents et la circulation atmosphérique en générale. Leur durée de vie dans l'atmosphère est très variable et dépend de nombreux paramètres (solubilité, réactivité avec les constituants de l'air, etc.). Les espèces à courte durée de vie (quelques minutes à quelques heures) sont les principaux responsables des pollutions locales. Les polluants ayant une durée de vie plus importante peuvent diffuser à longue distance et engendrer des pollutions qualifiées de régionale (plusieurs centaines de km des sources d'émission) voire de planétaire (GES, gaz affectant la couche d'ozone).

La prévention de la pollution de l'air nécessite la prise en compte de ces différentes échelles de pollution et celles-ci sont souvent étroitement liées car de nombreux polluants génèrent des pollutions locales, urbaines et à longue distance.

Une attention particulière doit être portée en Savoie compte tenu de l'orographie (reliefs, vallées, orientation / vents dominants...) qui contraint la propagation de certaines sources de pollution. Un autre phénomène affecte particulièrement les vallées alpines de Savoie, notamment en hiver : le phénomène d'inversion thermique (plus froid dans le fond des vallées occupées par des brouillards qu'en altitude). Ce phénomène favorise le maintien de la pollution et les différents gaz émis dans le fond des vallées (chauffage, activités, transport...); ce phénomène de pollution « hivernal » est d'autant plus accentué que l'hiver est propice à la stabilité de l'air ce qui favorise la concentration des polluants dans une masse d'air réduite au niveau du sol. De plus la quantité de polluants dans l'air est plus importante en hiver compte tenu de la moindre participation de certains agents dans les processus photochimiques et de l'accroissement de certains sources de pollution, notamment le chauffage et les déplacements de courte distance (moteurs froids > surémission de polluants).



Bilan des émissions de CO + COV + NO<sub>x</sub> + SO + PM par secteurs en Savoie en 2002

Outre les impacts sur la santé, les écosystèmes et le patrimoine bâti, plusieurs polluants de l'air ont des répercussions climatiques. Les composés présentant un effet de serre indirect par leur capacité à former de l'ozone et les particules atmosphériques sont plus souvent rattachés à la problématique de la qualité de l'air et de pollution urbaine. Cependant, en raison des espèces impliquées mais également des sources d'émissions souvent communes, il existe des liens forts entre les problématiques de l'effet de serre et de qualité de l'air. Par conséquent, la maîtrise des émissions de l'ensemble de ces composés doit permettre d'apporter des améliorations notables à ces deux problématiques environnementales.

## En Savoie

Les outils de quantifications des émissions de polluants atmosphériques permettent de disposer d'une cartographie et d'un état à l'échelle du département.

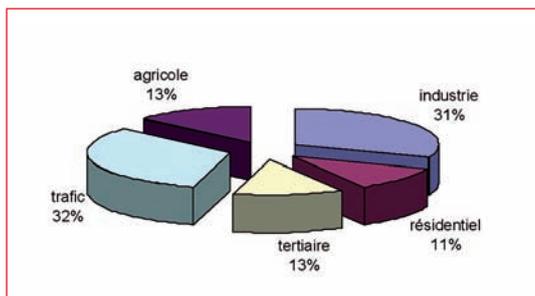
A l'instar de la situation nationale, le dioxyde de carbone est le principal polluant émis, contribuant de façon majoritaire (69%) au Potentiel de Réchauffement Global. Les émissions sont liées au transport, principalement le long des principaux axes routiers (vallées alpines), au résidentiel et à l'industrie également concentré dans les vallées alpines et la cluse de Chambéry (cf. carte). La totalité des composés fluorés contribue à 16%, alors que le méthane et le protoxyde d'azote ont un impact équivalent.

Deux scénarii (référence et stabilisation) permettent de simuler l'évolution des émissions de GES en Savoie d'ici 2020 :

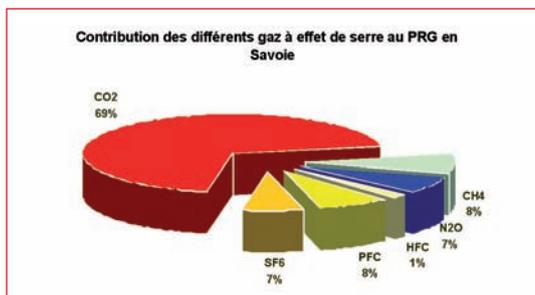
- le premier est basé sur (i) une augmentation de la population de 0,5% par an, (ii) un accroissement de croissance économique de l'ordre de 2,2% par an, (iii) la poursuite de la maîtrise énergétique actuelle, et (iv) le développement des énergies renouvelable (solaire non inclus). Dans ces circonstances, une augmentation des émissions de 7% est attendue.

- le second scénario est basé sur (i) une stabilisation de la consommation du secteur transport, (ii) une maîtrise de l'étalement urbain, (iii) le développement des transports en commun et des déplacements doux, (iv) un fort développement des énergies renouvelables (compris le solaire) et (v) l'amélioration de l'habitat existant (isolation) et des nouveaux logements et bâtiments. Dans ces circonstances, les émissions de GES en 2020 pourraient retrouver le niveau de 1990 (baisse de -5% par rapport à 2005).

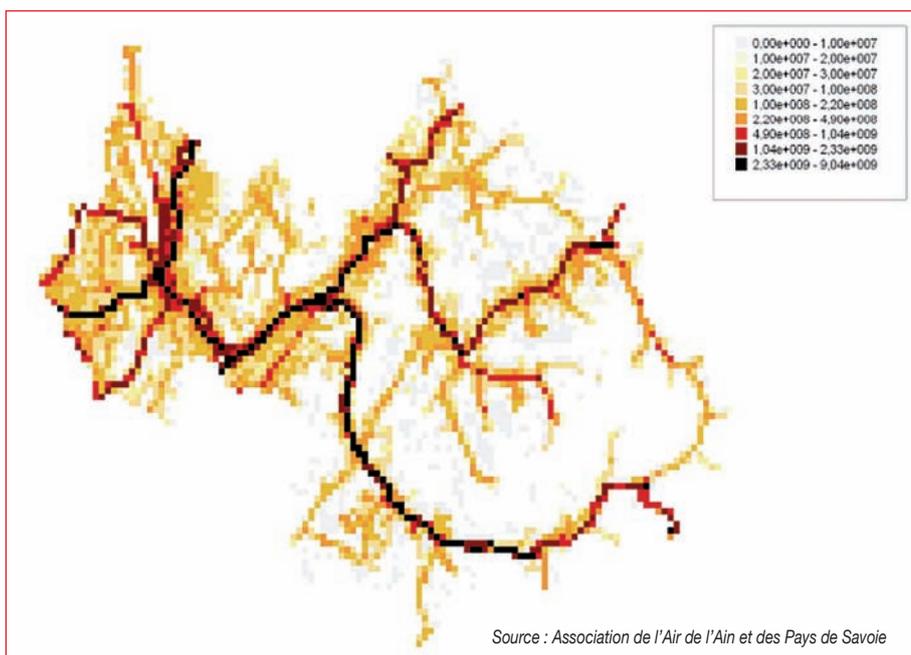
Ces scénarii soulignent que les actions menées localement (niveau du Département et des agglomérations) ont du sens et permettent d'agir concrètement dans la réduction des GES et de la pollution de l'air. Dans les deux cas, les enjeux envers les transports et les bâtiments (chauffage, isolation) sont majeurs.



Bilan des émissions de gaz à effet de serre par secteurs en Savoie en 2002



PRG : Potentiel de Réchauffement Global



Cartographie des émissions de GES (gr. eq. CO2) en 2002 en Savoie.

Les émissions liées à :

- l'industrie : autour de Chambéry et dans le début des vallées alpines.
- au résidentiel et tertiaire : bien disséminées en Savoie.
- au trafic : principalement le long des axes routiers (fortes émissions dans les vallées alpines).

Source : Association de l'Air de l'Ain et des Pays de Savoie

## 2 - Habitat et tertiaire

### La participation du secteur habitat-tertiaire aux émissions de gaz à effet de serre

- Les logements et les bâtiments de type tertiaire participent pour 19 % des émissions de gaz à effet de serre au niveau national. Ils contribuent pour 25 % aux émissions nationales de CO<sub>2</sub>, soit plus de 0,5 tonne de carbone et 1,2 tonne d'équivalent pétrole par an et par personne.

- Ces émissions de gaz à effet de serre des secteurs habitat et tertiaire sont en forte croissance :

+ 16 % entre 1990 et 2005. C'est, avec les transports (+ 22 %), le seul secteur qui accroît ses émissions alors que, pour les autres secteurs, l'évolution est négative (industrie - 19 %, agriculture - 11 %, ...).

Plusieurs facteurs expliquent cette évolution. Il s'agit en premier lieu de l'accroissement du parc de logements. La surface moyenne des logements est également en augmentation. La satisfaction de nouveaux besoins a enfin contribué à une forte augmentation de la consommation d'électricité utilisée pour l'électroménager, l'éclairage, la bureautique, la climatisation, ...

- Dans cet ensemble, le chauffage représente près des deux tiers de la consommation d'énergie et la majeure partie des émissions de CO<sub>2</sub>, en raison du contenu élevé en carbone des combustibles fossiles et de l'électricité utilisée lors des périodes très froides.

### Evolution tendancielle

La poursuite des évolutions constatées sur la dernière période conduirait, à l'horizon 2030, à une augmentation de l'ordre de 20 % de l'énergie par le secteur résidentiel. L'application des normes permet de limiter la croissance due au chauffage, mais les consommations continuent à croître fortement pour les autres usages.

### Evolution des consommations d'énergie par usages

(Mtep)	Consommations 2002	Perspectives 2030	Taux de croissance (%)
Chauffage	36,1	37,9	+ 5
Cuisson	2,1	2,4	+ 14
Eau chaude	4,8	7,1	+ 48
Electricité spécifique	4,9	9,1	+ 86
Total	48,3	57,9	+ 20

### La situation en Savoie

La Savoie se distingue assez nettement de la moyenne nationale. Le secteur résidentiel-tertiaire représente 25 % des émissions de gaz à effet de serre.

