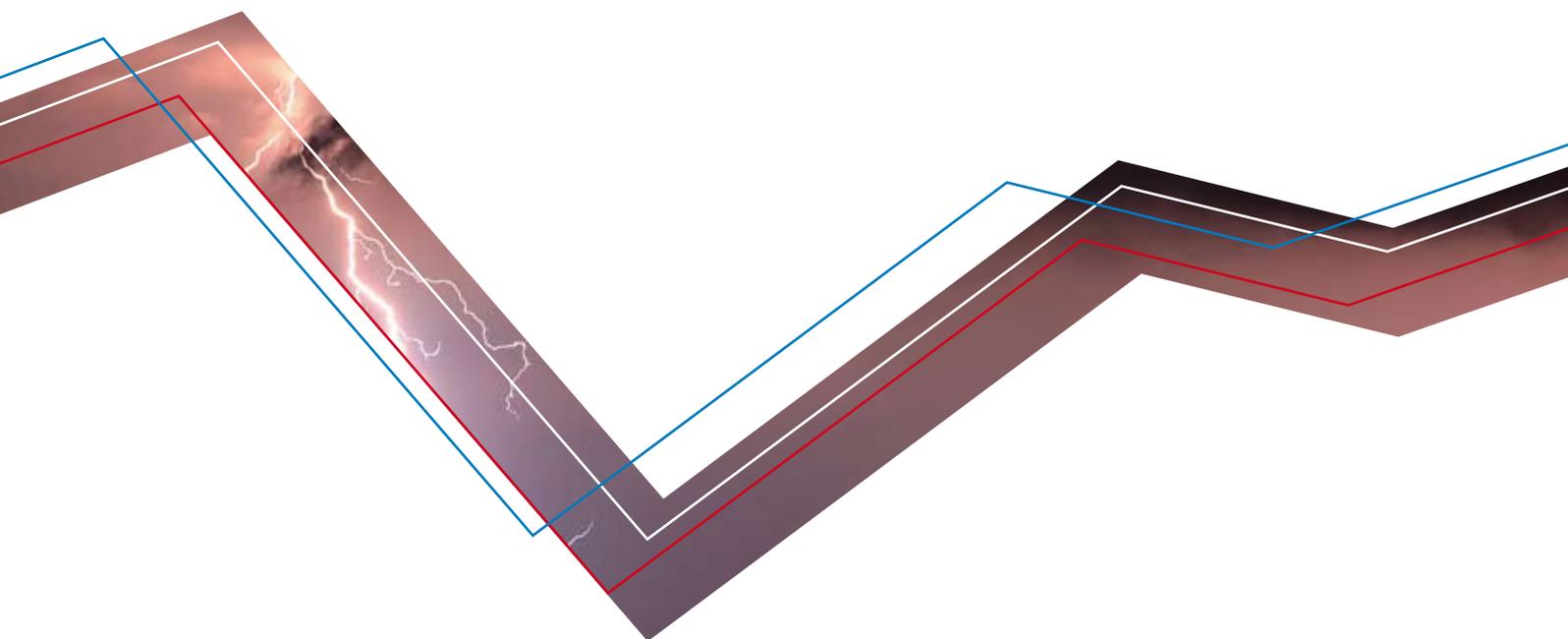


COMPACT

N° 01/2009

L'ÉNERGIE FACE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

UN RAPPORT DE SYNTHÈSE DE LA CIPRA



SOMMAIRE

1	INTRODUCTION	3
2	LES REVENDICATIONS DE LA CIPRA	4
3	CHANGEMENT CLIMATIQUE ET ÉNERGIE	6
3.1	UTILISATION DE L'ÉNERGIE DANS LES ALPES	6
3.2	APPROVISIONNEMENT EN ÉNERGIE DANS LES ALPES	9
4	CONCLUSIONS	20
5	EXEMPLES DE BONNES PRATIQUES	21
•	AUTOSUFFISANCE ÉNERGÉTIQUE DANS L'ACHENTAL	21
•	ÉNERGIE RENOUVELABLE EN MONTAGNE – LE PROGRAMME ÉNERGÉTIQUE DE DOBBIACO/TOBLACH	22
•	LAISSEZ ENTRER LE SOLEIL – L'ÉCOLE DE L'ÉNERGIE DE HAUTE-BAVIÈRE	23
•	SAINT-MORITZ – LA CHALEUR TIRÉE DU LAC	24
•	DES INSTALLATIONS PHOTOVOLTAÏQUES POUR TOUS LES HABITANTS DE LAAKIRCHEN	26
6	INFORMATIONS COMPLÉMENTAIRES	28

Mentions légales

Éditeur : CIPRA International,
Im Bretscha 22, FL-9494 Schaan
T +423 237 53 53, F +423 237 53 54

Auteurs : Simone Gingrich,
Veronika Gaube, Helmut Haberl,
Institut d'écologie sociale, IFF Wien,
Alpen-Adria-Universität Klagenfurt
Concept graphique : IDconnect AG

Octobre 2011

cc.alps en bref

Le projet « cc.alps – changement climatique : penser plus loin que le bout de son nez ! » est porté par la CIPRA, la Commission Internationale pour la Protection des Alpes, et financé par la fondation MAVIA pour la protection de la nature. Avec ce projet, la CIPRA contribue à ce que les mesures déployées en faveur du climat dans les Alpes répondent au principe du développement durable.



INTRODUCTION

Avec le projet « cc.alps – Changement climatique : penser plus loin que le bout de son nez ! », la Commission Internationale pour la Protection des Alpes met au banc d’essai les mesures déployées dans les Alpes en faveur du climat. La CIPRA fait le recensement des activités d’atténuation et d’adaptation aux changements climatiques (dans la suite de ce dossier, nous appellerons ces activités « mesures climatiques »), et étudie leur impact sur l’environnement, l’économie et la société. L’objectif de la CIPRA est de faire connaître au grand public les mesures climatiques en accord avec les principes du développement durable, et de mettre en garde contre les mesures qui ont un impact négatif sur la nature et l’environnement, mais aussi sur les structures sociales et sur l’économie.

La série « compacts CIPRA » publiée dans le cadre de cc.alps comprend plusieurs cahiers thématiques qui analysent d’un oeil critique les mesures climatiques déployées dans les Alpes. Outre le présent cahier « L’énergie face au changement climatique », la série propose également des publications sur les thèmes suivants : énergie, autarcie énergétique des régions, aménagement du territoire, transports, tourisme, risques naturels, protection de la nature, agriculture, sylviculture et gestion de l’eau.

Le compact CIPRA « L’énergie face au changement climatique » donne un aperçu de l’utilisation et de la production d’énergie dans les Alpes et décrit les stratégies nationales et régionales déployées dans ce domaine. Dans le deuxième chapitre, la CIPRA présente ses principales positions. Si nous voulons enrayer le réchauffement climatique, il faut accroître l’efficacité énergétique, mais cela ne suffit pas : nous devons réduire nos consommations énergétiques. Les énergies renouvelables doivent être encouragées, mais avec prudence, car elles peuvent aussi recéler un potentiel important de conflits écologiques. La biomasse, l’énergie éolienne et l’extension des centrales hydrauliques dans les Alpes, en particulier, peuvent être problématiques. Pour un véritable tournant énergétique, nous avons besoin d’une économie énergétique décentralisée et de mesures macro-économiques. La CIPRA demande dans ce domaine la mise en place d’une « vision énergétique pour les Alpes ».

Le troisième chapitre met l’accent sur la production d’énergie dans les Alpes et analyse différentes sources d’énergie en fonction de leur durabilité : quels potentiels offrent ces ressources énergétiques pour un approvisionnement neutre en carbone, et quels problèmes peuvent surgir lorsque ces énergies sont utilisées de façon intensive ? Le quatrième chapitre présente des réalisations exemplaires : des initiatives comme l’approvisionnement durable en énergie dans la vallée de l’Achtal en Bavière, la mise en place d’un réseau de chaleur à Dobbiaco/Toblach dans le Tyrol du Sud et l’école de l’énergie de Haute-Bavière montrent la voie à suivre et ne demandent qu’à être imitées. Dans le cinquième chapitre, enfin, les auteurs résument leurs principales thèses et leurs conclusions.

RENOUVELABLE, DÉCENTRALISÉE, HAUTEMENT EFFICACE

CC.ALPS : LES REVENDICATIONS DE LA CIPRA EN MATIÈRE D'ÉNERGIE

Pour limiter le réchauffement climatique, il faut d'abord utiliser l'énergie plus efficacement. Mais cela ne suffira pas pour gérer les ressources de manière compatible avec le climat. Nous devons modifier complètement notre comportement en matière de consommation d'énergie ou de marchandises et services énergivores. L'expérience montre toutefois que la consommation ne baisse que lorsque la politique envoie des signaux très clairs, en introduisant par exemple des réglementations récompensant les économies d'énergie et sanctionnant le gaspillage.

La transition énergétique des énergies fossiles aux énergies renouvelables doit être encouragée, mais pas au détriment de l'environnement. La production de biomasse, l'installation d'éoliennes et la construction de nouvelles centrales hydroélectriques sont sources de nombreux conflits. Les répercussions écologiques, sociales et économiques des mesures climatiques doivent être examinées avec soin et les décisions mûrement réfléchies.

Les revendications de la CIPRA :

UNE VISION ÉNERGÉTIQUE POUR LES ALPES !

Dans l'ère post-pétrole, l'énergie sera produite de manière de plus en plus décentralisée. Ce tournant énergétique doit être soutenu par des réformes fiscales socio-écologiques, par une politique d'infrastructures et d'aménagement du territoire limitant les transports, et par une politique technologique encourageant l'efficacité. Afin de regrouper ces stratégies, la CIPRA revendique une « vision énergétique pour les Alpes ». Cette dernière doit être formulée en concertation avec tous les acteurs intéressés des domaines de l'industrie, de la société civile et des collectivités locales. Elle peut être élaborée en l'espace de deux ans afin d'être adoptée dans le cadre de la Convention alpine et de la stratégie européenne pour l'espace alpin, et être mise en œuvre dans la foulée. Elle doit encourager les économies d'énergie et l'accroissement de l'efficacité énergétique, ainsi que réglementer la réalisation des nouvelles installations de production d'énergie renouvelable (vent, eau, soleil, biomasse, etc.) afin de ne pas porter préjudice à la nature et au paysage.

ÉCONOMISER L'ÉNERGIE !

