

La performance énergétique de bâtiments en bois régional dans les Alpes



Un rapport de CIPRA International consacré au potentiel écologique et économique des modes de construction et d'assainissement efficaces sur le plan énergétique et réalisés à base de bois régional dans l'espace alpin.

Impressum

Editeur : CIPRA International, Im Bretscha 22, FL-9494 Schaan

Chargée de projet : Nicole Sperzel, CIPRA International

Financement : Principauté de Liechtenstein (rapport en langue allemande et site Internet www.cipra.org/fr/climalp en allemand, français, italien et slovène)

OFEFP Office fédéral suisse de l'environnement, des forêts et du paysage (traductions française et italienne du rapport)

Date de publication : 15.12.2004

Traduction : Christine Breuss et Christine Hetzenauer

Table des matières

1	Résumé : Il y a tant de choses dont on peut se passer...!	5
2	Introduction	7
2.1	"HOME SWEET HOME" – LÀ OÙ NOUS SOMMES À L'AISE	8
2.2	PENSER À DEMAIN DÈS AUJOURD'HUI !	9
2.3	REGARDER AU-DELÀ DE SON JARDIN	10
2.4	TERMES TECHNIQUES – INITIATION À LA PHYSIQUE DU BÂTIMENT	14
2.4.1	<i>L'indice de dépense énergétique (IDE)</i>	14
2.4.2	<i>La charge de chauffage</i>	16
2.4.3	<i>La valeur U</i>	16
2.4.4	<i>La valeur g</i>	17
2.4.5	<i>Le pont thermique</i>	17
3	Consommations énergétiques de la construction et de l'habitat	19
3.1	CHANGEMENTS CLIMATIQUES MONDIAUX	19
3.2	LE CONTEXTE POLITIQUE	20
3.3	ÉNERGIE GRISE – L'ÉMINENCE GRISE DE LA CONSTRUCTION	21
3.3.1	<i>Les matériaux et leur teneur en énergie grise</i>	21
3.3.2	<i>Les modes de construction et leur teneur en énergie grise</i>	24
3.4	BILANS ÉNERGÉTIQUES GLOBAUX DES BÂTIMENTS	24
3.4.1	<i>Il y a un commencement à tout</i>	25
3.4.2	<i>Sur le chemin du bois ?</i>	25
4	Le bois – une ressource renouvelable	27
4.1	LES FONCTIONS DE LA FORÊT	27
4.2	VALORISATION RÉGIONALE DU BOIS	29
4.2.1	<i>Une chaîne aux nombreux maillons</i>	29
4.2.2	<i>Issu de la région au profit de la région</i>	34
4.2.3	<i>Points faibles de la chaîne de valorisation</i>	36
4.3	LE BOIS-ÉNERGIE	37
4.4	LE BOIS EN TANT QUE MATÉRIAU	38
4.4.1	<i>Comment et où utiliser le bois en construction ?</i>	39
4.4.2	<i>Une maison en bois – de nombreux avantages</i>	40
4.4.3	<i>Préjugés à l'encontre de la construction en bois</i>	41
5	Maisons efficaces sur le plan énergétique	44
5.1	MAISONS NEUVES SANS CHAUFFAGE	44
5.1.1	<i>La maison à faible consommation énergétique</i>	44
5.1.2	<i>La maison passive</i>	44
5.1.3	<i>La maison à absorption solaire directe</i>	46
5.1.4	<i>La maison MINERGIE®</i>	46
5.1.5	<i>La maison énergie plus</i>	47
5.2	PRÉJUGÉS À L'ENCONTRE DE LA CONSTRUCTION EFFICACIE SUR LE PLAN ÉNERGÉTIQUE	47
5.2.1	<i>« Dans ce genre de maisons, on ne peut jamais ouvrir les fenêtres ! »</i>	47
5.2.2	<i>« Dans ces maisons, on voit apparaître des moisissures ! »</i>	48
5.2.3	<i>« Ça coûte beaucoup trop cher ! »</i>	48
5.2.4	<i>« Ces constructions sont réservées aux endroits exposés au sud ! »</i>	49
5.3	UNE NOUVELLE TECHNIQUE DANS DES MAISONS EXISTANTES	49
6	Construction et assainissement	51
6.1	LA CONSTRUCTION DE BÂTIMENTS NEUFS EFFICACIE SUR LE PLAN ÉNERGÉTIQUE	51
6.1.1	<i>Forme du bâtiment et plan</i>	51
6.1.2	<i>Enveloppe du bâtiment</i>	53
6.1.3	<i>Étanchéité à l'air</i>	53
6.1.4	<i>Fenêtres</i>	53
6.1.5	<i>Installations d'aération avec échangeur de chaleur</i>	54
6.1.6	<i>Chauffage résiduel et préparation d'eau chaude</i>	55
6.1.7	<i>Choix de matériaux de construction biologique</i>	55