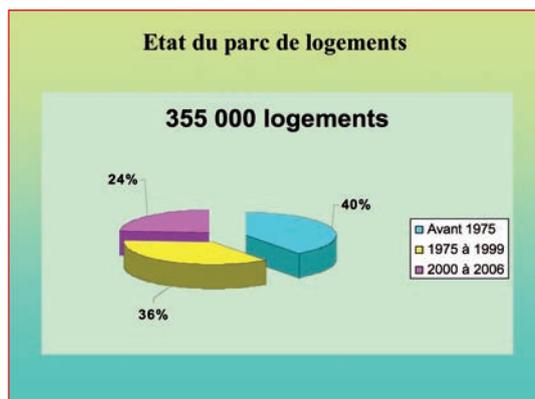
Cette part, plus importante que la moyenne nationale, tient à deux raisons principales :

- Les conditions climatiques liées à la montagne imposent un recours plus important au chauffage qu'en zone de plaine.

- La présence d'un parc d'immobilier de loisirs particulièrement important. Le potentiel d'accueil de la Savoie est de l'ordre de 500 000 lits. La population double ainsi à certaines périodes de l'année, et notamment en hiver lorsque les besoins en chauffage sont les plus importants.

La consommation énergétique des bâtiments est fortement corrélée à l'âge du parc.

La Savoie compte aujourd'hui, en 2006, environ 355 000 logements (y compris le parc touristique). 40 % de ce parc ont été construits avant 1975 (c'est-à-dire avant le premier choc pétrolier), un peu plus d'un tiers



(36 %) dans la période 1975/1999, près d'un quart (24 %) est constitué de logements récents construits depuis 2000.

La situation est différente lorsque l'on ne considère que le parc public (essentiellement les logements sociaux). Le constat réalisé en 1999 indiquait 28 % des logements réalisés avant 1965 et 72 % construits entre 1970 et 1999. C'est donc un parc plus récent que l'ensemble des logements.

A titre indicatif, l'évolution de la réglementation thermique, en 30 ans, dans l'habitat, a évolué comme suit :

- avant 1974 : 235 kWh/m<sup>2</sup>
- RT 2000 : 90 kWh/m<sup>2</sup>
- RT 2005 : 75 à 80 kWh/m<sup>2</sup>

Ce qui représente une division par trois en 30 ans.

Ces quelques données indiquent la part déterminante que doit tenir la requalification des immeubles anciens dans une politique de réduction des émissions de gaz à effet de serre dans le domaine de l'habitat.

## Le développement des énergies renouvelables en Savoie

La limitation des émissions de gaz à effet de serre dans le secteur du bâtiment résulte de la combinaison de la réduction de la consommation d'énergie par une amélioration thermique des bâtiments et de la stabilisation d'énergies renouvelables aux énergies fossiles.

La Savoie dispose à cet égard de ressources importantes. Elle est le premier département de France en matière de production hydroélectrique. Elle investit également dans d'autres formes d'énergies renouvelables, comme le solaire et la biomasse.

Les graphiques joints indiquent le recours de plus en plus important à ces types d'énergie en Savoie.

Le nombre de **chaufferies bois** installées en Savoie est passé de 11 en 2001 à 574 en 2006. Les installations particulières en constituent la plus grande partie. Mais les projets publics et collectifs se développent rapidement ces trois dernières années.

Cette forte évolution se constate également pour l'énergie solaire.

En ce qui concerne le **solaire thermique**, la surface de capteurs solaires atteint, en 2006, 25 000 m<sup>2</sup>, soit un triplement depuis 2002.

Dans le **solaire photovoltaïque**, la puissance des installations individuelles et collectives atteinte est, en 2006, de 479 kWc, soit un triplement par rapport à 2003.

Pour autant, les performances observées en Savoie, qui nous positionnent bien au niveau national, restent très en retrait par rapport à d'autres régions suisses, allemandes ou autrichiennes.

## Quelques éléments de prospective

La France s'est engagée dans une politique volontariste de limitation des gaz à effet de serre. L'objectif retenu est celui de la division par quatre des émissions à l'horizon 2050 (facteur 4). Cet objectif s'applique bien entendu au secteur de l'habitat.

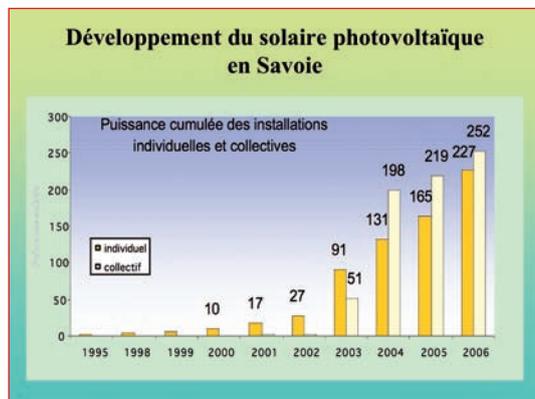
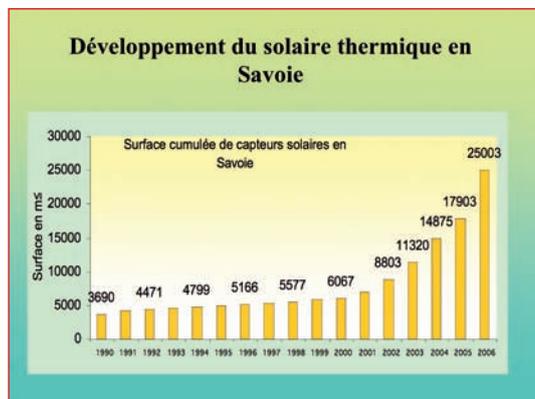
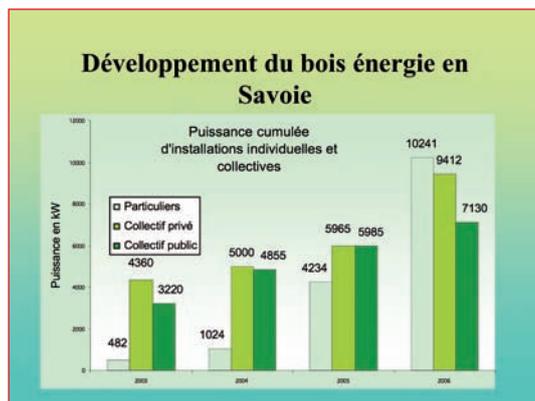
Plusieurs scénarii sont imaginés permettant, en France, d'atteindre cet objectif. Parmi ceux-ci, le scénario « negawatt » mise prioritairement sur une réduction des consommations énergétiques.

## L'application du scénario à la Savoie

Cet objectif de réduction doit être atteint dans un contexte de poursuite du développement démographique. Les hypothèses retenues sont un accroissement de population de 30 % d'ici 2050, soit environ à cette date 500 000 habitants. Le parc de logements serait porté à 393 000 (dont 238 000 résidences principales et 150 000 logements touristiques).

La mise en œuvre de la stratégie « negawatt » devrait se traduire ainsi :

- Une forte diminution de la consommation d'énergie pour le bâtiment qui passerait :
  - pour le **parc de résidences principales** de 305 ktep actuellement (avec un parc de 183 000 logements) à 140 ktep (- 54 %) avec un parc de 238 000 logements (+ 30 %),



- pour le **parc de résidences secondaires**, de 75 ktep actuellement (118 000 logements) à 60 ktep (- 20 %) avec un parc de 165 000 logements (+ 23 %).

Cela implique de diviser par trois la consommation moyenne d'énergie, et passer de 150 kWh/m<sup>2</sup> /an aujourd'hui à 50 kWh/m<sup>2</sup> /an en 2050 pour les résidences principales, et de 80 kWh/m<sup>2</sup> /an à 50 kWh/m<sup>2</sup> /an pour les logements touristiques.

- Mais ces efforts ne seront pas suffisants. Pour atteindre le facteur 4, il conviendra d'accroître très fortement le recours aux énergies renouvelables.

Les objectifs sont les suivants :

- **Solaire thermique** : passage de 25 000 m<sup>2</sup> de panneaux aujourd'hui à 350 000 m<sup>2</sup> en 2050 (700 m<sup>2</sup> pour 1 000 habitants), soit une moyenne de 7 400 m<sup>2</sup> /an supplémentaires.

- **Solaire photovoltaïque** : passage d'une production de 560 kWc en 2006 à 225 000 kWc en 2050, soit une progression moyenne de 4 500 kWc/an (actuellement de l'ordre de 100 kWc/an).

- **Bois énergie** : la puissance installée devrait passer de 25 MW actuellement à 225 MW en 2050, nécessitant de mobiliser 200 000 Tonnes de bois, dont 150 000 en plaquettes et granulés (13 000 Tonnes de plaquettes et granulés actuellement).

Ce scénario indique une voie ambitieuse mais possible pour une stratégie de réduction des émissions de gaz à effet de serre en Savoie.

.....

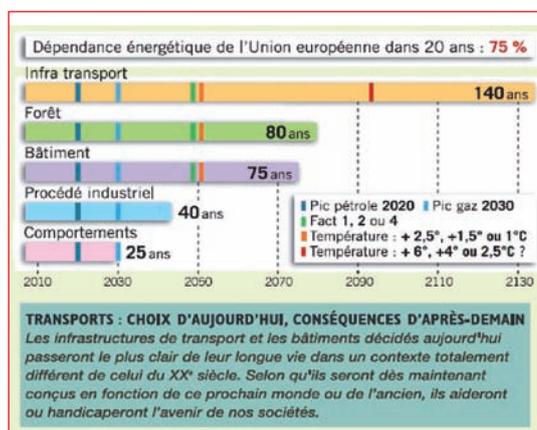
### 3 - Les transports



#### EVALUATION DU SECTEUR DES TRANSPORTS DANS L'EMISSION DES GES, TENDANCES ET EVOLUTIONS

Le secteur des transports est le principal contributeur en termes d'émission de gaz à effet de serre (GES), et celui dont la croissance a été, dans la dernière décennie, la plus importante (1990 à 2004). Ce constat à l'échelle planétaire peut être similairement décliné à l'échelle de la France et de la région. Avec plus du quart des GES (27%) et plus du tiers du dioxyde de carbone -CO<sub>2</sub>- (34%), les transports représentent le secteur le plus émissif en France comme en région Rhône-Alpes (2004). Ces données mettent clairement en avant que l'évolution des transports représente un des principaux enjeux dans le domaine de la réduction des GES et de la lutte contre le changement climatique. En dehors de toutes actions nécessaires allant dans ce sens, le poids de plus en plus important de ce secteur dans la facture énergétique et des importations peut constituer un levier non négligeable dans le changement des pratiques de déplacement et des modes de transports. La conjoncture économique actuelle fait que les enjeux d'ordre économique et environnementaux sont très liés et peuvent se convertir en nouveaux modes de développement. Sachons user à bon escient de cette conjoncture pour penser et proposer de nouveaux modes de déplacement et de transport durable. Toute stratégie allant dans ce sens, aura à la fois des effets positifs tant en termes environnementaux qu'économiques.