Si nous voulons que le réchauffement terrestre ne dépasse pas deux degrés dans les prochaines années, nous devons réduire les émissions de gaz à effet de serre de près de 80 %. Nous n'y parviendrons que si nous réduisons fortement notre consommation d'énergie. Pour cela,

nous avons besoin d'une législation appropriée, et d'un prix de l'énergie qui tienne compte des coûts écologiques et sociaux de la production énergétique. Le gaspillage ne doit pas être récompensé et subventionné par l'Etat.

AMÉLIORER L'EFFICACITÉ DES CENTRALES HYDROÉLECTRIQUES EXISTANTES PLUTÔT QUE CONSTRUIRE DE NOUVELLES CENTRALES !

L'extension et/ou la modernisation des centrales hydroélectriques existantes peuvent permettre d'accroître massivement leur rendement à court terme. On a constaté que la modernisation de certaines centrales avait permis de tripler la production d'électricité, et que la situation écologique avait pu être améliorée grâce à des mesures d'accompagnement appropriées. De telles améliorations ont la priorité sur la construction de nouvelles centrales qui ont un impact négatif sur la nature et le paysage. La compatibilité environnementale de toutes les actions de rénovation doit être contrôlée et garantie ou, si les interventions sont inévitables, compensée conformément à la Directive cadre sur l'eau de l'Union Européenne et aux législations nationales. Les parties contractantes de la Convention alpine doivent revoir et modifier leurs législations relatives à la promotion de l'énergie verte, de manière à encourager davantage l'amélioration de l'efficacité et l'optimisation des centrales hydroélectriques existantes, et à ne pas subventionner des constructions nouvelles portant préjudice à l'environnement.

UTILISER DURABLEMENT L'ÉNERGIE !

Les pays, les régions et les communes de l'arc alpin sont exhortés à élaborer des programmes complets et aussi concrets que possible pour accélérer le passage aux énergies renouvelables. Parmi les modèles existants, on peut citer l'initiative suisse « Cité de l'énergie » ou le programme communal autrichien « e5 ». L'octroi de subventions dans le domaine de l'énergie doit être conditionné à l'engagement ferme, de la part des collectivités concernées, de collaborer à ces programmes.

LES CENTRALES NUCLÉAIRES NE SONT PAS UNE OPTION D'AVENIR

A l'avenir, l'énergie nucléaire ne doit plus avoir sa place dans l'approvisionnement énergétique des Alpes. La construction, l'entretien et le démantèlement des centrales nucléaires émettent en grande quantité des gaz à effet de serre. Le cycle des combustibles nucléaires consomme quant à lui d'énormes quantités d'énergies fossiles. Les gisements d'uranium ne sont pas illimités : au niveau actuel de la demande, l'exploitation de ces gisements pourrait ne plus être rentable dès 2030. Seuls 30 % de l'énergie libérée lors de la fission nucléaire sont utilisables. Les grandes quantités de chaleur perdue dans les centrales nucléaires ont un impact écologique, comme l'illustre le réchauffement des rivières par les eaux de refroidissement des centrales. Enfin, l'énergie atomique est indissociable du risque d'accidents catastrophiques. Elle produit en outre des déchets radioactifs, qui représentent un risque considérable pour la sécurité des générations actuelles et futures.

CHANGEMENT CLIMATIQUE ET ÉNERGIE

3.1 UTILISATION DE L'ÉNERGIE DANS LES ALPES

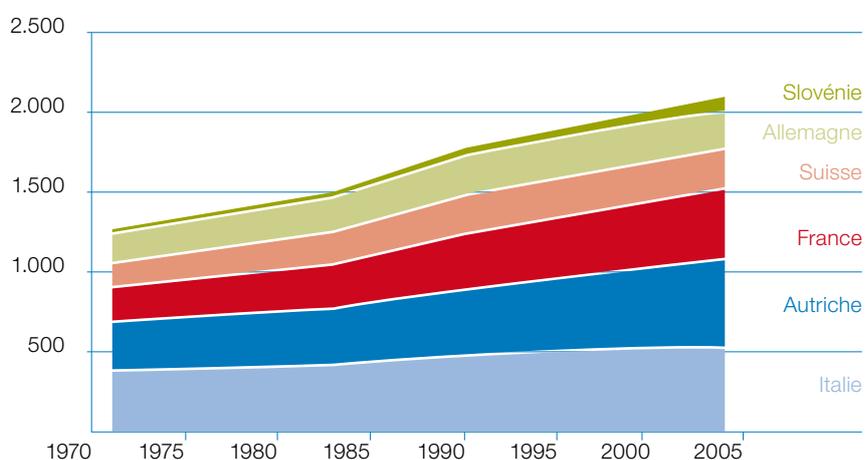
La combustion des énergies fossiles comme le pétrole, le gaz naturel ou le charbon est l'une des principales causes du changement climatique provoqué par l'homme. Le CO₂ qui atteint l'atmosphère par la combustion des énergies fossiles est le principal gaz à effet de serre (GES) qui, surtout sur le long terme, se révèle être le plus contributeur aux changements climatiques. Dans la plupart des émissions mondiales de CO₂ celui-ci provient de l'utilisation d'énergies fossiles. De plus, l'utilisation du charbon et du gaz naturel génère des émissions de méthane qui impactent aussi le climat. Les pays alpins, par leur consommation d'énergie et leur mix énergétique, contribuent également au changement climatique depuis leur industrialisation. La figure 1 montre l'utilisation de l'énergie primaire dans les pays alpins entre 1970 et 2004 : l'utilisation globale d'énergie dans les Alpes a presque doublé (voir tableau 1). Avec plus de 2000 pétajoules (PJ), la consommation d'énergie dans les Alpes compte pour près de 3% de la consommation totale d'énergie des pays européens de l'OCDE - et la consommation d'énergie par habitant dans les Alpes est d'environ 10% plus élevé que la moyenne européenne.

Comme par le passé, le mix énergétique dans l'espace alpin est dominé par les traditionnelles sources d'énergies fossiles : charbon, gaz naturel et produits pétroliers contribuent ensemble à plus de 70% de la consommation d'énergie finale (Haberl et coll. 2001). La consommation de charbon, qui génère le plus d'émissions de CO₂ par unité d'énergie produite, a diminué dans les dernières décennies de près de 50%. L'utilisation du pétrole, qui en 1971 représentait les deux tiers de la consommation d'énergie finale, n'a augmenté que légèrement à la fin du XXe siècle. L'augmentation de la consommation d'énergie a été assurée avant tout par le gaz naturel, l'électricité (dans les Alpes, en grande partie provenant de l'hydroélectricité) et d'autres sources d'énergie (biomasse et chauffage urbain). Cela a conduit à un «découplage relatif» entre la consommation d'énergie et les émissions de CO₂ : aujourd'hui moins de CO₂ est libéré par unité d'énergie utilisée que dans les années 1970. Toutefois, cette augmentation de l'efficacité a été clairement plus que compensée par l'augmentation de la consommation d'énergie.

L'industrie, les ménages et les transports consomment chacun environ 30% de l'énergie finale. D'autres secteurs comme l'agriculture, le commerce, l'industrie tertiaire et le secteur public ont besoin, dans l'ensemble, de seulement 15% d'énergie environ. Alors que l'utilisation d'énergie par l'industrie a stagné ces dernières décennies, la consommation des transports et des ménages a doublé depuis les années 1970. En outre, la part des autres secteurs dans l'utilisation d'énergie finale a augmenté.

Les scénarios énergétiques dans les pays alpins partent de l'hypothèse selon laquelle les besoins en énergie ne se développeront que très lentement ou peut-être même stagneront au cours des prochaines décennies grâce à l'amélioration de l'efficacité (en particulier pour le chauffage domestique) et à l'augmentation des prix (Kratena & Wüger 2005, OcCC & ProClim 2007). Ils ne diminueront toutefois pas sans mesures politiques drastiques.

Figure 1 :
Consommation d'énergie primaire dans les pays alpins de 1971 à 2004, en pétajoules (PJ).



Sources: Haberl et coll. 2001, Pastorelli 2007, AEI 2007a, AEI 2007b

Tableau 1 :
Consommation énergétique dans l'espace alpin en 2004, en tonne équivalent pétrole (tep).

Consommation d'énergie	Pays (Mtep)	Espace alpin (Mtep)	Par habitant (Mtep)	Population alpine (en millions)	Population totale (en millions)	Superficie du pays (1000 km ²)	Superficie alpine (1000 km ²)
Autriche	33.7	13.5	4.1	3.3	8.3	8.39	5.49
France	262.6	10.8	4.3	2.5	61.7	54.40	3.98
Allemagne	328.5	5.6	4.0	1.4	82.3	35.70	1.09
Italie	202.5	14.7	3.5	4.2	57.9	30.13	5.24
Slovénie	6.0	1.8	3.0	0.6	2	2.03	0.78
Suisse	29.0	6.6	3.9	1.7	7.5	4.13	2.68
total	862.3	53.0	3.8	13.7	219.7	134.77	19.25

Source : Pastorelli 2007

Avec le protocole de Kyoto, les États qui étaient membres de l'Union Européenne avant 2004 doivent réduire collectivement leurs émissions de gaz à effet de serre de 8% (par rapport aux niveaux de 1990) entre 2008 et 2012 : les pays alpins, la Slovénie compris, et à l'exception de Monaco, s'étaient alors engagés en ce sens. En décembre 2008, le Conseil Européen puis le Parlement de l'Union Européenne ont adopté le « Paquet énergie-climat », un texte réglementaire dont les mesures législatives sont fondées sur deux principales stratégies :

- a Augmentation de l'efficacité énergétique : la qualité des « services énergivores » par unité d'énergie utilisée doit être augmentée. À l'avenir, l'augmentation de l'efficacité énergétique doit permettre de chauffer un plus grand nombre d'habitats ou de couvrir des distances plus longues avec la même quantité d'énergie. L'UE veut accroître l'efficacité énergétique d'au minimum 20% d'ici à 2020 par rapport à l'évolution prévue sans mesures pertinentes. Elle mise en particulier sur le chauffage des bâtiments, où les améliorations sont déjà sensibles aujourd'hui (voir le Compact CIPRA « Construire et rénover »). Le « marché carbone » est un mécanisme qui doit également contribuer à augmenter l'efficacité énergétique : environ 12 000 des principaux émetteurs enregistrés, par exemple des usines ou producteurs d'énergie, peuvent vendre leurs crédits carbone sur le marché européen. Il constitue une incitation économique pour réduire les émissions de GES. Cette mesure est un moyen politiquement opportun d'accroître l'efficacité énergétique, mais il ne contribue pas (encore) à une réduction absolue des émissions, en raison de la (trop) grande quantité d'émissions qui peuvent être négociées sur ce marché.
- b Augmentation de l'utilisation des énergies renouvelables : la part des énergies renouvelables dans le mix énergétique doit passer de 9% actuellement à 20% en 2020 pour réduire encore la production de CO₂ par unité d'énergie consommée. C'est un objectif ambitieux mais du point de vue écologique, avec un mix énergétique approvisionné à 80% par des sources d'énergie fossile, nous sommes encore loin d'un approvisionnement énergétique durable et neutre pour le climat.