6.2	L'ASSAINISSEMENT EFFICIENT SUR LE PLAN ÉNERGÉTIQUE.....	56
6.2.1	<i>Une bonne planification, la clef du succès.....</i>	57
6.2.2	<i>Identifier les points faibles.....</i>	57
6.2.3	<i>Mesures d'assainissement spécifiques à certains éléments de construction.....</i>	58
6.2.4	<i>Mesures d'assainissement de la technique domestique.....</i>	59
7	Bons exemples.....	60
7.1	BÂTIMENTS NEUFS.....	61
7.2	ASSAINISSEMENTS.....	68
8	Possibilités de promotion.....	71
8.1	ALLEMAGNE.....	72
8.2	FRANCE.....	74
8.3	ITALIE.....	75
8.4	LIECHTENSTEIN.....	75
8.5	AUTRICHE.....	76
8.6	SUISSE.....	78
9	Potentiel du marché et scénarii.....	80
9.1	MAISONS PASSIVES DANS LES PAYS ALPINS.....	80
9.1.1	<i>Appréciation du marché futur pour l'Allemagne, l'Autriche et la Suisse.....</i>	82
9.1.2	<i>Facteurs pour la promotion de maisons passives.....</i>	82
9.2	PROPORTION DES MAISONS CONSTRUITES EN BOIS DANS LES PAYS ALPINS.....	83
9.3	LE JEU DES SCÉNARII.....	83
9.3.1	<i>Et si le standard de la maison passive était davantage pris en compte dans la construction de bâtiments neufs ?.....</i>	85
9.3.2	<i>Et si tous les assainissements thermiques étaient exécutés de manière optimale, avec une augmentation du taux des assainissements ?.....</i>	87
9.3.3	<i>Et si la construction de bâtiments neufs en bois atteignait une proportion plus élevée ?.....</i>	90
9.3.4	<i>Conclusions sur la base des scénarii étudiés.....</i>	92
10	Revendications politiques.....	94
10.1	PROMOTION DE MÉTHODES DE CONSTRUCTION ET D'ASSAINISSEMENT EFFICIENTES SUR LE PLAN ÉNERGÉTIQUE.....	94
10.2	PROMOTION DE L'UTILISATION DU BOIS.....	95
10.3	INTERNALISATION DES COÛTS RÉELS DANS LA PRODUCTION DES MATIÈRES PREMIÈRES ET LE TRANSPORT.....	96
10.4	MESURES LÉGISLATIVES EN MATIÈRE DE CONSTRUCTION.....	97
10.5	MESURES DANS LE CADRE DE L'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE.....	97
10.6	MESURES TRANSNATIONALES.....	98
11	Littérature (la liste est consultable sous www.alpmedia.net).....	100
12	Glossaire.....	106

1 Résumé : Il y a tant de choses dont on peut se passer...!

Les ressources en énergies fossiles - le pétrole, le gaz naturel et le charbon - sont limitées et touchent à leur fin. Nul ne le conteste. Reste à savoir si cela se passera dans 20, 30, 50 ou 100 ans. Les esprits les plus sceptiques s'attendent à voir dépasser le maximum de l'extraction de pétrole dès 2010, alors que les optimistes pensent que l'extraction de pétrole pourra encore augmenter d'ici 2020, voire 2030. Le thème d'une "nouvelle crise du pétrole" est de ce fait délicat du point de vue économique – mais aussi écologique. En effet, la plupart des climatologues sont entre-temps persuadés que les émissions de CO₂ issues de la combustion des ressources fossiles représentent la cause majeure du réchauffement climatique de la planète, qui aura pour conséquence catastrophique l'accroissement de la fréquence des tempêtes, des pluies intenses et des sécheresses. Le recul des glaciers alpins est l'une des conséquences les plus visibles du réchauffement climatique. Mais aussi la fréquence accrue de chutes de pierres, de laves torrentielles et d'épisodes de crue rendent ces changements "tangibles" pour chacun d'entre nous. En ratifiant le Protocole de Kyoto, la quasi-totalité des pays alpins ont pris l'engagement d'une réduction des gaz à effet de serre. Désormais, il s'agira de définir et de mettre en oeuvre des mesures susceptibles de faire baisser les émissions de CO₂.