Les Plans Climats mis en place par les différentes nations impliquées dans le cadre du Protocole de Kyoto vont dans ce sens. Le Plan Climat gouvernemental mis en place en 2004 (2004-2012) est de stabiliser les émissions de GES à leur niveau de 1990 et 2010. Sa récente actualisation du plan climat (nov. 2006) complète le dispositif existant pour permettre à la France de tenir ses engagements. Certaines mesures visent à engager la réduction par 4 à horizon de 2050. Les mesures supplémentaires vont



permettre d'assurer une réduction supplémentaire de 6 à 8 millions de tonnes de CO2 par an, qui se rajoutent au 33 millions de tonnes économisées annuellement par le programme de 2004. Il est intéressant de noter que ces mesures portent sur la réduction de la mobilité automobile urbaine, le développement de transports alternatifs à la route, la poursuite des recherches sur les nouveaux modes de propulsion automobile ainsi que sur le développement de politique de transport durable.

De manière générale, les moyens d'une politique de transport durable sont de trois ordres:

- **La technologie** : il s'agit essentiellement de mesures européennes ou nationales, comme celles sur les normes de rejet des véhicules ou sur le biocarburant. Mais les solutions de substitution aux moteurs thermiques mettront encore plusieurs dizaines d'années pour être significativement présentes dans le parc automobile.

- **Les comportements** : pour les personnes, il s'agit d'inciter à des choix de modes moins polluants: marche à pied ou vélo pour les trajets courts, bus-tram pour la ville, le train ou le covoiturage plutôt que la voiture en solo pour les moyennes distances... Pour les entreprises, il s'agit de s'intéresser aux déplacements de leurs personnels, en incitant au report modal pour venir au travail et en limitant les déplacements professionnels.

- **Les modèles** : la régulation par les acteurs publics doit viser à faire évoluer les modèles économiques, sociaux ou territoriaux. C'est le cas en matière économique des actions menées en termes d'euro-vignette sur les poids lourds, qui vise à intégrer dans les coûts de transport leurs impacts sur l'environnement. C'est aussi le cas en matière d'aménagement du territoire de dispositions, comme celles présentes dans le ScoT de Métropole Savoie, imposant que le développement des principales zones d'habitats se fasse dans des secteurs bien desservis par les transports en commun.

Il est intéressant de relever que ces mesures générales ont été prises en compte dans les conclusions du tout récent Grenelle de l'environnement.

## LA PROBLEMATIQUE TRANSPORT EN SAVOIE

La Savoie, peut être plus que dans d'autres départements, est affectée par des types de flux et de mobilités très différents pour lesquels les moyens de réduction des GES doivent être recherchés, adaptés et intégrés à des logiques plus globales générale. Certains sont directement dépendants de décisions, actions et volontés locales et territoriales alors que d'autres dépendent plus de logique nationale et européenne.

### - Le transport international :

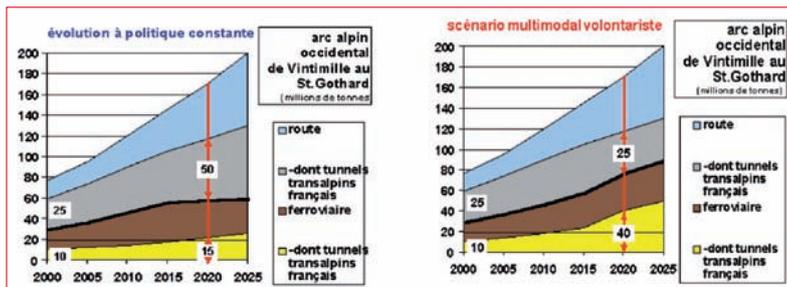
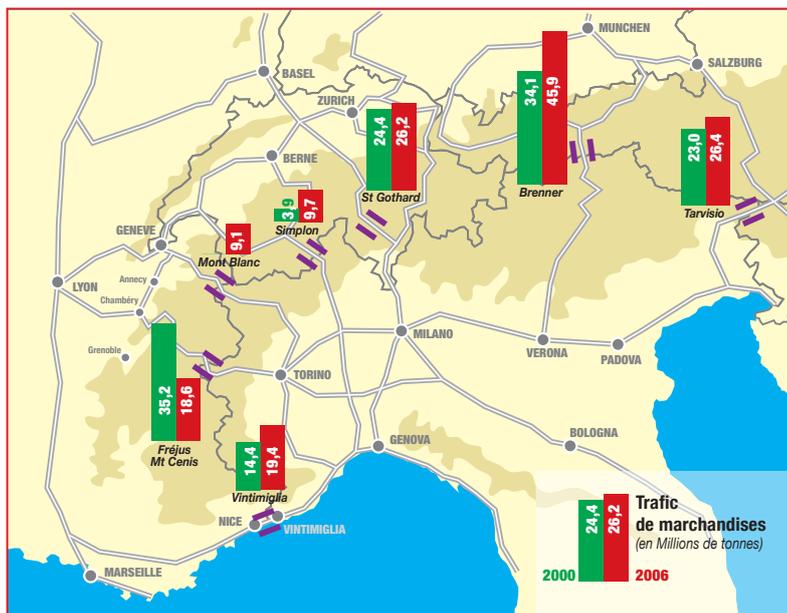
L'enjeu est essentiellement sur le report modal du transport de marchandise. Les principales mesures sont la réalisation de la liaison ferroviaire Lyon-Turin, le développement de coopération transalpine et l'application de l'euro-vignette sur les poids lourds.

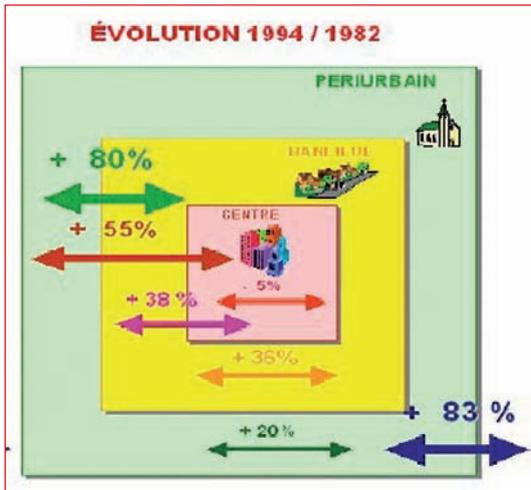
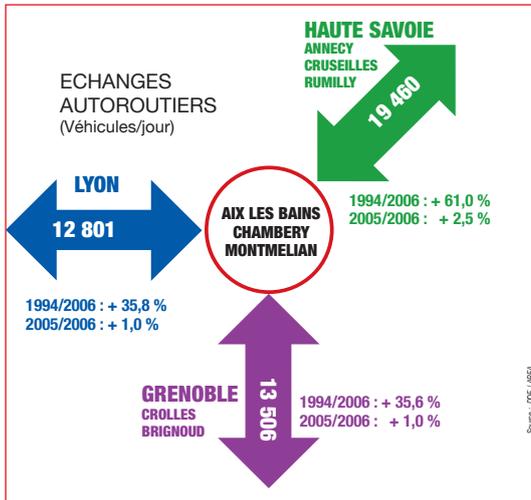
### - Le transport touristique

Avec la présence des plus grands bassins de tourisme d'hiver européens, la Savoie connaît des trafics aériens, routiers et ferrés spécifiques à ces derniers. Une stratégie de transport touristique adaptée à la situation du département doit être recherchée. Cela apparaît désormais tout aussi nécessaire à la lutte contre le réchauffement climatique qu'à la compétitivité des sites touristiques savoyards.

### - Le transport métropolitain

Au cœur du sillon alpin et à proximité des aires lyonnaise et genevoise, la Savoie connaît une forte croissance des échanges croissants avec les grandes agglomérations voisines et entre ces agglomérations (transit).





Montée en puissance du périurbain et répartition en volume de déplacements : 1/3 en agglomération, 1/3 en péri urbain et 1/3 en interurbain  
Source : www.gir-maralpin.org

Quelles que soient les modes de développement et d'échanges au sein de ce vaste espace métropolitain, le transport ferroviaire apparaît de loin le mieux adapté pour absorber la croissance des échanges dès lors qu'il répond aux demandes des usagers. Il est un des éléments incontournables d'une politique raisonnée de transport durable à l'échelle régionale. On relève, malgré le fort maillage autoroutier régional, depuis un peu plus de 5 ans, une très forte augmentation de la fréquentation des trains, liée à la fois à l'amélioration de l'offre TER et aussi à la saturation du réseau autoroutier notamment à proximité des villes du fait fait des trafics péri urbains. Il conviendra de veiller à ce que le réseau ferré qui est le plus pertinent des modes à l'échelle métropolitaine ne vienne pas lui aussi être partiellement saturé par du trafic plus local. Il s'agit ici comme ailleurs de mener une politique sachant tenir compte des différentes logiques et organisations spatiales.