L'UE envisage désormais de réduire ses émissions de gaz à effet de serre de 20% d'ici 2020, et a décidé en 2009 de -80% voir -95% d'émissions d'ici 2050, par rapport à 1990. Parmi les pays alpins, l'Allemagne est légalement engagée à réduire de 40% ses émissions de GES d'ici 2020, et la France, avec le Grenelle de l'environnement, s'est fixée un objectif de division par quatre des émissions françaises à l'horizon 2050, ce qui amènerait en 2020 à -36% d'émissions (taux annuel moyen de - 3% à partir de 2005).

Dans sa Déclaration sur le changement climatique, la Convention alpine demande elle aussi « une amélioration de l'efficacité de l'énergie et l'exploitation des potentiels d'épargne énergétique » ainsi que « l'utilisation accrue des énergies renouvelables dans l'espace alpin ». Les programmes de lutte contre le changement climatique des pays alpins et de certains territoires des Alpes formulent des demandes très similaires.

L'augmentation de l'efficacité énergétique et le passage à des énergies renouvelables peuvent freiner l'augmentation des émissions de gaz à effet de serre - mais est-ce suffisant ? Le fameux « effet rebond » est trop peu pris en compte dans les mesures actuellement appliquées : en effet, une augmentation de l'efficacité



Photo 1 :

L'efficacité énergétique des bâtiments joue un rôle essentiel dans les économies d'énergie. Pour des informations plus détaillées, consulter le Compact CIPRA « Construire et rénover ».

accompagnée d'une croissance économique peut conduire à une augmentation de la demande en produits fabriqués de façon plus efficace. Ce phénomène concerne aussi le secteur énergétique: il peut réduire le bénéfice écologique de l'augmentation de l'efficacité énergétique, voire avoir un effet inverse. Dans les Alpes, des effets de ce type ont fait que la consommation d'énergie a continué de croître en dépit de l'augmentation régulière de l'efficacité. La réduction significative des émissions de CO₂ par quantité d'énergie finale consommée a elle aussi été plus que compensée par la croissance de la consommation d'énergie, de sorte que la quantité totale d'émissions de CO₂ a augmenté (voir www.cipra.org/fr/alpmedia/publications/3222).

La lutte contre le changement climatique ne peut donc pas être considérée uniquement à l'échelle « micro-économique », celle des usines, des produits et des consommateurs : le changement climatique est une question de société. Une mesure qui va dans ce sens est l'éco-taxe, qui réduit la taxation du travail en augmentant celle de la consommation d'énergie. Ces idées ont commencé à être appliquées en 1999 en Allemagne dans les réformes de la fiscalité écologique. Toutefois, les changements introduits, trop timorés, n'ont pas suffi à entraîner le revirement de tendance nécessaire à la réussite d'une politique de protection du climat.

La consommation énergétique est la cause du changement climatique, mais celui-ci influence aussi la consommation d'énergie et la période de consommation. Cela concerne notamment les besoins énergétiques des ménages : pendant les hivers doux, on chauffe moins, mais l'été, de plus en plus de bâtiments sont équipés de systèmes de climatisation. En Suisse, certains scénarios montrent que le besoin de refroidissement pourrait augmenter de 150 % d'ici 2050 (par rapport à la période 1984-2004), tandis que les besoins de chauffage en hiver ne diminueront que de 15 % (Aebischer & Catenazzi 2007). Alors que dans les pays alpins on chauffe principalement avec des combustibles fossiles comme le pétrole et le gaz naturel, les climatisations traditionnelles fonctionnent essentiellement à l'électricité. On estime que les besoins accrus en électricité ne pourront pas être couverts par des énergies neutres pour le climat comme l'énergie hydroélectrique : en raison des changements climatiques prévus, la production hydroélectrique pourrait diminuer jusqu'à -10% d'ici 2050 (DETEC 2007, Académies suisses des sciences (éd.) 2007).

3.2 **L'APPROVISIONNEMENT EN ÉNERGIE DANS LES ALPES**

L'approvisionnement en énergie dans les Alpes est nettement différent de la consommation d'énergie régionale : avec leurs centrales de stockage, les Alpes fonctionnent comme « les piles de l'Europe », car elles produisent du courant pour des demandes maximales. Dans le même temps, l'espace alpin importe de l'électricité générée par des centrales nucléaires et de grandes quantités de pétrole et de gaz naturel, qui ne sont pas produits dans les pays alpins. Le tableau 2 résume les sources d'énergie les plus importantes dans les Alpes, organisées selon les sources d'énergie fossiles (charbon, pétrole brut, gaz), les sources d'énergie renouvelables « traditionnelles » (énergie hydraulique et biomasse pour la production de chaleur), les « nouvelles sources d'énergie renouvelables » (agrocarburants, éolien, solaire, chaleur industrielle et chaleur issue de l'incinération des déchets), ainsi que l'énergie nucléaire.

Tableau 2 :

Synthèse des sources d'énergie et leur rapport avec le changement climatique.

	Source d'énergie	Usage	Impact sur le climat	Impact du changement climatique	Part dans la consommation d'énergie des pays alpins	Potentiel, conflits d'objectifs
SOURCES D'ÉNERGIE FOSSILES	Charbon	Chauffage, électricité	Nuisible pour le climat	Moyen (eau de refroidissement)	Moyenne	Une utilisation accrue serait contre-productive en matière de politique environnementale et climatique
	Pétrole	Chauffage, électricité, carburants	Nuisible pour le climat	Moyen (eau de refroidissement)	Très élevée	Une utilisation accrue serait contre-productive en matière de politique climatique
	Gaz naturel	Chauffage, électricité, centrales	Nuisible pour le climat	Moyen (eau de refroidissement)	Elevée	Une utilisation accrue serait contre-productive en matière de politique climatique
SOURCES TRADITIONNELLES D'ÉNERGIE RENOUVELABLES	Hydroélectricité	Électricité	Faible impact sur le climat	Élevé (changement hydrologique)	Relativement élevée	Potentiel largement épuisé, conflits avec la protection de la nature
	Biomasse traditionnelle (bois)	Chauffage	Faible impact sur le climat	Moyen (changement dans la production de bois)	Relativement élevée	Potentiel encore relativement élevé, conflits avec la protection de la nature
NOUVELLES SOURCES D'ÉNERGIE RENOUVELABLES	Biomasse moderne (Biogaz, granulats etc.)	Électricité, Chauffage, carburants	Selon la méthode de production	Moyen (changement dans la production de bois)	Minimale, en augmentation	Fort potentiel estimé, éventuellement surévalué, conflits avec la protection de la nature et la production agricole.
	Éolien	Électricité	Faible impact sur le climat	Moyen (risque d'orages)	Encore minimale, augmentation rapide	Potentiel moyen dans les Alpes
	Solaire	Chauffage, électricité	Faible impact sur le climat	Minimal (changements dans l'ensoleillement)	Encore minimale, augmentation rapide	Fort potentiel, notamment pour le chauffage
	Géothermie, chaleur industrielle, chaleur issue de l'incinération des déchets	Chauffage	Faible impact sur le climat	Minimal	Minimale	Potentiel relativement élevé pour le chauffage urbain
NUCLÉAIRE	Nucléaire (fission)	Électricité	Risqué. Élimination des déchets non résolue.	Variable selon région, selon disponibilité de l'eau (refroidissement)	Relativement élevée	Problème d'acceptation à cause des risques écologiques et sociaux et les conséquences à long terme.

Source : proClim 2007

SOURCES D'ÉNERGIE FOSSILES (PÉTROLE, GAZ NATUREL, CHARBON)

Les sources d'énergie fossiles (notamment le pétrole brut) représentent la majorité de la consommation d'énergie dans les Alpes. Toutefois, ces ressources ne sont guère disponibles dans les Alpes et la quasi-totalité de l'énergie fossile utilisée est importée. Pour la production d'électricité dans les Alpes, les énergies fossiles jouent un rôle relativement faible : en 2000 on compte onze centrales thermiques dans les Alpes autrichiennes avec une capacité totale de 844 mégawatts (MW), trois en Suisse (331 MW) et une en Slovénie (662 MW), qui génèrent de l'électricité en brûlant des combustibles fossiles. En particulier, les grandes centrales thermiques brûlent principalement du lignite (Haberl et coll. 2001). Pendant la combustion de ce type de charbon, une quantité particulièrement élevée de CO₂ est générée par unité d'énergie produite (tableau 3). En Suisse, la mise en service d'une centrale à cycle combiné alimentée en gaz naturel est prévue à Chavalon (Valais).

Tableau 3 :
Émissions de CO₂ des différentes sources d'énergie fossile, par unité d'énergie produite (en térajoules, TJ) en Autriche.