Les ménages consomment autant d'énergie finale que le secteur des transports, soit 30% de la consommation totale. Le chauffage des locaux représente la majeure partie de cette consommation, soit plus de 70%, et le mazout et le gaz naturel sont les principales énergies utilisées pour produire de la chaleur. La construction actuelle de maisons inefficaces d'un point de vue écologique et énergétique a des conséquences néfastes pour la consommation d'énergie et le climat à moyen terme. La réduction des besoins en chaleur de chauffage au moyen de constructions et d'assainissements efficaces sur le plan énergétique comporte donc un important potentiel d'économies de CO₂. En appliquant des techniques solaires intelligentes et des méthodes modernes d'isolation pour les nouvelles constructions ou pour la rénovation, conformes au standard "maison passive" ou "Minergie-P", on pourra réduire de 80 à 90% les besoins en énergie de chauffage. Ces mesures permettront de se passer d'un chauffage traditionnel tel qu'il en faut normalement dans chaque bâtiment. Les propriétaires et locataires de telles habitations auront donc moins de soucis à se faire au sujet de l'évolution des prix sur les marchés de l'énergie et des matières premières tout en provoquant eux-mêmes moins d'émissions de CO₂.

Jusqu'à présent, ce potentiel n'est pas vraiment identifié et exploité ; en d'autres termes, la plus grande partie des constructions neuves et des rénovations se réalisent sans tenir compte de l'état de la technique. Pourquoi en est-il ainsi ? Dietmar Eberle, professeur d'architecture à l'EPFZ, explique la situation par le fait que la construction de bâtiments et l'architecture ne constituent pas en premier lieu des réalisations techniques, mais qu'elles sont déterminées par leur dimension culturelle, par des facteurs tels que la familiarité, l'habitude et la convention. Il importera donc de réaliser une combinaison judicieuse de l'aspect "technique" et de l'aspect "culturel". Architectes et concepteurs sont ainsi invités à ne plus considérer les nouvelles solutions techniques comme des éléments étrangers qu'il convient de dissimuler, mais d'en faire des éléments à vocation esthétique. En Europe, il existe désormais des milliers de maisons individuelles, d'appartements de location, de bâtiments commerciaux et industriels et de bâtiments publics qui ont été soit réalisés, soit rénovés selon les principes du standard de la maison passive et sont autant d'exemples qui prouvent que ce mode de construction n'est tributaire ni d'un style de construction ni d'une région spécifique.

Pour réduire la consommation d'énergie et les émissions de CO₂ qui en découlent, on peut aussi intervenir au niveau des matériaux de construction utilisés. Un grand nombre d'entre eux nécessitent de grandes quantités d'énergie pour leur seule fabrication (ex. : les poutres métalliques) ou sont transportés sur de grandes distances (ex. : le bois de Sibérie ou d'outre-mer). Le recours au bois régional comme matériau de construction et comme combustible permettra de ménager le climat mais aussi de renforcer les circuits économiques régionaux. Le bois est une énergie neutre pour le climat et dont le potentiel est loin d'être pleinement exploité. Le bois est de même un matériau de construction offrant de multiples possibilités d'utilisation, procurant un climat intérieur agréable et possédant naturellement d'excellentes propriétés isolantes. Last but not least, les personnes qui vivent et travaillent dans des maisons en bois en retirent un grand bien-être, car le bois possède des qualités exceptionnelles sur le plan biologique. Le bois est donc tout désigné pour être utilisé dans les constructions et les assainissements efficaces sur le plan énergétique.

En valorisant du bois indigène sur place, on assure et on crée des emplois dans des régions au tissu économique peu développé. De plus, la valeur ajoutée profite à la région. Lorsqu'on recourt au mazout ou au gaz naturel, le 60 à 70% de l'argent dépensé part à l'étranger. Quand on utilise du bois, par contre, l'argent dépensé reste dans le pays à 100%, et la moitié profite directement à la région. Il en est de même avec l'usage de bois coupé, scié et employé par la suite sur des chantiers de la région : la création de valeur au niveau de la région en sera multipliée par dix. Autre conséquence non négligeable : on réduit la charge de trafic dans l'espace alpin, car il ne sera plus nécessaire d'exporter du bois brut vers des scieries éloignées et d'importer du bois de construction.

De plus, l'exploitation du bois n'est pas néfaste aux forêts lorsque la gestion se fait en respectant les principes de la durabilité. L'exploitation d'un grand nombre de forêts est actuellement abandonnée pour des raisons économiques. Le stock de bois dans l'espace alpin est donc immense, et il continue d'augmenter d'année en année. Les vieux arbres et les réserves forestières inexploitées sont nécessaires pour préserver la diversité biologique, mais il existe de nombreuses surfaces où une exploitation du bois conforme au principe du rendement soutenu ne porterait pas atteinte à la nature. Une exploitation accrue est même favorable aux forêts de protection, si importantes dans l'espace alpin, car seule une forêt jeune, saine et stable peut offrir une protection suffisante contre les dangers naturels.