### - Le transport périurbain

Constitué des déplacements quotidiens s'effectuant sur des distances allant de 5 à 25km, le transport périurbain constitue un des principaux nœuds dans l'organisation des flux. Le développement de ces mouvements pendulaires est directement lié à l'organisation territoriale de ces dernières années favorisant l'extension de l'urbanisation (pavillonnaire) dans un rayon plus ou moins important autour des noyaux urbains. Il est difficile de faire aujourd'hui marche arrière, c'est donc autour de cette répartition actuelle de l'habitat et des lieux de travail et de ressources qu'il faut travailler pour définir les modes adaptés de transport visant à une réduction notable des émissions de GES. Le report de la mobilité pendulaire vers les transports en commun en veillant à l'accessibilité des gares et à la complémentarité des réseaux de bus, des lignes de cars et du train est une voie explorée par d'autres départements. Ce report vers les transports communs suppose également un effort envers les fréquences et horaires des dessertes notamment durant la journée. Les contraintes liées à l'organisation du relief (péri-urbanisation en fond de vallée, à flancs de massif, voire même à l'intérieur de certains massifs) obligent à penser des solutions novatrices et adaptées à la forte partialisation des espaces de vie. Le développement du co-voiturage couplé avec des réseaux de transport en communs est une solution de plus en plus étudiée. Ces mesures ne peuvent être efficaces qu'en lien avec un travail de gestion de l'espace, notamment sur la localisation et la densité des zones d'habitat, ainsi que sur la localisation des zones d'emplois et de commerces. Il s'agit d'un vaste chantier mais combien important dans les réflexions sur le développement durable et la qualité environnementale.

### - Le transport urbain

La problématique de transport urbain est présente dans toutes les villes et villages du département, avec une intensité proportionnelle à leur poids de population. Les distances de déplacement sont plus faibles et rendent pertinents des modes de déplacement doux comme le vélo et la marche à pied, sous réserve de penser les cheminements et les espaces publics en conséquence. Pour les plus grandes agglomérations (Chambéry, Aix les bains et Albertville), il s'agit aussi de développer une offre de transport urbain par bus concurrentielle à la voiture. C'est notamment un des objectifs du PDU de Chambéry métropole.



## > Les effets du changement climatique en Savoie

### 1 - Les risques naturels

Les Alpes sont particulièrement sensibles aux changements climatiques actuels : l'augmentation des températures enregistrées est trois fois plus importante que pour la moyenne planétaire. Cette élévation ainsi que l'intensification d'événements pluviométriques extrêmes sont à l'origine de nouveaux types de risques auxquels nous devons faire de plus en plus face dans les années à venir.

Malgré leur apparente immunité, les montagnes constituent un système particulièrement fragile qui repose sur un grand nombre d'interactions où une infime modification est susceptible d'entraîner d'importants bouleversements. En fonction des observations actuelles et des différentes simulations, un certain nombre de processus exacerbés par le changement climatique ont déjà été mis en évidence. Ceux-ci concernant aussi la haute montagne, les versants que les vallées. Seuls sont ici présentés les risques en lien avec les changements climatiques actuels et dont les récurrences iront en s'accroissant. Cette fiche n'a pas pour objet de présenter une vision « apocalyptique » de nos montagnes mais de prendre conscience des différents phénomènes auxquels nous serons confrontés et ainsi de se préparer au mieux à leur émergence.



Avalanche de séracs sur le glacier des Grands Couloirs. Pralognan, septembre 1991. Photo Ph Deline

### > Les effets du réchauffement climatique

#### Fonte et recul des glaciers :

Les bilans de masse des glaciers alpins (différence entre l'accumulation de neige et la fonte de la glace et de la neige) sont très déficitaires depuis 1982. Cette forte régression est essentiellement associée aux chaleurs estivales étant donné que les précipitations hivernales ont dans l'ensemble peu diminué durant cette même période. Le recul des glaciers n'est pas anodin tant en termes d'images, de ressources et de risques. Leur disparition des paysages est synonyme d'une perte d'une image forte des Alpes sur lequel ont été construites de nombreuses activités notamment touristiques. Cette perte de « valeur patrimoniale » ne doit pas être négligée. La fonte des glaciers aura également pour effet de diminuer leur fonction régulatrice envers les rivières de montagne ; leur réduction et/ou leur disparition ont pour incidence l'aggravation des étiages estivaux voire l'assèchement de certaines rivières ; les implications sont multiples en termes de recharges hydrologiques (nappes), écologiques (biodiversité) et géomorphologiques. Parallèlement des risques spécifiques vont augmenter telle la formation de poches d'eau (internes) et de lacs supraglaciaires susceptibles de se vidanger brutalement avec le risque de débâcles et laves torrentielles dévastatrices. Plus localement, le recul des glaciers favorise l'effondrement de séracs ce qui engendre des facteurs accentués de risques envers certaines pratiques de la montagne.

#### Instabilité du manteau neigeux :

En dehors des incidences sur le tourisme de neige, le réchauffement des températures hivernales et l'enchaînement de plus en plus fréquent de conditions météorologiques particulières (accentuation des flux de



Evolution du glacier du Ruitor de 1885 à nos jours



L'écroulement des Drus le 29 juin 2005.  
Photo Ph Deline



Zones de montagne en Savoie soumises au risque de fusion du permafrost (en rouge).

Cartographie : CHAIX, C.



Faed (Val Bavona, Tessin) Le 31/08/1992. Photo Ph. Deline

sud-ouest et donc de foehn) est à l'origine d'une instabilité de plus en plus fréquente du manteau neigeux et par conséquence des risques d'avalanches. L'accentuation de ces risques gravitaires a une triple incidence : en terme d'image, économique (tourisme d'hiver, accès aux stations, transports) et géomorphologique (accentuation des phénomènes d'érosion).

### Fusion du pergélisol :

Moins connu que le recul des glaciers et la réduction du manteau neigeux, le réchauffement climatique actuel a pour conséquence la remontée en altitude du pergélisol (sol gelé en permanence : hiver comme été). Dans les Alpes, le pergélisol est présent selon les massifs, les versants et leur exposition dès 2600m d'altitude. Depuis quelques années, un accroissement des écroulements de grands pans de parois de haute montagne a été relevé par les chercheurs (cf. les Drus, été 2005). Cet accroissement est relié à la fusion du pergélisol qui maintenait jusque là une relative cohésion entre les éléments rocheux, voire même de certaines fractures (détente mécanique, géologiques...). La perte de cette cohésion associée à la mise en place d'infiltrations alimentées par la fusion de la glace est à l'origine de mouvements gravitaires affectant à la fois les parois rocheuses mais également les versants et vallées situés en contrebas.

L'instabilité des versants dominant les fonds de vallées habitées par l'homme deviendrait un risque majeur, de part les écroulements répétés ainsi provoqués.

## > Les effets du changement climatique (précipitations)

Les observations et les simulations issues des modèles mettent en avant une autre tendance forte pour les Alpes souvent gommée par l'effet « réchauffement » : la modification du régime pluviométrique avec notamment une accentuation des précipitations hivernales, une réduction des précipitations estivales et une intensification des épisodes de fortes précipitations. Certaines combinaisons risquent d'engendrer des situations à risque tant en ce qui concerne les versants (glissements), les vallées (crues) que l'ensemble du massif (sécheresse)

### Accentuation des glissements et des crues

L'accentuation des précipitations hivernales associé à une moindre rétention sous forme nivale aura pour effet une saturation plus importante des « sols » en eau qui, sous l'effet de fortes précipitations concentrées, sera un agent majeur d'instabilité de versants, notamment sous forme de glissements. Les versants des vallées alpines nappés de dépôts glacio-lacustres hérités des glaciations quaternaires sont particulièrement sensibles aux phénomènes de glissement ; phénomènes qui ont tendance à se propager vers les vallées avec de fortes incidences sur les activités, les infrastructures et réseaux.

Si les crues torrentielles sont des événements fréquents dans les Alpes, l'accentuation projetée d'épisodes pluvio-orageux est assurément un facteur d'accroissement de risques de crues et d'inondations notamment pour les périodes printanières et automnales où la végétation a une moindre rétention hydrique. Si on relie ces événements à l'acheminement de débris de plus en plus conséquent dans les lits des torrents (par les avalanches, écroulements, glissements...), les crues seront amenées à engendrer de plus en plus fréquemment des laves torrentielles aux effets particulièrement destructeurs.

### Accentuation des sécheresses et des incendies

Les moindres précipitations estivales associées à une augmentation projetée des températures se traduiront par des sécheresses estivales jusque là peu communes dans les Alpes du Nord. L'intensification probable des sécheresses a de nombreuses incidences. Tout d'abord hydrologique avec l'accentuation des étiages et de l'assèchement de certains cours d'eau (notamment ceux alimentés par la couverture nivo-glaciaire de plus en plus indigente). Incidence écologique, de nombreuses espèces végétales et animales ne sont pas adaptées à des périodes de sécheresse



Glacier de Rochemolon  
Photo L. Mercalli

longue et récurrente : une perte importante de biodiversité est prévisible. Si celle-ci sera compensée par l'arrivée d'espèces mieux adaptées (espèces méridionales), il est délicat de définir le mode de ce changement ainsi que les incidences naturelles (sol, espèces animales...) et économiques (activités forestières). Incidence en termes de risques avec une augmentation prévisible des incendies envers lesquels les moyens de lutte dans les Alpes du Nord sont actuellement insuffisants.

## > La gestion des risques

Afin de répondre au mieux à l'accroissement et à l'émergence des risques engendrés par les changements climatiques actuels et à venir, il importe d'agir dans au moins les trois directions suivantes :

### **Utiliser les outils en place et les améliorer.**

- Agir au niveau des structures institutionnelles et des mécanismes de transfert des risques déjà mis en place en Savoie pour faire face aux risques naturels. Transferts d'expérience (Suisse, Aoste, Autriche...)
- Diffuser l'information sur les risques climatiques auprès des acteurs : cartographie des dangers, conception des mesures de prévention.
- Favoriser les prospectives en tenant compte des phénomènes actuels et passés (archives) et dans les nouvelles dynamiques provoquées par le changement climatique.
- Mises à jour régulières des cartes de risques. Mieux intégrer les événements de périodes de retour plus longues.