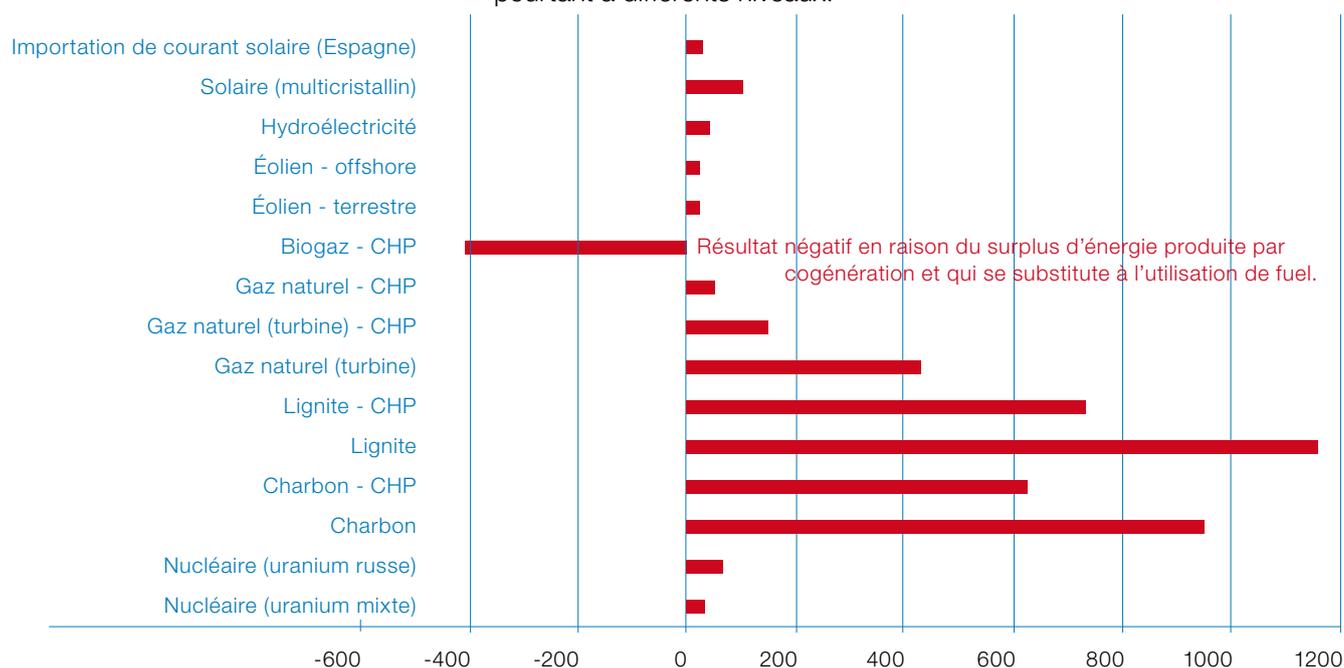
	Émissions de CO ₂ [tCO ₂ /TJ]
Charbon	95
Lignite	110
Fioul lourd	80
Gaz naturel	50

Source : BMWA (éd.) 2004

Actuellement, en matière de protection du climat, la question ne se concentre pas assez sur un retrait substantiel des énergies fossiles, ce qui serait nécessaire pour un approvisionnement en énergie climatiquement neutre. Au lieu de cela, le débat se concentre sur l'augmentation de l'efficacité des centrales thermiques à travers l'utilisation de systèmes de cogénération. Ce type de centrale électrique produit de l'énergie thermique en tant que sous-produit de sa production d'électricité, qui peut être utilisé par exemple pour du chauffage urbain. De cette façon, le niveau d'efficacité d'utilisation de l'énergie peut être accru, passant de 35 à 50% dans les centrales électriques sans cogénération, à 85% avec cogénération. Néanmoins, même avec une telle efficacité de l'utilisation des sources d'énergie fossiles, la contribution de la production de CO₂ au changement climatique demeure très problématique. Les centrales thermiques sont vulnérables au changement climatique, puisque des changements de température et de pluviosité en été peuvent entraîner une pénurie en eau de refroidissement ; la centrale pourrait alors surchauffer. Les centrales thermiques fossiles sont également des fournisseurs d'énergie « centralisés », qui exigent de grands réseaux de distribution d'électricité. Dans la perspective d'une fréquence accrue des événements météorologiques extrêmes (tempêtes, chutes de neige), l'impact sur ces réseaux d'électricité seraient particulièrement lourd.

Figure 2 :

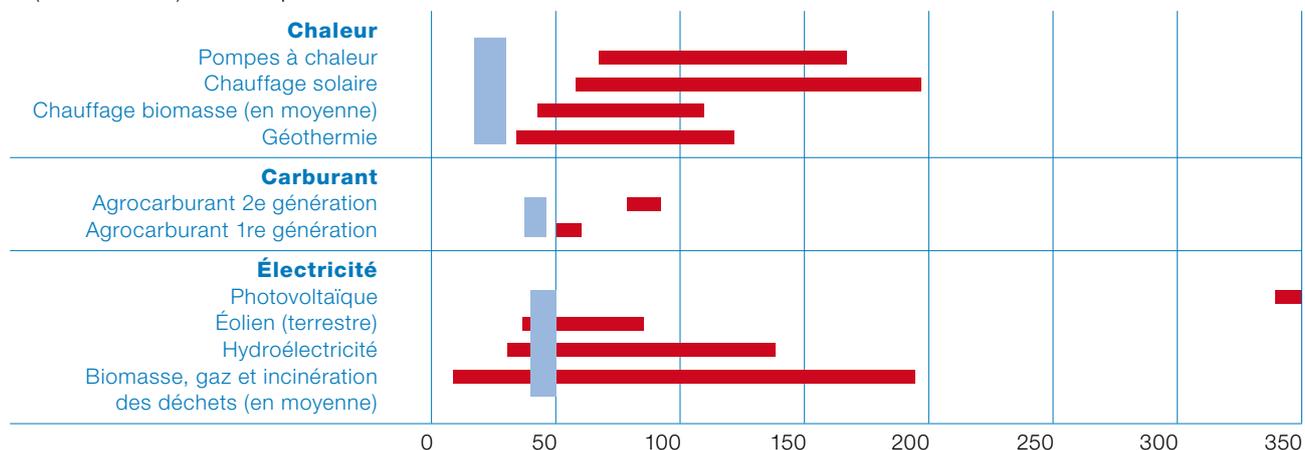
Émissions d'équivalent CO₂ (CO₂ et autres gaz à effet de serre) par kilowatt-heure (kWh) d'électricité produite à partir de sources d'énergie renouvelables et non renouvelables, en tenant compte de la méthode de production des différentes centrales en Allemagne.

**Bilan net de la production de GES, processus en amont compris [CO₂-eq / kWh él.]**

Source : Fritsche et al. 2007

Figure 3:

Coûts moyens des sources d'énergie renouvelables (barres rouges) par rapport aux coûts des énergies fossiles (barres bleues) en euros par MWh.

**Coûts moyens des sources d'énergie renouvelables utilisées pour le chauffage, le carburant et l'électricité.**

Source : Commission Européenne, 2007

Contrairement aux sources d'énergie fossile, les énergies renouvelables peuvent être produites dans l'espace alpin. Cela présente deux avantages cruciaux: d'abord, la création de richesse reste dans la région et génère ainsi des effets positifs sur l'emploi, d'autre part, son utilisation accrue réduit la dépendance aux importations, augmentant ainsi la sécurité de l'approvisionnement et réduisant les risques de conflits géopolitiques (par exemple le conflit autour du gaz naturel entre la Russie et l'Ukraine). À l'exception de l'hydroélectricité, qui peut être produite dans les centrales de grande puissance, les énergies renouvelables sont décentralisées avec une « densité d'énergie » relativement minimale. La structure de leur approvisionnement est donc plus décentralisée, et leur efficacité d'utilisation nécessite une conversion massive des systèmes énergétiques. Pour la protection du climat cela est positif puisque la structure décentralisée de l'énergie et l'utilisation des énergies renouvelables s'intègrent bien au territoire.

SOURCES D'ÉNERGIE RENOUVELABLE « TRADITIONNELLES »

- L'ÉNERGIE HYDRAULIQUE

L'énergie hydraulique est la forme traditionnelle d'énergie renouvelable utilisée dans l'espace alpin. Plus de 90% de la production d'électricité dans la zone alpine est générée par l'énergie hydraulique (Haberl et coll. 2001). En outre, la part des besoins nationaux de l'électricité couverte par l'énergie hydraulique est relativement élevée dans certains pays alpins.

Tableau 4 :
Couverture des besoins en électricité par l'énergie hydraulique.

COUVERTURE DES BESOINS EN ÉLECTRICITÉ PAR L'ÉNERGIE HYDRAULIQUE

Pays	%	Source
Suisse	62	Umwelt-Werkstatt e.V., Deutschland: www.bs-net.de
Autriche	76	
Allemagne	4	
Italie	20	Bundesamt für Wasser und Geologie, Schweiz: www.bwg.admin.ch
France	15	
Liechtenstein	45	Liechtensteinische Kraftwerke
Slovénie	29	Zdrufenja za energetiko, Slowenien: www.gzs.si/si_nov/druzenia/z26
UE	14	Verband der Elektrizitätswirtschaft VDEW e.V., Deutschland: www.strom.de
Norvège	99	Umwelt-Werkstatt e.V., Deutschland: www.bs-net.de

Source : Haubner 2002. Avertissement : depuis la publication de ce tableau, certains pourcentages ont baissé (p.ex. Autriche : 60%), en raison d'une augmentation importante de la consommation d'électricité, et non d'une baisse de la production d'hydroélectricité.

Les différentes stratégies pour réduire les émissions de GES dans les pays alpins sont basées sur une augmentation de la production d'électricité à partir de l'énergie hydraulique (voir le Compact CIPRA sur la gestion de l'eau) :



Photo 2 :

L'agrandissement et la modernisation des centrales hydroélectriques permet d'augmenter leur efficacité à court terme.

- La construction de nouvelles grandes centrales hydroélectriques : la Slovénie prévoit de construire cinq grandes centrales ; en Italie, l'objectif est de produire 3 TWh supplémentaires (Clini 2004) ; et en Autriche, la compagnie d'hydroélectricité tyrolienne Tiroler Wasserkraft AG (TIWAG) projette deux nouvelles grandes centrales et l'agrandissement de deux stations de transfert d'énergie par pompage (STEP). Cette expansion entraîne d'importants problèmes environnementaux, car cela causerait la perte des dernières rivières naturelles des Alpes (Tödter 1998).
- L'extension des petites centrales : en Autriche, en Suisse, en Allemagne et en France, où le potentiel de l'énergie hydraulique a déjà été largement exploité, des initiatives visent à promouvoir les petites centrales hydroélectriques, comme le « Programme petites centrales hydroélectriques » (Suisse). Ici aussi, sans prescriptions écologiques, l'expansion de l'hydroélectricité menace la biodiversité des rivières alpines. Des labels tels que « naturemade » ou « Greenhydro » en Suisse caractérisent l'électricité respectueuse de l'environnement produite par l'énergie hydraulique.
- L'augmentation de l'efficacité : dans les régions qui utilisent l'énergie hydraulique depuis des siècles (Autriche, Suisse, Allemagne et France), le potentiel d'augmentation de l'efficacité des installations existante est élevé. La transformation de la centrale de Kemmelbach en Basse-Autriche a permis par exemple de plus que tripler sa production d'électricité, passée de 4 GWh à 15 GWh. La situation écologique a également été améliorée grâce à des mesures complémentaires comme la construction d'une échelle à poissons de 463 m de long.