Il est donc possible de se passer d'un système de chauffage traditionnel, de livraisons de pétrole et de gaz naturel provenant de régions politiquement instables, de matériaux de construction originaires d'outre-mer sans avoir peur d'une exploitation plus intensive des forêts sur place !

2 Introduction

"La maison idéale est chaude en hiver et fraîche en été", aurait dit Socrate. Que cet idéal peut se réaliser de nos jours et ce, sans système de chauffage ni de climatisation, le présent rapport s'emploie à le démontrer. Il expose en même temps les potentialités en matière d'économies d'énergie et de valorisation, offertes par l'usage du bois régional comme combustible et comme matériau de construction.

Pour beaucoup de gens, les économies d'énergie impliquent le renoncement à un certain confort. De nos jours, le contraire est vrai avec des maisons où les économies d'énergie vont de pair avec une meilleure qualité de l'habitat et des coûts de construction plus bas. Il ne s'agit pas pour autant de "maisons high-tech" difficiles à gérer, mais de standards de construction modernes et novateurs qui confèrent à leurs propriétaires une autonomie fort appréciée par rapport à l'évolution des prix sur le marché de l'énergie. Ces maisons-là ne disposent d'aucun chauffage au sens classique, certaines d'entre elles se passent même d'une installation d'aération contrôlée. De nombreux exemples prouvent que les habitant(e)s de ces maisons n'ont pas froid pour autant en hiver et que l'implantation de telles maisons n'est pas réservée à des sites très spécifiques, voire exceptionnels. Beaucoup de maîtres de l'ouvrage semblent pourtant avoir du mal à imaginer une maison sans chauffage.



Figure 1 : Située à 900 m, la maison à absorption solaire directe de Trin (CH) se passe de système de chauffage et d'installation d'aération.

Loin de se limiter aux maisons individuelles et aux immeubles, ce mode de construction convient également aux bâtiments industriels et commerciaux, aux bâtiments publics ainsi qu'aux écoles et jardins d'enfants. De nombreux aspects de la construction efficiente sur le plan énergétique peuvent aussi s'appliquer à l'assainissement de bâtiments. On peut donc réduire considérablement la consommation d'énergie des "bâtiments existants" tout en accroissant leur confort.



Figure 2 : Cette maison située à Wolfurt (A) est occupée par cinq familles qui n'ont pas à se faire de soucis au sujet de l'évolution des prix sur le marché du pétrole.

Tout watt qui ne sera pas consommé, n'aura pas besoin d'être extrait, transporté et converti à partir d'un agent énergétique. La construction efficiente sur le plan énergétique qui ménage les ressources épuisables contribue par là-même à sauvegarder notre environnement pour les générations à venir.



Figure 3 : Ce bâtiment administratif situé à Coire (CH) abrite une trentaine de collaborateurs qui n'ont encore jamais eu froid, en dépit de l'absence de tout chauffage traditionnel.

En principe, des maisons sans chauffage traditionnel peuvent se réaliser avec n'importe quel matériau. Cependant, tout le monde sera gagnant si l'on recourt aux dérivés du bois dans la construction et l'assainissement de bâtiments : des propriétaires et ouvriers forestiers aux maîtres de l'ouvrage et locataires ou autres utilisateurs futurs en passant par les scieurs, les charpentiers et les menuisiers de la région. Comparée à un ouvrage maçonné, une maison en bois aura de même un bilan énergétique global plus avantageux, au moment de sa réalisation comme de sa démolition : on ménagera les ressources tout en restant neutre du point de vue des émissions de CO₂.

2.1 "Home sweet home" – là où nous sommes à l'aise...

Les pièces dans lesquelles nous passons le plus clair de notre temps, exercent une influence significative sur notre bien-être. Un bâtiment peut vous rendre malade ou vous mettre à l'aise. L'établissement bancaire International Netherlands Bank a fait ériger vers le milieu des années 1980 à Amsterdam un nouveau bâtiment administratif pour 2'400 employés, qui en plus des aspects énergétiques, respecte aussi les aspects sociaux. S'inspirant de la philosophie de Rudolf Steiner, les responsables y ont réalisé une conception entièrement nouvelle : lumière et plantes vertes, orientation au sud, matériaux biologiques, zones de repos et salles réservées à la méditation. Le surcoût s'était amorti en l'espace de deux ans à peine, la consommation d'énergie de ce bâtiment administratif étant de 92% inférieure à celle de son prédécesseur. L'absentéisme des employés, qui se sentent à l'aise à leur poste de travail, a baissé de 15%, et l'image de marque de la banque s'est sensiblement améliorée dans l'opinion [Weizsäcker, Lovins und Lovins, 1995].