### **Placer les risques climatiques sous haute surveillance.**

- Mettre en place des outils de suivi, d'évaluation et de surveillance des risques (observatoire).
- Agir concrètement face aux risques (vidange des lacs, protection).
- Penser de nouveaux modes d'action, métiers et médiations pour agir de manière concrète sur les risques propres aux milieux et territoires de montagne (vallées et piémont inclus)

### **Pouvoir travailler sur du « long » terme**

Il est nécessaire de penser des mécanismes durables pour assurer une surveillance des risques climatiques qui ne soit pas contraint par la durée des appels d'offre ou des programmes de recherche.

Ces activités doivent reposer sur plusieurs socles :

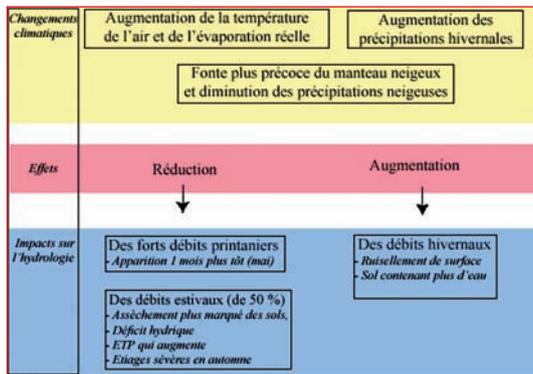
- Celui de la recherche (acquisition des données et suivi des phénomènes)
- Celui de la gestion des risques.
- Celui de la diffusion de l'information.



## 2 - Les ressources en eau

### **Situation actuelle**

Si tout le monde convient que l'eau est un élément vital à la vie et un élément indispensable au maintien et/ou au développement de nombreuses activités économiques (agriculture, industrie, énergie, tourisme...) et que ce bon sens peut s'appliquer à l'ensemble des cultures et sociétés de notre planète, l'étroite imbrication des ressources et des usages, spécifique aux milieux de montagne, n'est pas toujours perçue à sa juste valeur. Plus que dans d'autres domaines, l'interdépendance et l'imprégnation entre les différentes ressources en eau et les divers usages y sont particulièrement fortes et invitent nécessairement à une solidarité amont-aval affirmée. Cette spécificité est essentiellement liée à la juxtaposition sur de faibles distances de conditions naturelles très différentes (de la haute montagne englacée aux vallées alpines, des roches peu perméables aux roches aquifères, de zones de rétention nivale aux zones de transfert rapide des écoulements...) et d'usages également très divers (retenues collinaires, dérivation, barrages hydro-



Effets du changement climatique sur l'hydrologie des rivières à caractère nival

électriques, irrigation, drainage...). Si dans le discours cette spécificité des montagnes est mise en avant, force est de constater que l'usage des ressources en eau se fait de manière très, trop, cloisonnée. Si on peut regretter ce cloisonnement, les différents usages de l'eau ont jusqu'ici cohabité et n'ont pas entraîné d'importants conflits. Cette situation a pu perdurer grâce à la relative abondance de la ressource en eau en montagne. Or le changement climatique actuel et à venir va engendrer sinon une raréfaction de la ressource en eau tout au moins une accentuation des extrêmes notamment des étiages. Ces tendances à venir, si elles ne sont pas anticipées, déboucheront inévitablement sur des conflits d'usage et sur la mise en place de priorités qui ne seront pas forcément bien vécues par les acteurs et citoyens vivant et œuvrant en montagne. Cette logique amont-aval dépasse le seul cadre du domaine montagnard étant donné que bon nombre des fleuves qui en sont issus traversent de nombreuses régions et contribuent à l'alimentation de l'essentiel des aquifères alluviaux avant leur débouché dans la mer.

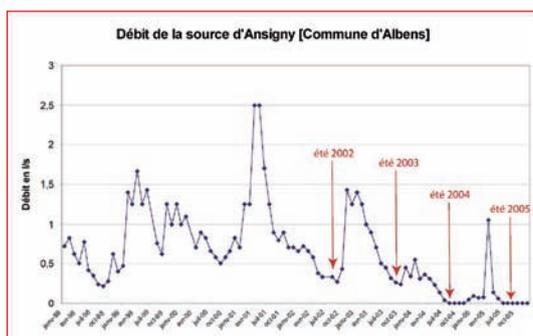
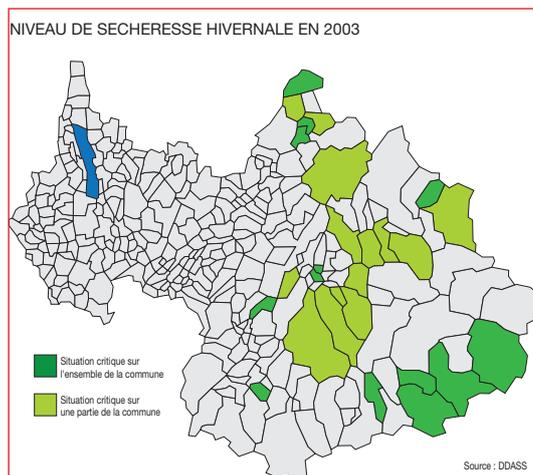
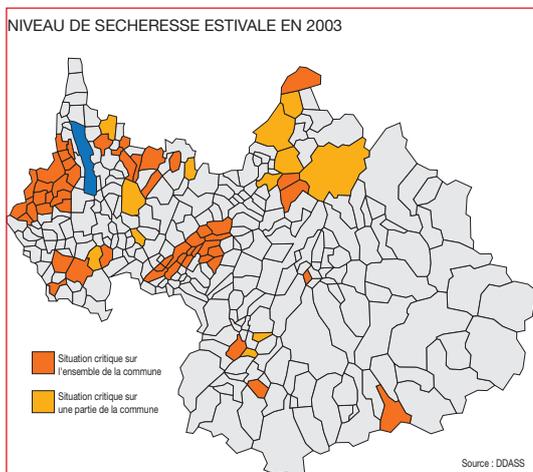
Dans la perspective d'une gestion globale de l'eau, la question des impacts du réchauffement climatique doit être posée. Nous ne l'abordons ici qu'à l'échelle des montagnes alpines et du département de la Savoie. La Savoie a beau être citée comme un château d'eau, il n'empêche qu'elle a déjà connu ces dernières années de réelles situations de crises (étiage prononcé voire assèchement de cours d'eau notamment en piémont, tarissement de certaines nappes alluviales, dégradation de la qualité de plusieurs aquifères...) mettant en avant la relative vulnérabilité de certains territoires du département.

## Projections des effets du changement climatique sur les ressources en eau de Savoie

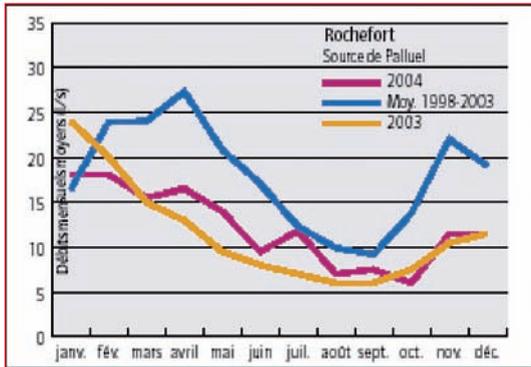
Il existe trois grands types de ressources en eau sur le département de Savoie : (i) celles alimentées directement par les eaux météoriques et stockées dans les aquifères fissurés et karstiques ; (ii) celles dépendantes de l'hydrologie nivo-glaciaire qui transitent par les torrents et rivières de montagne et qui peuvent être stockées au niveau des nappes alluviales (fond des vallées alpines) ; (iii) les ressources stockées au niveau des systèmes lacustres aussi d'altitude que de piémont. Ces différentes ressources en eau seront affectées différemment par les changements climatiques. Seules quelques incidences du changement climatique sont ici présentées à titre d'exemples. L'élévation de la température combinée avec la migration en altitude de la couverture végétale se traduit par un accroissement de l'évapotranspiration aux dépens des infiltrations qui alimentent les aquifères souterrains ; ce phénomène sera d'autant plus marqué que le démarrage de la végétation est de plus en plus précoce et que celui-ci est très consommateur en eau. La réduction de la couverture nivo-glaciaire, voire dans certains secteurs leur disparition, aura pour incidence un accroissement des étiages qui seront d'autant plus importants que l'alimentation des cours d'eau par les eaux météoriques sera réduite du fait de l'indigence annoncée des précipitations estivales. La fusion plus rapide de la couverture nivale du fait de sa moindre épaisseur est également un facteur d'accroissement des étiages notamment automnaux. L'ensemble de ces exemples met en avant le risque réel de sécheresse qui peut être par ailleurs accentué par certains aménagements hydrauliques (retenues collinaires, barrages, dérivation, endiguement des cours d'eau...). Ce risque n'est pas pour un demain lointain mais pour un avenir plus proche qu'on veut bien le dire. Depuis 4 ans, les quantités de précipitation sur la Savoie ont connu une nette diminution et des situations de sécheresse sont amenées à se reproduire compte tenu des vulnérabilités des secteurs affectés.

## Quelles solutions pour une gestion globale de l'eau en lien avec les changements climatiques

Face à ce risque potentiel et à une récurrence de plus en plus fréquente des sécheresses, il importe d'anticiper et de définir des modes d'adaptation et de gestion pertinents et adaptés au contexte géologique, naturel et territorial.



Suivi du débit de la Source d'Ansigny de 1998 à 2005. Ce suivi met clairement en évidence l'accroissement des étiages estivaux.



Débits mensuels moyens de la source de Rochefort, présentés à titre d'exemple de la tendance actuelle  
Source : Observatoire Savoyard de l'environnement

Avant toute politique de recherche et d'exploitation de nouvelles réserves hydrologiques (nappes alluviales), d'autres actions certes moins spectaculaires et plus volontaristes sont à mettre en œuvre :

- Réduction de la consommation en eau dans ses différents usages (domestique, irrigation, industrie, tourisme, neige de culture...).
- Diminuer le volume important des fuites qui peuvent atteindre près de 40% de la « consommation » d'un bassin d'alimentation.
- Adopter une gestion intercommunale pour les collectivités et réduire le nombre de schémas directeurs.
- Poser les bases d'une gestion globale et raisonnée de l'eau en mettant en avant les responsabilités des différents acteurs intervenant dans l'exploitation et/ou l'usage de l'eau.