Les stations de transfert d'énergie par pompage (STEP) se distinguent des autres techniques de production d'énergies renouvelables, car elles livrent non seulement une quantité relativement élevée d'énergie, mais elles permettent aussi de stocker de l'énergie: elles produisent de l'électricité de pointe coûteuse aux moments où la demande est particulièrement élevée, et utilisent de nuit une énergie moins chère, provenant souvent de centrales nucléaires, pour pomper l'eau dans le réservoir de stockage pour le pic de consommation suivant. L'extension des STEP entraînerait donc une augmentation de la consommation d'électricité nocturne. Cependant, ces stations peuvent aussi être utiles pour stocker l'énergie irrégulière fournie par des sources d'énergie renouvelables comme le vent ou le solaire, et pour la restituer en cas de besoin. Dans un système énergétique durable, basé sur des sources d'énergie renouvelables, elles joueraient donc un rôle clé dans les Alpes (Erlacher 2005). Toutefois, leurs limites sont les mêmes que pour les autres centrales : la construction de nouvelles installations menace la biodiversité (voir le Compact CIPRA sur la protection de la nature).

La production d'électricité à partir d'énergie hydraulique est très fortement affectée par les changements climatiques : l'équilibre hydrologique des rivières alpines va changer du fait du retrait des glaciers et du décalage des précipitations vers la saison froide (Ministère fédéral allemand de l'environnement - 2008, voir aussi le Compact CIPRA sur l'eau). Le surcroît de précipitations en hiver permet d'augmenter la capacité des STEP sans les agrandir, mais la demande en électricité augmente encore plus rapidement. La production d'électricité hydroélectrique n'est d'ores et déjà plus suffisante pour satisfaire la demande dans certains pays alpins. L'augmentation des besoins en électricité au cours des prochaines décennies dans les Alpes ne pourra donc sans doute pas être couverte par l'énergie hydraulique (DETEC 2007, Académie suisse des sciences (éd.) 2007).

- **LA BIOMASSE TRADITIONNELLE (BOIS DE CHAUFFAGE)**

La combustion de bois est la méthode de chauffage la plus ancienne. Aujourd'hui encore, le bois et les granulés de bois forment la majeure partie des 10% de production d'énergie finale fournie dans les Alpes par la biomasse. L'utilisation de bois pour produire de l'énergie thermique peut être considérée comme durable si :

- sur le long terme, la quantité de bois utilisée ne dépasse pas celle du bois qui repousse (ou si on utilise beaucoup moins de bois qu'il n'en repousse : on assiste en effet actuellement dans les Alpes à un reboisement souvent perçu comme problématique au niveau local) ;
- la production de bois est respectueuse de l'environnement (sylviculture écologique) ;
- le bois coupé est entièrement utilisé (y compris les déchets de bois produits par l'industrie du bois) ;
- la pollution atmosphérique locale est évitée autant que possible grâce à des filtres.

Le bois et les copeaux de bois sont de plus en plus utilisés également dans les centrales biomasse pour le chauffage urbain et la production d'électricité (voir le Compact CIPRA sur la sylviculture).

NOUVELLES SOURCES D'ÉNERGIE RENOUVELABLES

- **LA BIOMASSE « MODERNE »**

Ces dernières décennies, la biomasse est de plus en plus utilisée pour la production d'énergie à haute valeur ajoutée (carburants ou électricité). Dans tous les pays alpins, l'utilisation de la biomasse joue un rôle important dans la lutte contre le changement climatique. En France, l'objectif de « l'appel d'offre biomasse » est de générer d'ici 2009 300 MW de plus à partir de la biomasse. Le programme italien « PROBIO » (Programma Nazionale Biocombustibili) soutient depuis 2003 la production d'agrocarburants en Italie. En Suisse, les agrocarburants sont exonérés de taxes depuis 2008 si leur production est conforme aux exigences environnementales minimales. Les attentes sont toutefois modestes : les agrocar-



Photo 3 :

Le passage des énergies fossiles aux énergies renouvelables doit être encouragé – mais pas au détriment de la nature. La production de bioé-
nergie, l'implantation d'éoliennes et
la construction de nouvelles cen-
trales hydrauliques sont une source
importante de conflits.



Photo 4 :

Les zones agricoles utilisées pour la culture de plantes destinées à la production d'énergie ne sont plus disponibles pour les cultures alimentaires.

burants devraient représenter 5 à 10% de la consommation globale de carburant d'ici 2035 (DETEC 2007). Le programme du gouvernement autrichien prévoit de couvrir 10% des besoins par des « carburants alternatifs » à l'horizon 2010 (y compris le biogaz) (BMLFUW - Ministère fédéral de l'agriculture et des forêts 2007). Ces objectifs montrent clairement que le potentiel de production d'agrocarburants est insuffisant pour alimenter le système de mobilité actuel (voir le Compact CIPRA sur les transports). La contribution possible de la biomasse à la production d'électricité est estimée en Suisse à environ 5%, et est donc relativement modeste.

L'utilisation de la biomasse pour ces formes d'énergie n'est en outre climatiquement neutre qu'en théorie. Contrairement à l'utilisation de bois issu d'une production extensive ou des déchets agricoles, la production agricole intensive de plantes oléagineuses pour la production de biodiesel est fortement émettrice de CO₂ : la production européenne de biodiesel à partir de colza génère seulement 1,7 unités d'énergie renouvelable par unité d'énergie fossile utilisée (Escobar et al. 2009). Une conversion mondiale au biodiesel ne réduirait absolument pas les émissions de GES, et pourrait même les augmenter, le déboisement et les émissions d'oxyde d'azote liées à l'utilisation d'engrais azotés produisant les mêmes quantités d'émissions de GES que l'utilisation de combustibles fossiles (Crutzen et coll. 2007).

La production d'agrocarburants entraîne de surcroît des conflits d'intérêt pour l'utilisation des sols : les zones utilisées pour cultiver des plantes énergétiques ne sont plus disponibles pour d'autres fonctions telles que la production alimentaire ou la protection de la nature. En terme d'efficacité de l'utilisation des terres, le photovoltaïque est beaucoup plus avantageux que les agrocarburants : pour une même surface, les panneaux photovoltaïques peuvent produire environ 100 fois plus d'énergie. La combustion des déchets agricoles et forestiers pour la production d'énergie peut au contraire être considérée comme ayant un impact particulièrement faible sur le climat. En outre, les conflits d'usages mentionnés ci-dessus pour l'utilisation des terres sont évités. Dans ce contexte, l'utilisation « en cascade » est utile : l'ensemble de la chaîne d'utilisation de la biomasse est optimisée, de la production à l'utilisation finale. L'utilisation des sous-produits suivants permet d'utiliser en cascade la biomasse :

- la production de biogaz provenant du fumier des animaux d'élevage, sous-produits humides des récoltes (par exemple paille de maïs, feuilles de navet), des déchets ménagers organiques ou des résidus de la production alimentaire, ou
- l'énergie recyclée issue de la paille ou des déchets forestiers.

Les zones agricoles et forestières peuvent être ainsi utilisées de façon beaucoup plus efficace. Cela permet d'accroître le potentiel énergétique de la biomasse, et désamorce d'autre part les conflits d'usages.

Dans l'utilisation de la biomasse, le mode de production joue un rôle déterminant : l'agriculture et la sylviculture raisonnées minimisent les effets

écologiques négatifs et peuvent même contribuer à la préservation de la biodiversité, tandis que la monoculture intensive a des effets négatifs sur les sols, les eaux souterraines et de surface, et la variété des espèces. Le respect des normes de développement durable strictes est donc essentiel dans la production de bioénergie (voir les Compacts CIPRA sur l'agriculture et la protection de la nature).

- **L'ÉNERGIE ÉOLIENNE**

Les attentes envers l'énergie éolienne sont importantes dans les pays alpins, mais surtout en dehors de la zone alpine. L'utilisation d'éoliennes pour la production d'électricité a actuellement le vent en poupe, les coûts de construction et d'entretien étant relativement peu élevés (voir fig. 4). Le nombre d'éoliennes a considérablement augmenté dans les pays alpins. En Autriche, la puissance installée est passée de moins d'un mégawatt (MW) en 1995 à près de 1 000 MW (PROIDL 2006), et en 2007 plus de deux térawattheures (TWh) d'électricité ont été produits. La France envisage d'atteindre une capacité de 5 000 MW d'ici 2010, et l'Italie plus de 2 000 MW (Clini 2004). En Allemagne, où la filière éolienne est encouragée par la Loi sur les énergies renouvelables et par des conditions climatiques particulièrement favorables dans la région de la mer du Nord, la production a augmenté, passant de 1,8 TWh en 1995 à près de 40 TWh en 2007 (Office fédéral de la Statistique 2008). Malgré cela, l'énergie éolienne reste relativement peu développée dans les pays alpins. Même en Allemagne, le plus grand producteur d'énergie éolienne parmi les pays alpins, l'éolien représente seulement 6% de la production d'électricité, et une grande partie des parcs éoliens est située en dehors de la zone alpine.

En outre, l'impact du changement climatique sur les éoliennes a été jusqu'à présent très peu étudié. On peut s'attendre à ce que la recrudescence des événements météorologiques extrêmes comme les tempêtes confronte les centrales éoliennes à des exigences de robustesse plus élevées. Cependant, plus de vent peut également signifier plus d'électricité.

L'analyse du rendement potentiel de l'énergie éolienne et de ses impacts possibles sur l'environnement aboutit à des conclusions moins optimistes (voir www.cipra.org/fr/alpmedia/dossiers/3). Du fait de la nature des vents, les Alpes ne se prêtent pas particulièrement à l'installation d'éoliennes : les sites où la vitesse du vent est la plus élevée sont principalement sur les sommets des montagnes. La construction d'éoliennes sur ces sites aurait un fort impact sur le paysage et nécessiterait des investissements élevés en infrastructures (construction de routes). De plus, l'énergie éolienne est fournie de façon très irrégulière. En cas d'utilisation massive de l'énergie éolienne (également en dehors des Alpes), il faudrait donc construire plus de stations de transfert d'énergie par pompage (STEP) (Erlacher 2005).