Le confort est le produit de nombreux facteurs, auxquels les occupants d'un bâtiment sont plus ou moins sensibles. En dehors d'éléments visuels, acoustiques et thermiques, ce sont aussi des facteurs psychologiques qui décident de l'ambiance plus ou moins agréable d'un local. Le toucher ou l'odeur d'un matériau ou d'un meuble pourra de même influencer sur le bien-être ressenti. Et pourtant, le confort n'est pas une notion purement subjective. Le Fraunhofer Institut für Bauphysik en Allemagne a chiffré cette sensation pour ce qui concerne les facteurs "tangibles" :

- La température de la pièce devrait se situer entre 18 et 24 degrés. Les surfaces des locaux, c'est-à-dire les planchers, plafonds et parois devraient avoir la même température que l'air ambiant pour éviter les courants d'air et les déperditions de chaleur. La pièce ne devrait pas présenter d'écarts de température dépassant les 4 degrés (ex. : poêle chaud, mur extérieur froid, le facteur essentiel étant la température ressentie par la personne au milieu). Le respect de cette règle évite la condensation d'eau telle qu'elle apparaît avec les ponts thermiques (voir chapitre 2.4.5), qui peut se traduire par l'apparition de moisissures.
- La chaleur ne devrait pas émaner uniquement de radiateurs, mais comporter une part importante de chaleur rayonnante (ex. : chaleur solaire, pierres chaudes).
- L'humidité relative de l'air devrait se situer entre 40 et 60 pour cent. Un air trop sec comportera trop de poussière, un air trop humide est propice à la propagation et à la multiplication des moisissures, champignons, bactéries, virus et acariens.
- La vitesse du vent (courant d'air) ne devrait pas dépasser 0,15 mètre par seconde, c'est un courant d'air qui fait dévier une flamme de bougie de 10 degrés.
- Pour travailler, il faut disposer d'un éclairage minimum de 200 lux, cet éclairage devant être aussi naturel que possible.
- Le besoin en air frais dépend des dimensions de la pièce et du nombre de personnes qui l'occupent. Un indicateur de la qualité de l'air ambiant, qui se mesure facilement, est sa teneur en CO₂. Cette dernière ne devrait pas dépasser une valeur de 0,1%.
- Enfin, les odeurs désagréables doivent être absentes des pièces habitées.

Des matériaux naturels d'aménagement intérieur et des méthodes de construction écologiques et efficaces sur le plan énergétique sont le mieux à même de satisfaire ces exigences : des bâtiments bien isolés et exempts de courants d'air, dotés de grandes fenêtres y contribuent au même titre que des matériaux naturels agréables au nez et capables d'accumuler la chaleur et de la dégager au besoin, d'absorber les odeurs et de réguler l'humidité de l'air.

2.2 Penser à demain dès aujourd'hui !

La construction d'une maison demande une planification soignée et représente pour le particulier ou maître de l'ouvrage un investissement pour la vie. Cette maison devra lui fournir un chez-soi confortable pour les 50 à 80 années à venir. Et elle doit être abordable. A ce propos, trop souvent on ne s'intéresse qu'aux frais d'investissement en négligeant les frais d'exploitation. Le chauffage qui représente 70 à 80% des dépenses énergétiques domestiques est ainsi le facteur le plus important. En 2004 en Allemagne, un litre de mazout coûte le prix d'un litre d'eau minérale¹, mais pour combien de temps encore ? L'augmentation des prix de l'énergie est prévisible dès aujourd'hui, le maximum d'extraction des ressources pétrolières mondiales sera dépassé d'ici 5 à 20 ans. Que faire alors pour que sa maison particulière, l'appartement loué ou bien les bureaux continuent de pouvoir être chauffés d'ici 50 ans, malgré des prix de l'énergie en hausse ?

Les besoins en énergie de chauffage des bâtiments efficaces sur le plan énergétique ne représentent plus qu'un dixième de la consommation "normale". De telles habitations pourront donc se passer d'un système de chauffage à forte consommation d'énergies non renouvelables. Les habitants de maisons modernes et innovantes pourront prendre le temps de vivre, de se reposer, de profiter de la vie sans se soucier de l'évolution des prix sur le marché de l'énergie. En plus de la charge financière que représente une consommation élevée de mazout et de gaz pour le propriétaire ou locataire d'une maison, elle contribue par le biais des émissions polluantes de CO₂ produites par la combustion des énergies fossiles au changement climatique sur notre planète : pour produire l'équivalent de 10 kWh d'énergie de chauffage, il est nécessaire de brûler un litre de mazout. Cette combustion dégage environ 2,6 kg de CO₂ qui s'accumuleront dans l'atmosphère pour contribuer ainsi à l'effet de serre.