Face aux risques de pénurie, de sécheresse, de dégradation de la qualité et de conflits d'usage, il importe de poser clairement les incidences des différents aménagements hydrauliques et usages de l'eau en montagne. Si la question de l'eau ne se pose pas encore en montagne, celle-ci se pose d'ores et déjà avec acuité dans certaines vallées et sur le piémont. Quels sont les avantages et inconvénients des retenues collinaires qui se multiplient en vue de la fabrication des neiges de culture ? Quelles sont les incidences des retenues hydroélectriques et des dérivations dans le processus généralisé d'incision des cours d'eau de montagne et d'alimentation des nappes alluviales ? On pourrait multiplier les questionnements tant ces relations amont-aval ont été jusqu'ici éludées. La raréfaction de la ressource en eau combinée avec un accroissement jusque là de notre consommation en eau se posera dans les années qui viennent ; autant anticiper ces conflits d'usage.



## 3 - La biodiversité : la faune et la flore

La Savoie comme l'ensemble des Alpes se caractérise par une importante géodiversité. Celle-ci se traduit dans le relief par une mosaïque de paysages qui varient selon les types de massif, l'environnement géologique, l'histoire géomorphologique, l'altitude et l'anthropisation plus ou moins importante des montagnes et de leurs vallées. Issue de la combinaison des facteurs naturels et des pratiques humaines qui se sont échelonnées dans le temps, la géodiversité possède une réelle dimension patrimoniale. Elle constitue un des supports clés des « images » des Alpes, des espaces « naturels » protégés (Parc nationaux, Réserves...) et de valorisation touristique.

Les changements climatiques à venir associés aux modifications des pratiques agro-pastorales et forestières et à certains modes d'aménagement des montagnes auront pour effet une perte de diversité paysagère qui pourrait déboucher sur une relative uniformisation d'espaces montagnards.

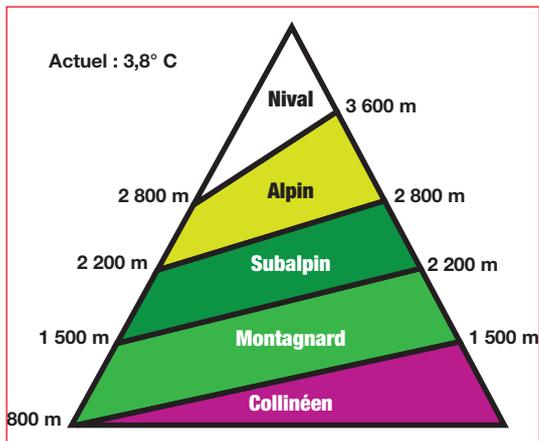
Il s'agit ici de prendre en compte les effets du changement climatique sur la biodiversité, la faune et la flore. Cette connaissance permet, d'une part, d'identifier des indicateurs biologiques pertinents susceptibles d'appréhender au mieux les impacts locaux du changement climatique et, d'autre part, de définir les vulnérabilités de certains écotopes et de favoriser sinon leur préservation tout au moins leur évolution. Ici également c'est la connaissance qui permet d'anticiper et d'accompagner les changements de l'environnement tout en veillant au maintien de la plus large biodiversité possible.

### Biodiversité

Les espèces végétales se répartissent en montagne par grandes tranches d'altitude. L'étagement de la végétation est directement en lien avec des seuils altitudinaux qui selon l'exposition, l'importance de la pente et le type de substrat peuvent varier au plus de quelques centaines de mètres d'un site à l'autre.

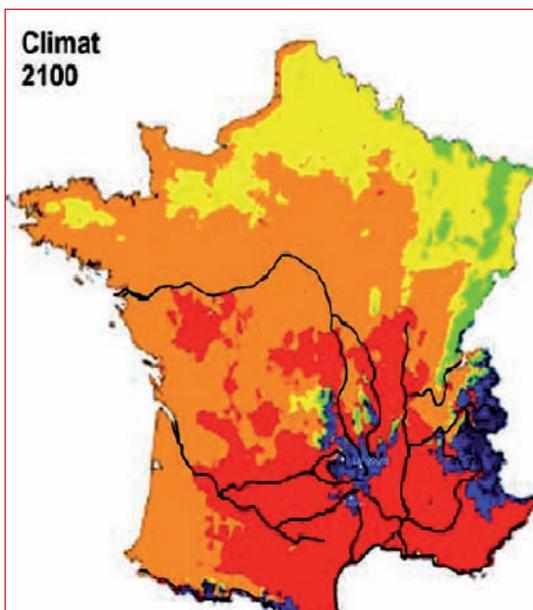
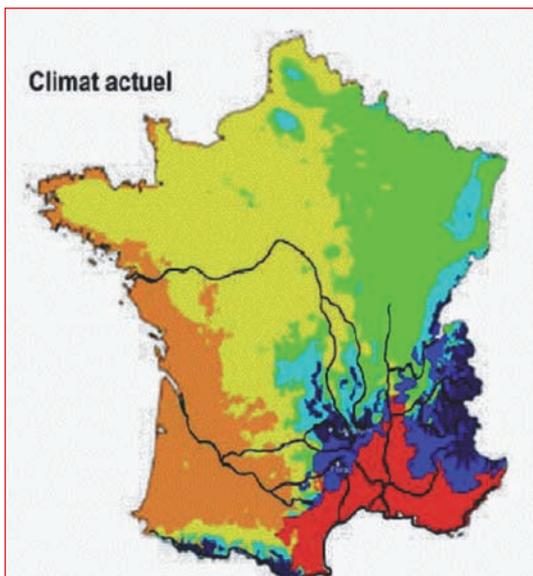
Le changement climatique, et plus particulièrement l'élévation des





Modification des étages de végétation pour une augmentation de 3,8°C des températures.

### Evolution de la répartition des groupes biogéographiques liée aux effets du réchauffement climatique. Projection INRA – Nancy - 2004



températures, va avoir pour incidence une translation vers le haut des différents étages de végétation une augmentation de 3 °C, entraîne une élévation généralisée de l'étagement d'environ 500 m (loi bioclimatique de Hopkins – cf. figure). Dans les massifs de moyenne montagne, une telle élévation marque la disparition des pelouses d'altitude et une généralisation de la forêt. Dans les massifs de plus haute altitude, une telle élévation se traduira par une forte compétition interspécifique et une réduction physique des niches écologiques. Les épicéas migreront en altitude et certaines espèces, plus fragiles comme le mélèze, ne trouvant plus de « climotope adapté » sont vouées à quasiment disparaître des Alpes françaises.

Les impacts les plus importants concernent les étages alpin et nival. Les espèces rares de ces étages, généralement adaptés à des biotopes particuliers, seront directement concernées : elles constituent aujourd'hui 15% de la diversité spécifique floristique des Alpes. Afin de ne pas perdre cette riche biodiversité d'altitude, des mesures d'accompagnement restent à trouver pour faciliter la migration potentielle de certaines espèces vers les zones qui auront été désenglacées ou dépourvues de leur couverture nivale (névé). Ces mesures devront prendre en compte la difficulté suivante : comment concilier la rapidité envisagée du réchauffement climatique et la relative lenteur des processus d'adaptation des espèces dans de nouveaux écotopes dépourvus de sols.

A ce danger potentiel de perte de **biodiversité d'altitude**, répond un accroissement possible de la biodiversité pour les étages collinéen (<800m d'altitude) et montagnard (800-1500m) engendré par la remontée latitudinale (vers le nord) d'écosystèmes méditerranéens. De nouvelles espèces coloniseraient les étages collinéen et montagnard et des phénomènes de steppisation pourraient affecter les plateaux de moyenne altitude.

Dans l'état actuel des connaissances et des simulations, il est délicat de mesurer pleinement les effets du réchauffement climatique sur la biodiversité, en dehors des grandes tendances décrites. A l'augmentation potentielle de la biodiversité à basse et moyenne altitude, répond la disparition annoncée de flores et faunes endémiques de haute altitude. A ce niveau, les facteurs limitants (faible pression atmosphérique, faible taux d'humidité, forte variation thermique diurne, gel d'altitude, rayonnement thermique important, fort vent) ne permettront pas à d'autres espèces de les remplacer, sauf si le réchauffement se fait progressivement sur plusieurs siècles.

Ces effets limitant peuvent également exister à basse altitude, notamment pour les nombreuses espèces de montagne qui ont besoin d'une période de gel précédant l'éclosion des graines (vernalisation). Le réchauffement des températures hivernales aura pour incidence l'abandon des zones de moindre altitude (raréfaction du gel) et la remontée vers les étages supérieurs. Ici également cette migration doit être accompagnée afin de ne pas perdre l'actuelle diversité floristique, et ce d'autant plus qu'elle concerne les secteurs les plus anthropisés et soumis aux aménagements et urbanisation. Cette vulnérabilité est d'autant plus forte si on prend en compte la très probable récurrence d'épisodes de sécheresse pendant les périodes estivales ; la canicule de 2003 a mis en avant la forte vulnérabilité des espèces végétales des Alpes peu adaptées à de forts déficit et stress hydriques, notamment les espèces de moyenne et basse altitude.

**Les zones humides** sont également concernées par les effets des changements climatiques et par certains aménagements liés à la production de neige artificielle. La moindre régulation des écoulements (par la couverture nivo-glaciaire), le démarrage plus précoce de la végétation (consommatrice d'eau), la plus forte évapotranspiration liée aux chaleurs estivales, etc. vont directement intervenir dans le cycle hydrologique de montagne. Au niveau des zones humides d'altitude (tourbières, marais...), cela se traduira par une baisse du niveau de l'eau, un accroissement de périodes sèches, voire un assèchement qui rendront vulnérables les espèces associées à ces biotopes. D'autres conséquences, comme le réchauffement de l'eau, la réduction de la teneur en oxygène des eaux profondes et l'apport accru de substances nutritives et de sédiments issus du bassin hydrologique, constituent des facteurs de « risques » pour le maintien des zones d'altitude. Face à cette vulnérabilité, une

attention particulière doit être portée aux aménagements hydrauliques d'altitude (bassin de rétention, dérivation des écoulements...) qui peuvent accentuer les étiages voire l'assèchement de certaines zones humides. Cet exemple met en avant que la biodiversité d'altitude est soumise à une double influence : celle du changement climatique et celle des aménagements hydrauliques visant à réduire les effets du changement climatique. Il ne s'agit pas de définir ici des priorités mais de poser les fortes interactions entre les éléments naturels et les modes d'aménagement des territoires de montagne et de viser une coexistence intelligente.