- **L'ÉNERGIE SOLAIRE ET LE PHOTOVOLTAÏQUE**

L'énergie du soleil peut être directement utilisée de deux manières : soit sous forme de chaleur pour les espaces d'habitations et pour l'eau chaude sanitaire, soit par des systèmes photovoltaïques pour la production



Photo 5 :

La CIPRA a publié des informations de fond sur l'énergie éolienne dans le dossier CIPRA « Énergie éolienne dans les Alpes » www.cipra.org/fr/alpmedia/dossiers/3



Photo 6 :

Les cellules photovoltaïques sur le toit des maisons n'ont pas d'impact sur l'environnement et doivent donc être installées sur tous les toits des Alpes.

d'électricité. L'utilisation de l'énergie solaire a peu d'impact sur le climat et est comparativement peu menacée par le changement climatique.

L'utilisation de l'énergie solaire pour le chauffage est encouragée dans les pays alpins. Cela pourrait permettre de freiner, voire de réduire l'utilisation d'autres sources d'énergie utilisées pour le chauffage, comme le fioul, le gaz, le bois ou le chauffage urbain. La généralisation de l'utilisation de l'énergie solaire et l'amélioration croissante de l'efficacité énergétique des bâtiments méritent d'être mises à profit afin de réduire les émissions de gaz à effet de serre (voir le Compact CIPRA « Construire et rénover ».)

Comme l'énergie éolienne, le photovoltaïque n'était pas très répandu jusqu'à présent, mais est aujourd'hui en plein essor. Le programme italien « 10 000 toits photovoltaïques » devrait par exemple permettre d'économiser 0,12 mégatonnes de CO₂ par an. Un programme « 100 000 toits photovoltaïques » est en préparation en Allemagne, et l'Autriche et le Liechtenstein encouragent également les installations photovoltaïques.

La production d'électricité grâce au photovoltaïque est comparativement coûteuse (plus de 300 euros/MWh) et, par rapport aux autres énergies renouvelables comme l'énergie éolienne ou hydroélectrique, la fabrication de cellules solaires émet une quantité relativement importante de CO₂ (voir fig. 3). Malgré cela, en raison de son grand potentiel, l'énergie photovoltaïque est une technologie d'avenir. En Allemagne, l'industrie solaire a enregistré des taux de croissance de 30 à 40 % entre 2000 et 2003 grâce au soutien apporté par la Loi sur les énergies renouvelables. L'installation de panneaux photovoltaïques sur les toits des maisons n'a pas d'impact écologique et permet de produire des quantités significatives d'électricité. En Allemagne, diverses études montrent que l'installation de systèmes photovoltaïques sur les toits, sur les façades ou au sol dans des zones non exploitées telles que les bords de routes et d'autoroutes pourrait permettre de couvrir jusqu'à un tiers des besoins actuels en énergie. L'énergie solaire photovoltaïque peut être utilisée de manière décentralisée pour la production d'électricité et contribuer ainsi à un approvisionnement énergétique plus sûr. De la même façon que l'énergie éolienne, l'énergie solaire est irrégulière et soulève les mêmes questions de stockage.

• AUTRES ÉNERGIES UTILISÉES POUR LA PRODUCTION DE CHALEUR

D'autres sources d'énergie peuvent être utilisées pour la production de chaleur (ou pour le chauffage de l'air extérieur aspiré via un système de climatisation, l'aérothermie). Ce sont par exemple :

- l'énergie géothermique,
- la chaleur industrielle,
- la chaleur issue de l'incinération des déchets ménagers, des déchets industriels et des boues.

L'utilisation de la géothermie et de la chaleur industrielle pour chauffer les bâtiments permet d'utiliser de l'énergie qui serait perdue, ou qui pourrait même avoir un impact écologique négatif, comme dans le cas de la

chaleur industrielle. L'utilisation de la chaleur issue de la combustion de déchets ménagers et industriels ou des boues pour le chauffage urbain permet également d'utiliser une énergie qui serait non valorisée, même si ce processus génère des gaz à effet de serre. Néanmoins, dans le sens d'une utilisation en cascade des ressources, de telles stratégies d'utilisation de l'énergie, comme par exemple le programme bavarois « Protection du climat dans l'industrie des déchets », peuvent être jugées positives. Cependant, le but ne peut être ici que l'augmentation de l'efficacité énergétique : il n'existe pas de potentiel important de croissance de la production.

L'énergie géothermique est une exception : les centrales géothermiques qui utilisent la chaleur de réservoirs d'eau situés à quelques milliers de mètres de profondeur produisent de l'énergie quelle que soit la saison (contrairement à la plupart des sources d'énergie neutres pour le climat).

3.2.3 L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE

Il n'y a pas de centrales nucléaires dans les Alpes, mais plusieurs pays alpins en possèdent (Allemagne, France, Suisse et Slovénie), et toutes les régions alpines s'approvisionnent en électricité issue de centrales des régions voisines. Contrairement à la combustion des énergies fossiles, la fission nucléaire n'émet pas directement de CO₂. Ces dernières années cependant, l'énergie nucléaire a refait surface dans le débat public, et bien plus encore depuis la catastrophe nucléaire de Fukushima au Japon (mars 2011). La construction, l'entretien, et le démantèlement des centrales nucléaires produisent des émissions de GES. De plus, le cycle de combustion nucléaire consomme des quantités considérables d'énergie fossile. L'utilisation de l'énergie nucléaire n'est aussi pas viable pour d'autres raisons : l'uranium est une matière première épuisable. Au niveau de la demande actuelle, son extraction pourrait ne plus être rentable d'ici 2030. Avec la fission nucléaire, seuls 30% de l'énergie libérée sont utilisés. Le processus produit donc d'importantes quantités de chaleur résiduelle qui ont des conséquences sur l'environnement (par exemple réchauffement des cours d'eau par les eaux rejetées).

Dans les stratégies climatiques des pays alpins, l'énergie nucléaire a un rôle à double tranchant. Celle-ci permet d'afficher de faibles taux d'émissions de CO₂ en France ou en Bavière, ce que ces dernières ne manquent pas de proclamer haut et fort. Mais un tournant a été pris en 2011, avec l'Allemagne, la Suisse et l'Italie qui se sont prononcés pour une sortie du nucléaire (ou un non retour à celui-ci). Enfin, l'énergie nucléaire est indissociable du risque d'accidents catastrophiques. Des matières radioactives peuvent être libérées et nuire gravement et de manière durable à l'environnement et à la santé des populations. L'utilisation de l'énergie nucléaire génère des déchets radioactifs qui doivent être confinés pendant des millénaires, et qui représentent un risque énorme pour la sécurité des générations actuelles et futures. Pour lutter contre le changement climatique et dans le sens d'un développement soutenable, il convient donc de privilégier d'autres options pour l'approvisionnement énergétique. Enfin, en tant que technologie centralisée marquée par de grands complexes nucléaires, l'énergie nucléaire est difficile à concilier avec un système énergétique décentralisé.

CONCLUSIONS

Le changement climatique représente un des défis majeurs pour le système énergétique des Alpes. Cela concerne à la fois l'adaptation aux changements climatiques actuels et futurs autant que la nécessité d'une conversion radicale vers un système énergétique climatiquement neutre.

La réduction de la consommation d'énergie dans l'espace alpin est une première étape dans la réalisation d'une baisse significative des émissions de gaz à effet de serre ; une réduction nécessaire des émissions supérieure à celle permettant de limiter le réchauffement de la Terre dans une mesure acceptable (autour de 2°C). « L'effet rebond » représente le plus grand défi car il consisterait à l'annulation des avantages liés à l'amélioration de l'efficacité énergétique à cause d'une consommation accrue de services énergivores. Exploiter le potentiel technique pour une utilisation plus efficiente de l'énergie – bien que ceci soit très important – ne saurait suffire. Une réduction globale de l'énergie consommée n'est concevable que dans le cadre d'une stratégie qui ne crée pas seulement une incitation à l'utilisation de technologies plus efficaces, mais qui agit également sur des leviers macro-économiques. Seul un ensemble de mesures combinées pourrait conduire à atteindre cet objectif : la mise en œuvre de réformes fiscales socio-écologiques, des infrastructures et des politiques d'aménagement du territoire tout autant qu'une politique technologique soutenant l'efficacité énergétique. Ceci est la seule façon de compenser le fait que, malgré une hausse rapide de l'utilisation des « nouvelles sources d'énergie renouvelables », les émissions de gaz à effet de serre continuent d'augmenter.

Parallèlement à l'efficacité accrue dans l'utilisation de l'énergie, une conversion aux énergies renouvelables est nécessaire. Puisque les énergies renouvelables sont généralement décentralisées, ce changement induit une restructuration fondamentale de l'approvisionnement énergétique. Cela requiert une réorganisation de l'industrie de l'énergie dont l'importance est encore souvent sous-estimée. Il est clair que les changements nécessaires mentionnés, qui concernent la politique des infrastructures d'une part et la production et l'approvisionnement énergétique d'autre part, sont en fortes interactions. Ce changement nécessaire de paradigme est cependant encore mal compris.

Par conséquent, des efforts significatifs plus importants dans le domaine de la recherche et développement (R&D) sont également nécessaires. Il est important de considérer non seulement le domaine de la (R&D) « technique », mais aussi de développer une meilleure compréhension intégrée des dimensions sociales, économiques et territoriales de la question énergétique.

EXEMPLES DE BONNES PRATIQUES

- **AUTOSUFFISANCE ÉNERGÉTIQUE DANS L'ACHENTAL**

Les habitants de la vallée d'Achental en Bavière ont récemment assisté à des cours sur l'énergie en plus de cours sur la santé. Chaque année, environ 100 propriétaires adhèrent à cette offre proposée par l'association « Ökomodell Achental e.V. » (« Éco-modèle Achental »), une association qui regroupe sept villes au sud du lac Chiemsee sous la direction de Fritz Irlacher. Là, les ménages apprennent tout ce qui concerne les possibilités offertes par les énergies renouvelables. Ceci n'est que l'une des nombreuses mesures qui ont été prévues ou ont déjà été mises en œuvre dans l'Achental. La population s'est fixée des objectifs ambitieux : la totalité de l'énergie requise pour le chauffage et l'électricité doit être produite d'ici 2020 à partir de la combinaison de diverses mesures impliquant des sources régionales d'énergies renouvelables. Il a été reconnu depuis longtemps que l'approvisionnement en énergie durable n'est pas une question purement technique. C'est beaucoup plus un défi qui demande une forte collaboration régionale : le maintien du paysage naturel et culturel, la protection des exploitations agricoles ainsi que la promotion d'un tourisme et d'une industrie compatible avec la nature - tels sont les

Photo 7 :

La biomasse d'Achental



trois piliers de l'éco-modèle. Les sept villes ont ainsi été un moteur du développement régional durable depuis 1999, en partie avec l'étroite collaboration de deux villes autrichiennes voisines.