Figure 4 : Relation entre rendement énergétique et émissions de CO₂ lors de la combustion de 1 litre de mazout.

En Allemagne 60% du fuel-oil léger est consommé par les ménages, 30% par les entreprises artisanales et commerciales et 8% par l'industrie (y compris le pétrole utilisé comme matière première) [Umweltdatenbank]. Une maison individuelle de 120 m², construite il y a 20 ans et mal isolée, émet chaque année 7'000 kg de CO₂, auxquels il convient d'ajouter l'énergie dépensée pour l'extraction, la production et le transport du combustible.² Une maison individuelle moderne et réalisée selon les principes de la maison passive ne produira plus

¹ Prix moyen du litre de mazout en Allemagne : 0,45 € (situation au 06.08.2004). Prix actuels en Allemagne : <http://home.t-online.de/home/tecson/pheizoel.htm>

² Les dépenses en énergie primaire pour le mazout sont 1,2 x plus élevées que l'énergie finale prélevée par le consommateur, c'est-à-dire que pour assurer l'extraction, la transformation et le transport de 100 l de mazout, il faut 120 l de pétrole brut [Bräuchle, 1998].

qu'un 1/15 des émissions issues d'une installation de chauffage au mazout d'un bâtiment ancien.

Il va sans dire que les besoins en énergie de chauffage dépendent également du comportement de l'utilisateur. Si certaines personnes se sentent à l'aise avec une température ambiante de 19°C, d'autres auront besoin de 24°C. Les fenêtres à bascule laissées ouvertes contribuent, elles aussi, à une forte augmentation des besoins en énergie de chauffage : on chauffe l'atmosphère, au sens propre du terme. En analysant son comportement, chacun pourra identifier ses potentiels personnels d'économies d'énergie.

Mais non seulement "l'exploitation", donc la phase d'utilisation d'un bâtiment devrait être conçue de façon à ménager au maximum l'atmosphère : dès la réalisation du bâtiment de même que dans la perspective de son "élimination" future, il conviendrait de tenir compte des émissions de CO₂. Des matières premières d'origine régionale, comme le bois, ont un "sac à dos écologique" moins chargé que des matériaux fabriqués au prix d'une forte consommation d'énergie et acheminés sur de grandes distances. Le jour de la démolition éventuelle d'un bâtiment, les matériaux dérivés du bois – à moins d'avoir subi un traitement chimique – n'auront pas besoin d'être évacués au prix fort sur une décharge, mais pourront servir à la construction d'un nouveau bâtiment ou être utilisés comme combustible. Le volume non occupé dans une décharge contribuera en même temps à ménager l'environnement.

Le bois en particulier, c'est bien connu, contribue au bien-être des occupants d'une maison, car son aptitude à réguler l'humidité et à absorber les odeurs exerce une influence positive sur le climat des locaux et la santé des personnes qui y séjournent. En même temps, les maisons réalisées à base de bois issu de la région et adoptant des formes et des modes d'exécution très personnalisés, sont susceptibles d'enrichir la diversité architecturale de l'habitat alpin. En outre, un recours plus intensif au bois comme matériau de construction et comme combustible apporte une contribution positive à la gestion durable des forêts, stimule l'économie régionale et consolide durablement l'emploi dans la région. De plus, le bois est une ressource renouvelable, qui fixe le CO₂ et le soustrait pendant une longue durée à l'atmosphère terrestre³. Celui qui construit une maison en bois contribue donc à une gestion durable et écologique de nos ressources.

2.3 Regarder au-delà de son jardin...

Une approche durable de la construction de bâtiments et de leur occupation aux fins d'habitation et autres englobe des préoccupations sociales, économiques et écologiques. La durabilité en matière de construction va beaucoup plus loin que l'installation de capteurs solaires ou la construction de maisons efficaces sur le plan énergétique. Au fond, la maison la plus écologique sera celle qui n'aura jamais été construite.