### Effets du changement climatique sur la faune

Au même titre que les espèces végétales, certaines espèces animales sont particulièrement vulnérables aux changements des écosystèmes provoqués par les modifications climatiques. Les plus menacées sont ici également celles adaptées à la haute montagne, compte tenu de la réduction progressive des écotopes d'altitude. Les espèces dépendantes de leur milieu et / ou n'ayant pas une mobilité suffisante pour franchir les obstacles naturels ou humains (zone urbaine, routes etc. ), et celles dont l'espace vital ne serait pas protégé contre les dérangements de l'activité humaine (infrastructures touristiques, randonneurs etc.) sont les plus menacées.

La disparition de la couverture neigeuse sera défavorable à l'ensemble des espèces qui ont besoin d'une couche de neige pour s'isoler du froid extérieur et se procurer un abri tempéré.

L'accroissement des températures estivales aura également des conséquences sur les espèces craignant la chaleur comme par exemple les chamois, les bouquetins et les lagopèdes alpins.

### Les mesures de prévention et d'adaptation

Si certains types d'espaces (parcs nationaux, réserves naturelles...) sont à même d'accompagner les changements à venir des écosystèmes de montagne engendrés par le changement climatique, il est nécessaire de poser dès maintenant les modes d'accompagnement concernant les autres territoires de montagne. Si ceux-ci peuvent passer par des démarches contractuelles et des actions concertées de maintien de zones à forte biodiversité, il sera important de trouver de nouveaux supports (mise en place de corridors biologiques facilitant la migration tant des espèces végétales qu'animales) et de penser le plus globalement possible la gestion et l'aménagement des milieux de montagne. Cela suppose de nouveaux modes de fonctionnement qu'il faut construire. L'enjeu est suffisamment important pour déboucher sur une gestion raisonnée de la biodiversité. Ici également une meilleure connaissance des biotopes actuels et de leur adaptation aux changements climatiques actuels est essentielle pour poser les bases d'une gestion durable de l'environnement.



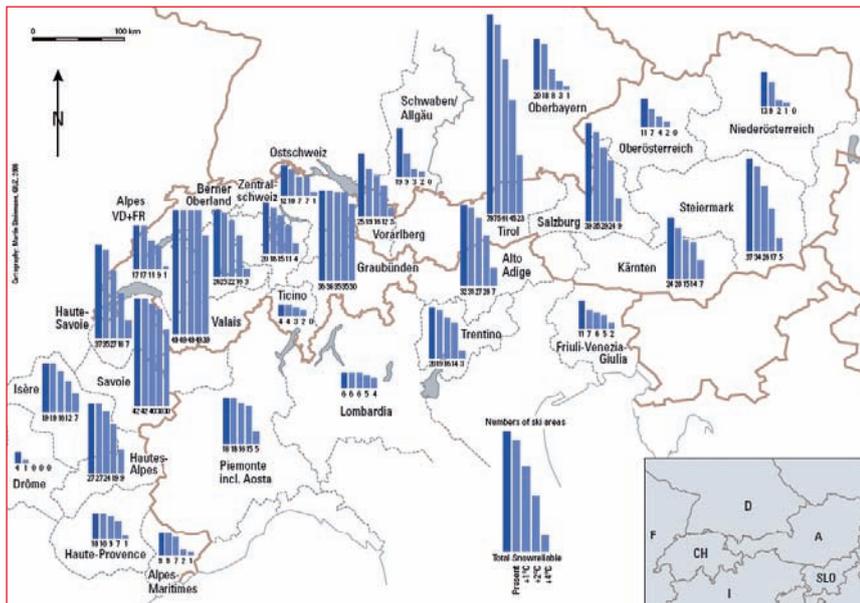
Tétas-lyres mâles



Lagopèdes alpins : un des espèces menacées par la réduction de la couverture nivale et l'augmentation des températures estivales

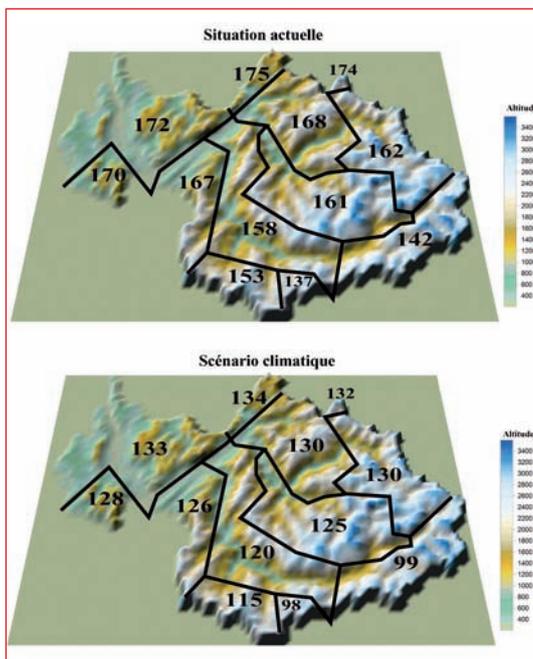
## 4 - Le tourisme

Une des caractéristiques de l'activité touristique est sa relative dépendance à l'environnement. L'association de « beaux » paysages et de conditions climatiques adaptées aux pratiques ludiques et sportives favorise sans nul doute l'émergence et le développement du tourisme quelle que soit sa déclinaison (estivale, hivernale, littorale, montagne...). L'essor du tourisme dans les Alpes a reposé sur ces deux éléments : (i) paysagers avec la puissance des reliefs, la présence des glaciers, la forte géodiversité liée à la combinaison des paramètres naturels et des pratiques humaines et (ii) climatiques avec tout d'abord le climatisme et le thermalisme puis le développement du ski et du tourisme de montagne. Face aux changements climatiques déjà observés et à venir, ces diverses pratiques qui ont fondé une économie des plus importantes en zone de montagne risquent d'être modifiées voire même de disparaître. Il est donc primordial d'anticiper ces changements et ses effets, afin de définir des mesures d'adaptation qui pourront dans l'avenir permettre au secteur du tourisme de montagne de rester attractif et porteur de développement



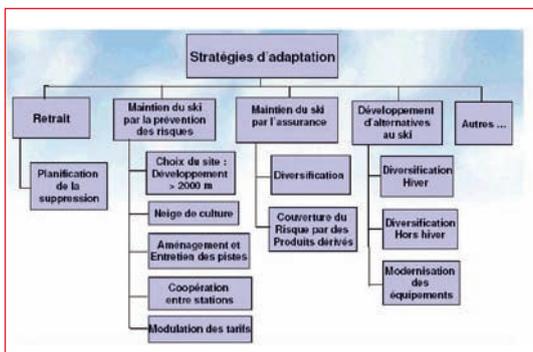
Fiabilité de l'enneigement des domaines skiables alpins dans les conditions actuelles et dans l'hypothèse d'un réchauffement de 1, 2 et 4°C (Source OCDE, 2007)

### Durée moyenne de l'enneigement en Savoie (jour/an - 2002)



### Durée moyenne de l'enneigement en Savoie pour une augmentation de 1,8°C

D'après scénario Safran Crocus (Météo-France)



local. Les modifications climatiques ne sont pas a priori forcément négatives pour le tourisme : cela dépendra essentiellement de la capacité et de la volonté d'adaptation de ce secteur. Alors que la réduction du manteau neigeux peut entraîner une perte dans le domaine du ski, la fraîcheur de la montagne lors de fortes chaleurs et de canicules pourra devenir un important atout en été.

## > fiabilité de l'enneigement naturel des domaines skiables en savoie

La viabilité financière du tourisme d'hiver repose dans une large mesure sur les précipitations neigeuses, la durée (règle dite des 100 jours) et la fiabilité de l'enneigement des domaines skiables. Paramètres qu'il faut avoir le courage de mettre en lien avec les données issues des modèles climatiques. Si

les précipitations hivernales seront plus abondantes, il ne faut occulter le relèvement des températures durant cette même période de l'année qui rendent plus aléatoires les précipitations sous forme nivale et la longévité de la couverture nivale. Si cette évolution affecte l'ensemble des massifs alpins (cf. fig. 1), les impacts sont plus ou moins importants selon les massifs, l'organisation territoriale de l'activité (stations villages ou stations « intégrées ») et bien entendu l'altitude. La plupart des grands domaines skiables en Savoie est située à des altitudes relativement élevées, ce qui a pour effet de d'atténuer pour les décennies à venir l'impact du changement climatique sur cette activité. On estime qu'environ 70 à 80% des domaines skiables seront encore viables en 2050, à partir du moment où la pratique du ski sera complétée par une diversification des activités de montagne. Il importe de s'interroger dès lors sur les 30 à 20 % autres domaines qui ne pourront maintenir la pratique du ski telle qu'elle existe aujourd'hui à grand renfort de technicité et de neige artificielle qui se traduisent par d'importants surcoûts financiers. Il est nécessaire de dire que, d'une manière générale, l'enneigement à 1500m deviendra de plus en plus aléatoire en Savoie et permettra difficilement de couvrir les critères de la règle des 100 jours (épaisseur de neige de 30 cm minimum) qui est adoptée par bon nombre des exploitants des domaines skiables pour définir sinon la rentabilité tout au moins la viabilité de cette activité. Selon les estimations issues des modèles, une augmentation de +2°C (version la plus optimiste du réchauffement climatique planétaire), la limite de fiabilité de l'enneigement se situe vers 1500 m ; dans l'optique d'une augmentation de 3°C et 4°C, cette limite se situerait vers 1650 et 1800 m. Le ski étant une des principales activités financières de Savoie et que celle-ci est inéluctablement exposée à la diminution de l'enneigement, il convient dès maintenant de réfléchir aux modes d'adaptation qui assureront la pérennité du tourisme en montagne et aux évolutions économiques à mettre en place notamment en moyenne montagne afin de compenser la « perte » de la ressource « neige ».