La « Biomassehof Achental GmbH », un centre d'approvisionnement et de services consacré à la biomasse, est une filiale de l'association « Éco-modèle Achental » qui s'attelle à l'approvisionnement énergétique. Sous le slogan « 100% de la région pour la région », les déchets d'origine biologique ou organique sont transformés en énergie. Des réseaux régionaux et des filières de valorisation sont constitués. Les ressources en bioénergies disponibles sont collectées, préparées et utilisées dans le cadre d'une chaîne de valeur exemplaire. Dans une prochaine étape, le centre « Biomassehof » mettra en place un réseau de chaleur avec une chaufferie aux copeaux de bois pour Grassau, qui, avec 7 000 habitants, est la plus grande commune de l'Achental.

Ces mesures aident non seulement à réduire les émissions de CO₂, mais stabilisent aussi les coûts énergétiques. Enfin et surtout, l'agriculture locale et la sylviculture bénéficient de la possibilité de vendre leurs déchets organiques. Pourtant, cela ne suffit pas : un forum « Bio-Energie » est également prévu pour créer un réseau réunissant les acteurs régionaux, ainsi que la formation continue auprès de publics ciblés tels que les constructeurs de systèmes de chauffage, les commerçants ou les écoles. À plus long terme, les succès obtenus doivent aussi avoir un impact au-delà de l'Achental : formations, visites guidées et relations publiques auprès des régions voisines et ailleurs en Europe, qui doivent permettre d'initier une série de projets similaires.

www.cipra.org/competition-cc.alps/wolfgangwimmer (de)

- **ÉNERGIE RENOUVELABLE EN MONTAGNE - LE PROGRAMME ÉNERGÉTIQUE DE DOBBIACO/TOBLACH**

La commune de Dobbiaco/Toblach est située dans une zone froide. A 1 200 mètres d'altitude, ce territoire connaît une température moyenne annuelle de 5°C et est l'une des communes les plus froides d'Italie. Il ne s'agit pas seulement des 3000 habitants de Dobbiaco, mais aussi des nombreux touristes qui ont besoin de beaucoup de chauffage.

Déjà, dans les années 1990, les habitants ont fait le premier pas pour convertir leur système de chauffage vers des énergies renouvelables et ils ont créé la S.A. « Centrale de chauffage de Dobbiaco » (« Fernheizwerk Toblach Genossenschaft mit beschränkter Haftung »). Après que les accords préalables aient été signés avec 220 futurs clients, le Bureau technique Alfred Jud a commencé la construction d'une centrale de chauffage collectif en 1995. En novembre 1995, les habitants d'un premier quartier de Dobbiaco ont pu bénéficier du réseau de chaleur. Aujourd'hui, la station fournit 50 millions de kWh chaleur à plus de 1 000 ménages à Dobbiaco et dans la commune voisine de San Candido/Innichen. La coopérative compte plus de 500 membres.

Le procédé du réseau de chaleur est techniquement très simple : les copeaux de bois, l'écorce et la sciure sont brûlés dans une chaudière. La chaleur dégagée chauffe l'eau qui est distribuée aux clients connectés sur le réseau. Depuis 2003, l'usine produit également de l'électricité grâce à la cogénération par « cycle organique de Rankine » (ORC). Le module ORC utilisé est l'un des plus grands d'Europe avec une capacité de 15 mégawatts. Ainsi, ce procédé respecte l'environnement en utilisant uniquement comme matières premières les déchets en provenance de l'industrie sylvicole locale. Un filtre électrique et un système de condensation des effluents gazeux minimisent la production de polluants dans les rejets atmosphériques.

Par leur conversion à ce réseau de chaleur, les habitants de Dobbiaco protègent non seulement l'environnement, mais font également des économies financières. Par rapport aux systèmes traditionnels de chauffage au fioul, ils paient 40% moins cher durant l'hiver. La centrale a aussi créé de nouveaux emplois. Le maire de Dobbiaco, Bernhard Mair, est à juste titre fier du concept énergétique de sa commune présentée comme un exemple positif lors de la conférence internationale de la CIPRA « Sang froid sous l'effet de serre ! Le changement climatique demande une action réfléchie » qui s'est tenue à Bolzano, en Italie, en avril 2009.

www.cipra.org/ccalpsresearch/centrale-di-cogenerazione-di-dobbiaco (en)

- **LAISSEZ ENTRER LE SOLEIL ! L'ÉCOLE DE L'ÉNERGIE DE HAUTE-BAVIÈRE**

Les enfants en Haute-Bavière utilisent l'énergie solaire pour faire cuire des saucisses. Ils placent une casserole au milieu d'un grand plat creux argenté et attendent que l'énergie des rayons du soleil fasse bouillir l'eau. Par le programme « Cuisine solaire » et d'autres activités créatives similaires, l'école de l'énergie de Haute-Bavière montre aux élèves de primaire tous ce qu'ils peuvent faire avec l'énergie solaire.

Photo 8 :

École de l'énergie de Haute-Bavière :
les enfants se familiarisent avec le soleil comme source d'énergie.

Trois partenaires sont réunis dans cette école de l'énergie : « ZIEL 21 e.V. » (Association Objectif 21), « Bürgerstiftung Energiewende Oberland »



(Association citoyenne pour le tournant énergétique en Oberland) et « Green City e.V. » (Association Cité Verte) sur des projets innovants de formation à l'utilisation et la production d'énergie. La consommation et la production d'énergie responsables sont considérées comme une contribution au développement durable. Chacun des trois partenaires dirige une « station énergétique » qui anime des projets dans l'une des trois régions de Haute-Bavière.

Dans le cadre du projet « Sonne – voll Energie » (Le soleil – plein d'énergie), l'école de l'énergie de Haute-Bavière travaille avec des enfants du primaire. Son équipe enseigne aux élèves, mais aussi à leurs enseignants, la façon d'approfondir et de traiter les thèmes de la consommation durable d'énergie et de l'énergie solaire au cours de la semaine du projet. L'école de l'énergie de Haute-Bavière met à disposition du matériel pédagogique, et propose des excursions et des ateliers liés au projet. La journée de l'énergie conclue toujours la semaine de projets: les élèves présentent leurs créations artistiques et artisanales, des experts enseignent les connaissances les plus récentes sur les questions d'énergie renouvelables et d'économie d'énergie, et les exposants proposent un moment d'échanges avec eux. La journée de l'énergie est donc une plate-forme pour les groupes cibles les plus diverses.

En plus de l'attention portée aux projets de formation, l'école de l'énergie de Haute-Bavière met également à disposition, gratuitement, du matériel pédagogique pour les classes de différents niveaux sur son site internet.

www.cipra.org/competition-cc.alps/EWO (de)

- **SAINT-MORITZ – LA CHALEUR TIRÉE DU LAC**

Les clients du Badrutt's Palace Hotel à Saint-Moritz (Suisse) et les élèves de l'école Grevas n'ont jamais eu froid grâce aux chaudières à fioul qui, jusqu'en 2005, ont généré suffisamment de chaleur et d'eau chaude. Mais depuis décembre 2006, les clients de l'hôtel et les écoliers connaissent une chaleur encore plus confortable, alors que les tourments de l'hiver balayent le lac de Saint-Moritz. Une pompe à chaleur « tire » la chaleur du lac et la redistribue à l'hôtel de luxe et aux bâtiments scolaires voisins.

Quand les systèmes de chauffage à énergie fossile du Badrutt's Palace ont dû être rénovés en 2005, l'hôtel venait de se voir proposer par le département « Services énergétiques » de la Société d'électricité de la ville de Zurich (EWZ) un système de chauffage à partir de la chaleur du lac. Au lieu d'adapter la technologie existante, la direction de l'hôtel a donc demandé à EWZ de concevoir un système d'approvisionnement en énergie, de planifier et de financer le système et, enfin, de réaliser le projet. L'école Grevas, dont le système de chauffage avait également besoin d'être rénové, a rejoint le projet.

Une colonne d'aspiration d'eau est située à 10 mètres de profondeur et 50 mètres de la rive du lac. Elle pompe 4 000 litres d'eau par minute vers la rive, qu'elle achemine sous la Kantonstrasse et jusqu'à la centrale de

pompe à chaleur. Là, l'énergie de l'eau du lac est captée à une température de 4°. A l'aide des pompes à chaleur, l'eau est chauffée à 70°, puis conduite dans un circuit de chauffage séparé. Ce circuit approvisionne directement l'hôtel et l'école en chauffage. L'eau alors refroidie à 1° est ensuite rejetée dans le lac par une deuxième conduite. Les études hydrologiques confirment que cette eau refroidie n'a pas d'impact sur l'écosystème du lac.