Nombreux sont en effet ceux qui pensent que la "**construction écologique**" est synonyme d'implantation d'une maison réussie du point de vue biologique et/ou énergétique quelque part en pleins champs. Cette erreur doit être corrigée. Nous occupons toujours plus de surface par habitant et équipons de nouvelles zones à bâtir sans assurer leur desserte efficace par les transports publics. En parcourant chaque jour un trajet de 40 km (aller et

³ Durant leur phase de croissance, les plantes fixent du CO₂ retiré à l'atmosphère. Les réactions biochimiques qui se déroulent au cours de la photosynthèse transforment le CO₂ en sucre et le stockent sous forme de composés organiques dans leur tissu de soutien. Lorsque la plante meurt et qu'elle est décomposée par des micro-organismes, le CO₂ est restitué à l'atmosphère. De par leur longue durée de vie, les arbres constituent donc des puits de CO₂.

retour) en voiture pour se rendre à son travail, on provoque autant d'émissions de CO₂ en une année qu'en chauffant pendant quatre ans une maison de 120 m² construite selon les critères de la maison passive.⁴ Lorsqu'on est amené à construire, il conviendra de considérer les facteurs suivants pour réaliser un bâtiment innovant, durable et écologique :

- Utilisation économe du terrain (ex. : utilisation systématique des friches à l'intérieur des villes, construction d'immeubles au lieu de maisons individuelles, construction compacte), associée à une planification intelligente des transports et à une bonne infrastructure,
 - Construction efficiente sur le plan énergétique, avec un approvisionnement en énergie renouvelable,
 - Consommation du minimum possible d'énergie grise,
 - Utilisation de matières premières renouvelables.
- Les **aspects sociaux** tels que l'implication précoce des intéressés au projet - les futur(e)s locataires par exemple - dès la phase de planification et de construction, la réalisation de formes d'habitat modulables qui tiennent compte des modes de vie contemporains (familles monoparentales, nombre croissant de ménages d'une personne, etc.) devront trouver une place plus importante dans les processus de planification.
 - Un ménage de 4 personnes consomme actuellement environ 130 litres d'**eau potable** par personne et par jour. Une gestion économe de cette ressource et des mesures techniques (robinetterie, chasse d'eau, lave-linge anti-gaspillage, etc.) permettront de réduire la consommation d'eau potable. A la place d'eau potable on pourra utiliser de l'eau de pluie collectée sur le toit et sur la propriété pour arroser son jardin, faire fonctionner les toilettes, etc. Si cela n'est pas possible, il faudrait tout au moins envisager l'infiltration de l'eau de pluie sur sa propriété.
 - Une réduction notable de la **consommation d'électricité** peut être atteinte par l'emploi d'appareils économes en électricité de la classe d'efficacité énergétique "A++" selon la déclaration E de l'UE (eurolabel, qui classe la consommation d'énergie des appareils électroménagers en 9 catégories), par le fait de renoncer au fonctionnement en position d'attente des téléviseurs, chaînes hifi et matériels de bureau, par des mesures de construction (exploitation optimale de la lumière du jour) sans oublier ses habitudes personnelles (ex. : éteindre la télévision lorsqu'on ne la regarde pas). D'après les dernières estimations de l'Umweltbundesamt de Berlin, les pertes à vide⁵ dans les ménages et les bureaux allemands se montent à 21,2 milliards de kWh [Mordziol, 2004]. Pour produire cette quantité d'électricité, il faut deux centrales nucléaires.⁶

⁴ 40 km sur 220 journées de travail = 8'800 km/a, ce qui correspond à une consommation d'essence d'environ 700 l par an (en supposant une consommation de 8 litres d'essence pour 100 km). La combustion de 1 litre d'essence/gazole libère environ 2,5 kg de CO₂ (Source : Umweltbundesamt, Berlin <http://kepler.han-sojo.net/uba/fufs/umwelt.htm>), soit environ 1'800 kg de CO₂ par an. Pour chauffer une maison passive de 120 m², on a besoin d'un maximum de 180 l de mazout, volume qui correspond à environ 470 kg de CO₂ en appliquant un facteur de conversion de 2,6 [Source : PrimaKlima e.V. <http://www.prima-klima-weltweit.de/beitrag/rechner.php3?choice1=beitrag&choice2=rechner>].

⁵ Les pertes à vide sont toutes les pertes d'énergie causées par le fonctionnement en position d'attente, le service continu inutile (ex. : escalators, télévision sans spectateurs, éclairage inutile, etc.), l'émission continue inutile (ex. : décompte individuel des frais de chauffage avec interrogation à distance) ou le fonctionnement inutile d'appareils de commande et de régulation (minuteurs, détecteurs de mouvement). Le fonctionnement en position d'attente représente les 2/3 des pertes à vide [Mordziol, 2003].