## > Les mesures d'adaptation technologique actuelles

Plusieurs modes d'adaptation ont déjà été mis en place pour répondre à la réduction de la couverture nivale tant en importance qu'en durée. La principale stratégie d'adaptation et ce quelque soit l'altitude des domaines skiables est le recours à la neige artificielle. Cette méthode a tout d'abord été employée pour assurer le début et prolonger la fin de la saison et afin de faciliter le retour à ski vers les stations notamment celles situées à moyenne altitude. Le recours à la neige de culture est de plus en plus employé pour répondre aux variations et changements climatiques auxquels les domaines skiables sont de plus en plus confrontés. Solution idéale pour lutter contre le déficit d'enneigement, surtout pour les domaines skiables situés à moyenne altitude, elle dépend néanmoins de plusieurs paramètres (exposition, altitude, pente...) notamment de la



Val Thorens : pratique du ski sur glacier



Terrassement d'une piste de ski en été



Canon à neige ou enneigeur

température. Le recours à la neige artificielle a un coût environnemental lié à la mise en place d'infrastructures (réservoirs, canalisations...), à la consommation d'énergie et in fine à la consommation d'eau même si on peut admettre que celle-ci est restituée d'une manière différée aux milieux naturels. Reste à évaluer les incidences de cette restitution différée notamment dans un contexte d'accentuation des sécheresses estivales (cf. fiche risque) et de remontée en altitude de la couverture végétale (cf. fiche biodiversité) consommatrice d'eau. Une évaluation raisonnée et globale (prenant en compte le transect haute montagne-piémont) doit être menée afin de poser à bon escient les stratégies adaptées aux différents domaines skiables et de les poser dans le cadre du développement durable.

Autres recours communément pratiqués par les domaines skiables sont le remodelage des pentes et le damage qui permettent de skier avec une moindre épaisseur de neige (réduction de 10 à 20 cm) et ainsi de limiter la production de neige artificielle. Ces pratiques ne pallient pas la diminution du manteau neigeux et encore moins son absence (naturelle ou artificielle). Il importe ici également de bien mesurer les impacts notamment des modifications des pentes : impacts en termes visuels notamment en période estivale, écologiques et hydrologiques (destruction de zones d'épi-stockages)

Le déplacement des domaines skiables à des altitudes plus élevées, sur des pentes exposées au nord et/ou sur les glaciers d'altitude constitue un autre mode d'adaptation à la remontée de la couverture neigeuse. Celle-ci reste néanmoins limitée compte tenu des contraintes topographiques de la haute montagne (pente), de la valeur patrimoniale des espaces de haute montagne et surtout des facteurs importants de risques (avalanches, vents violents, et écroulements rocheux qui seront de plus en plus importants compte tenu du recul du pergélisol –cf. fiche Risque)

L'ensemble de ces modes d'adaptation reste limité tant spatialement que temporellement. Ils constituent des solutions envisageables et « relativement durables » (plusieurs décennies) pour les stations d'altitude. Elles sont par contre non envisageables (déplacement domaine skiable en altitude) et au mieux temporaires pour les stations de moyenne altitude qui sont assurément les plus vulnérables aux changements climatiques à venir. L'urgence est d'actualité pour préparer l'avenir de ces stations.

## > Adaptation des comportements des exploitants, outils financiers et modèles d'entreprise

L'adaptation des comportements des exploitants, des outils financiers et des actions incitatives à venir ne peut être déclinée de la même manière pour les stations d'altitude et les stations villages de moyenne altitude.

Il est de bon sens dans l'avenir de concentrer les activités liées au tourisme hivernal ainsi que la production de neige de culture sur des périodes et des zones propices à la pratique du ski. Les stations d'altitude, par l'étendue de leur domaine skiable sur différents types de sites (exposition, pente...) sont à même de pouvoir s'adapter aux différentes situations engendrées par les changements climatiques à venir (variabilité de la couverture nivale, réduction des précipitations nivales). Cette adaptation se doit de rester raisonnée et de prendre en compte l'ensemble des enjeux et coûts tant financiers qu'environnementaux.

Concernant les stations de moyenne et basse altitude, l'avenir est clairement dans une diversification de l'offre touristique hivernale et le développement du tourisme d'été et de demi-saison ; les stations de basse et de moyenne montagne plus ancrées sur le tissu rural (villages, activités agro-pastorales, forestières...) sont à ce niveau mieux loties que les stations d'altitude isolées des bassins de vie. Cette reconversion nécessite de vrais virages économiques et des projets innovants de développement local qui doivent être accompagnés au mieux par les pouvoirs publics. Ces derniers devront être vigilants à la diversification des projets (éviter la répétition d'un même mode de valorisation touristique sur les différents massifs de Savoie et des Alpes). La viabilité des projets à venir de développement territorial lié au tourisme repose sur une

recherche d'authenticité, sur une valorisation des patrimoines « naturels » (paysages, géosites, biosites...) et culturels (paysages, bâtis, produits agricoles), sur des stratégies environnementales (labels, constructions écologiques...) et sur la gestion durable et douce des ressources. Il y a de réels enjeux de développement touristique. Il s'agit de les saisir.



## > Conclusion

Le groupe de travail qui a été constitué sur la question du changement climatique a été fécond : l'audition de nombreux experts et l'analyse des rapports existants ont permis de dresser un premier diagnostic pour la Savoie suffisamment alarmant pour inciter tous les acteurs concernés à agir sans plus attendre.

Pour autant, cet état des lieux n'est que partiel et nécessitera de nouveaux travaux avant d'être achevé. De plus, il s'agit bien d'une contribution d'observateurs (experts et scientifiques de différentes disciplines) et non d'un plan stratégique qui engagerait la collectivité.

Mais c'est bien sur cette base qu'il sera possible d'élaborer une stratégie départementale de prévention et d'adaptation au changement climatique qui est à la fois un enjeu planétaire de la première importance et un défi crucial pour l'avenir de nos vallées et montagnes, de leur économie comme de leur art de vivre, de leurs paysages comme de leurs habitants.

Le constat que nous avons fait a été partagé par l'ensemble des membres de notre groupe et se trouve en totale adéquation avec le bilan dressé à d'autres niveaux, notamment par le Groupe International sur l'Evolution du Climat (GIEC).

Il repose sur six grandes conclusions :

> Depuis le début des années 90, nous connaissons un réchauffement dont l'ampleur est inédite : les années 1994, 2000, 2002 et 2003 ont été les plus chaudes dans les Alpes au cours des 500 dernières années ;

> On constate dans les Alpes une augmentation de précipitations en hiver et une diminution importante en été ;

> Ces deux premiers phénomènes se traduisent par une forte diminution de la couverture neigeuse en basse et moyenne altitudes ;

> Les phénomènes extrêmes sont en augmentation (canicule, écroulements rocheux, glissements, inondations...) et leurs conséquences de plus en plus coûteuses ;

> Les effets du réchauffement sur la biodiversité sont importants et pourraient induire des réactions en cascade sur la chaîne biologique ;

> Le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) est le principal gaz qui explique cette augmentation de l'effet de serre : les transports et l'habitat résidentiel en sont les principaux émetteurs ;

Cet examen des changements en cours ou à venir nous a permis d'identifier des premières pistes d'action, notamment en termes d'acquisition de connaissances. Ainsi, nous voudrions recommander au Conseil général de prendre des mesures immédiates afin de créer un Observatoire départemental du changement climatique qui pourrait trouver toute sa place au sein de l'Institut de la Montagne en cours de réalisation et auprès des laboratoires de recherche de l'Université de Savoie qui sont les principaux producteurs de connaissance sur les environnements de montagne. Les missions de cet observatoire, principalement axées sur l'acquisition, la consolidation et la validation de données, seraient les suivantes :

- > Collecter des données périodiques sur la pluviométrie et l'enneigement grâce à un réseau de mesures étendu à l'ensemble des vallées alpines du département et à différentes altitudes ;
- > Mutualiser les informations sur les phénomènes extrêmes (canicules, sécheresse, inondations, tempêtes, mouvements gravitaires...) et dresser des cartes de risques existants et à venir en fonction des augmentations attendues des températures ;
- > Mettre en place une batterie d'indicateurs permettant de suivre l'évolution des émissions des principaux gaz à effet de serre sur la base d'un système d'information géographique (SIG) ;
- > Etablir des indicateurs de performance pour l'usage de l'eau en fonction du lieu, de la période et de l'activité ;
- > Dresser la cartographie des espèces et des espaces rendus vulnérables par le changement climatique dotée d'outils de protection et de corridors ;
- > Enfin, initier une étude économique sur les dépenses existantes et à venir liées au changement climatique ainsi qu'aux coûts induits.

Notre méthode serait la suivante :

Les laboratoires de l'Université ainsi que les différentes administrations et associations impliquées sur ces thématiques pourraient utilement apporter leur contribution à la mise en place de cet Observatoire qui devrait pouvoir être créé avant la fin de l'année 2008.

Cet observatoire aurait vocation à se fondre avec l'initiative de la région en cours de développement qui porte sur la thématique « Eau et changement climatique ».

Simultanément, une présentation de ce travail serait faite aux services du Conseil général et à ses satellites afin de leur préciser l'urgence de la question climatique, ses enjeux pour notre territoire et les marges de manœuvres existantes.

La définition opérationnelle d'une stratégie départementale pourrait alors utilement être confiée à un bureau d'études spécialisé dans ce domaine.

Le groupe de travail « Savoie 2020 » pourrait ensuite, sur la base de cette réflexion, assurer la rédaction d'un Plan Climat Territorial pour la Savoie qui soit fiable, partagé et ambitieux pour le court et le moyen termes.







*Textes* : Jean Jacques DELANNOY  
Christophe CHAIX  
Robert MUGNIER

Edition : MISSION DEVELOPPEMENT PROSPECTIVE

*Directeur de publication* : Robert MUGNIER  
*Conception, réalisation* : Bernard THOMAS