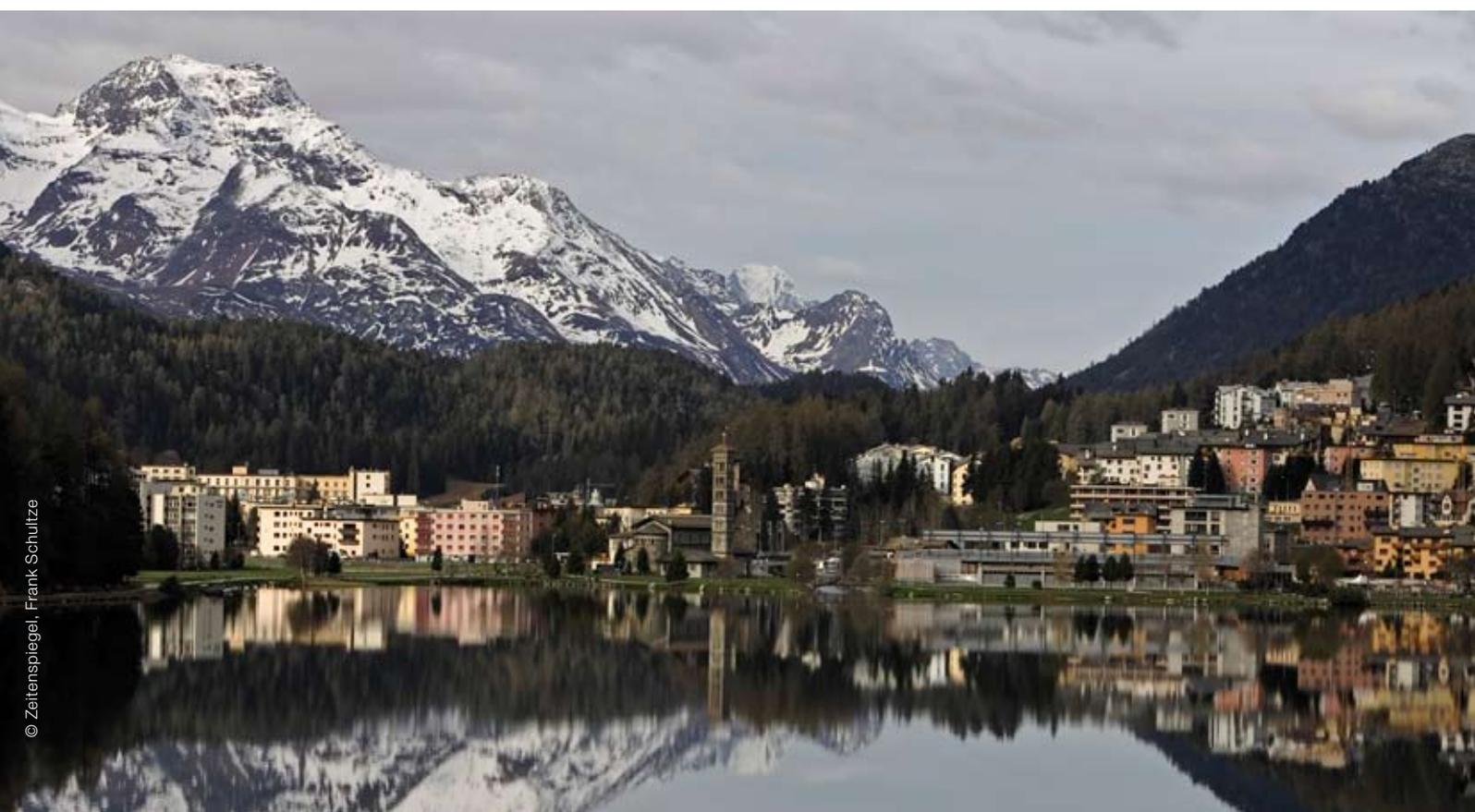
La centrale de pompe à chaleur produit environ 4 700 MWh par an. 4 000 MWh sont utilisés par l'hôtel et le reste par l'école. Le système couvre quelques 80 % des besoins en énergie de l'hôtel et plus de 70% des besoins de l'école. Pour la demande en heure de pointe dans les deux bâtiments, des chaudières modernes à fioul sont là, mais leur utilisation est rarement nécessaire. Grâce à l'installation du nouveau système de pompe à chaleur, 475 000 litres de fioul sont économisés chaque année, soit l'équivalent de 1 200 tonnes de CO₂.

Outre les économies de fioul de chauffage bénéfiques au climat, le système a d'autres effets positifs pour Saint-Moritz. La construction et l'exploitation de l'usine ont créé des emplois, et mobilisent une ressource principalement locale. Pour une station touristique comme Saint-Moritz, ce système est également une bonne vitrine, montrant que la ville agit pour l'environnement. Et grâce à l'utilisation du système par l'école, les jeunes de Saint-Moritz, peuvent eux aussi être sensibilisés et inspirés par des alternatives aux systèmes de chauffage conventionnel, qui sont innovantes et respectueuses de l'environnement.

www.cipra.org/competition-cc.alps/ewzedl (de)

Photo 9 :

À Saint-Moritz, une école et un hôtel utilisent la chaleur tirée du lac pour chauffer les bâtiments de façon climatiquement neutre.



- **DES INSTALLATIONS PHOTOVOLTAÏQUES POUR TOUS LES HABITANTS DE LAAKIRCHEN**

Combien d'années me faudra-t-il pour amortir les coûts de ma voiture ? Personne ne se pose cette question pour l'achat d'une voiture, contrairement au moment de la décision d'installer des panneaux solaires photovoltaïques. Beaucoup de ménages n'y pensent même pas, parce que 10 ans semblent souvent une éternité. La commune de Laakirchen en Basse-Autriche refuse ce point de vue, et par le biais d'une campagne d'information et des subventions conséquentes, l'objectif de la municipalité est de motiver les habitants à installer des systèmes photovoltaïques.

Cette ville, avec ses 9 400 habitants, avait connu déjà en 2003 un franc succès en encourageant la population à installer sur les toits des systèmes solaires pour le chauffage de l'eau. Après l'achat de systèmes solaires par la municipalité, de nombreux citoyens suivirent cet exemple, de sorte qu'en quelques mois, plus de 200 systèmes solaires apparurent sur les toits des maisons. En 2007, la municipalité était prête à franchir une nouvelle étape pour passer à la production d'électricité solaire à partir de systèmes photovoltaïques.

Photo 10 :

La commune de Laakirchen/A veut motiver la population à installer des cellules photovoltaïques sur les toits.

Le 16 mai 2007, la campagne appelée « la fête du Soleil » a été présentée à la population de Laakirchen. Le maire a expliqué à 220 ménages



l'idée et les différentes subventions que la municipalité accorderait pour les systèmes photovoltaïques (600 euros), les systèmes solaires, pompes à chaleur, installation de double vitrage et l'isolation des bâtiments. Les entreprises de Laakirchen du secteur des énergies renouvelables et des économies d'énergie ont été directement invitées à participer à l'événement et à préparer des offres favorables pour les citoyens. Ils ont également pu faire la démonstration de leurs produits et discuter avec les citoyens.

Le résultat a été un franc succès : en quelques jours, la municipalité a reçu près de 150 demandes pour participer à la campagne. En 2008, 30 autres systèmes photovoltaïques furent installés, et encore 30 en 2009.

Pour couronner leur engagement dans le domaine de l'efficacité énergétique, la municipalité de Laakirchen a reçu le « Globe Energie » d'Autriche le 1er octobre 2008 pour sa campagne « un système photovoltaïque pour tous les habitants de Laakirchen ». Le Prix Solaire d'Eurosolar Autriche a suivi le 4 octobre.

www.cipra.org/competition-cc.alps/laakirchen (de)

INFORMATIONS COMPLÉMENTAIRES

- Vous trouverez une liste de liens actualisée, des exemples supplémentaires et des compacts sur d'autres thèmes sur www.cipra.org/de/climalp ou www.cipra.org/cc.alps
- Aebischer, Bernard & Giacomo Catenazzi (2007): Der Energieverbrauch der Dienstleistungen und der Landwirtschaft, 1990-2035. Bundesamt für Energie. Bern.
- Akademien der Wissenschaften Schweiz (Hg.) (2007): Denk-Schrift Energie. Energie effizient nutzen und wandeln. Ein Beitrag zur nachhaltigen Entwicklung in der Schweiz. Bern.
- BMLFUW - Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt u. W. (2007): Anpassung der Klimastrategie Österreichs zur Erreichung des Kyoto-Ziels 2008-2012. Wien.
- BMWA (Hg.) (2004): Energiebericht 2003 der österreichischen Bundesregierung. Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit. Wien
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz u. R. (2008): Klimawandel in den Alpen. Fakten - Folgen - Anpassung. Berlin.
- Clini, Corrado (2004): Italy's Third National Communication under the UN Framework Convention on Climate Change. Italian Ministry for the Environment and Territory.
- Commission des communautés européennes (2007): Feuille de route pour les sources d'énergie renouvelables au 21e siècle: construire un avenir plus durable. Bruxelles.
- Crutzen, Paul J., A. R. Mosier, K. A. Smith, W. Winiwarter (2007): N₂O release from agro-biofuel production negates global warming reduction by replacing fossil fuels. In: Atmospheric Chemistry and Physics Discussion 7 (4), pp. 11191-11205.
- Erlacher, Rudi (2005): Offshore & Ötztal: Synergien zwischen Wind- und Wasserkraft. Zur Abwägung der Nachhaltigkeit künftiger Wasserkraftnutzung in Tirol. In: Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. (Hg.): Jahrbuch des Vereins zum Schutz der Bergwelt. München, pp. 97-110.
- Escobar, Jose C., Electo S. Lora, Osvaldo J. Venturini, Edgar E. Yanez, Edgar F. Castillo, Oscar Almazan (2009): Bio-fuels: Environment, technology and food security. In: Renewable and Sustainable Energy Reviews 13 (6-7), pp. 1275-1287.
- Fritsche, Uwe R., Lothar Rausch, Klaus Schmidt (2007): Treibhausgasemissionen und Vermeidungskosten der nuklearen, fossilen und erneuerbaren Strombereitstellung. Öko-Institut e.V. Darmstadt.
- Haberl, Helmut, Heidi Adensam, V. Kloud (2001): Données sur l'énergie. In: Commission Internationale pour la Protection des Alpes (CIPRA) (éd.): 2e Rapport sur l'état des Alpes. Berne, Stuttgart, Vienne. pp. 268-294.
- Haubner, Elke (2002): Un label pour l'énergie hydraulique. Un rapport de synthèse. Schaan. CIPRA International. alpMedia.net
- IEA (2007a): Energy Balances of Non-OECD Countries, 2004-2005 - 2007 Edition. www.iea.org. CD-ROM. International Energy Agency (IEA). Paris.
- IEA (2007b): Energy Statistics of OECD Countries, 2004-2005 - 2007 Edition. www.iea.org. CD-ROM. International Energy Agency (IEA). Paris.
- Kratena, Kurt & Michael Wüger (2005): Energieszenarien für Österreich bis 2020. Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung. Wien.
- OcCC & ProClim (2007): Les changements climatiques et la Suisse en 2050. Impacts attendus sur l'environnement, la société et l'économie. Berne.
- Pastorelli, Francesco (2007): Les Alpes – une région modèle pour la protection du climat ? Exposé d'introduction à la conférence annuelle de la CIPRA à Saint-Vincent. In: CIPRA Info 85, pp. 4-9.
- Sources d'énergie: chiffres et faits. Utilisation, potentiel et risques en Suisse de différentes sources d'énergie. Berne.
- Proidl, Harald (2006): Daten über erneuerbare Energieträger in Österreich. Österreichische Energieagentur. Wien.
- Tödter, U. (1998): Les cours d'eau – une partie de nature apprivoisée. In: 1er Raport sur l'état des Alpes. Données, faits, problèmes, esquisses de solutions. Berne, Stuttgart, Vienne, pp. 178-182.
- DETEC (2007): Rapport sur le climat. Rapport du DETEC sur la future politique climatique de la Suisse.