⁶ Au cours de l'année de service 2003, chaque centrale nucléaire allemande a produit en moyenne 8,7 milliards de kWh. La production de la plus grande d'entre elles, "Isar 2", a été de 12,3 milliards de kWh en 2003 [Source : Deutsches Atomforum, http://www.kernenergie.net/kernenergie/de/presse/presse_detail.php?detail=/presse/de/sonstiges/stromerzeugung03.html]

- Un **bâtiment administratif** ou un hall de stockage devrait lui aussi être utilisable aussi longtemps que possible, c'est-à-dire susceptible de s'adapter en souplesse à des formes de travail nouvelles ou des besoins spatiaux qui changent. L'objectif du maître de l'ouvrage ou de l'investisseur ne devrait pas être de se doter d'un plan optimisé pour le moment présent, mais de bénéficier d'un bâtiment durablement modulable. Tout en ménageant les ressources, l'augmentation de la longévité d'un bâtiment évitera un accroissement inutile des déchets de chantier.
- Notre **comportement à l'égard de l'environnement** mériterait dans son ensemble d'être réexaminé d'un œil critique. La Commission d'enquête pour la protection de l'atmosphère terrestre, commission consultative du Bundestag allemand, a calculé en 1992 que les grands pays industrialisés devraient ramener leurs émissions de CO₂ de 12'000 kg à 2'300 kg par personne et par année d'ici 2050 pour obtenir une stabilisation du climat. En litres de mazout ou d'essence, cela signifie de passer de 4'600 litres à 900 litres par personne et par année. Cette quantité est encore appelée "budget total compatible avec le climat". Un seul vol en avion de Munich à New York correspond à une consommation d'environ 520 litres de kérosène par personne.⁷ Si l'on roule encore 10'000 km en voiture par année (consommant de ce fait environ 800 litres d'essence) et qu'on chauffe au mazout son logement mal isolé (brûlant ainsi 1'500 à 3'000 litres de mazout), on aura déjà largement dépassé son budget total compatible avec le climat.
- A quoi viennent s'ajouter les émissions de CO₂, qui se cachent sous forme "d'énergie grise" dans tous les "produits" utilisés dans la vie quotidienne telle que la production de produits de consommation courante et de biens d'équipement (aliments, vêtements, mobilier, ordinateurs, etc.) ou dans la mise à disposition de "services" accessibles au grand public (ex. : escalators, éclairage des rues).

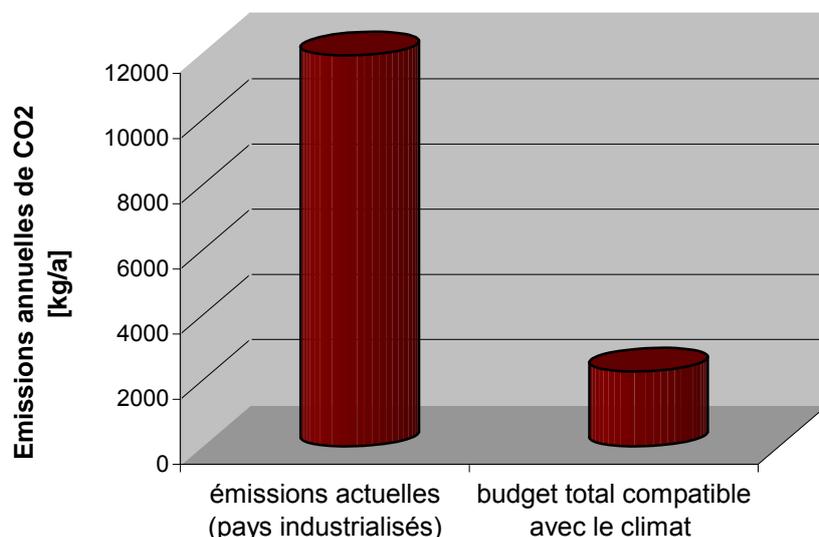


Figure 5 : Consommation actuelle de mazout et d'essence par habitant et par an dans les pays industrialisés en comparaison avec le budget total compatible avec le climat

⁷ Un vol aller et retour Munich - New York correspond à 13'000 km environ. Avec une consommation de 4 litres de kérosène par passager pour 100 km, il en résulte une consommation de carburant de 520 litres/personne. Un litre de kérosène est à l'origine d'une émission de 3,1 kg de CO₂ troposphérique. Comme les émissions dues au kérosène ne se manifestent pas dans les couches basses de l'atmosphère, mais à 10 km d'altitude, la pollution de l'atmosphère de la Terre est à peu près trois fois plus grave. Les émissions de CO₂ s'élèvent donc à quelque 4'800 kg par passager [Arbeitskreis Flugverkehr, 2003].

2.4

Termes techniques – initiation à la physique du bâtiment

Pour caractériser les modes de construction économes en énergie, il existe une foule de termes, de définitions et de certificats. Le chapitre 5 présentera les principaux standards de construction. Le présent rapport utilisera comme terme générique celui de "mode de construction et d'assainissement efficient sur le plan énergétique". Pour faciliter la compréhension de ce qui suit, le présent chapitre est consacré à l'explication d'un certain nombre de notions spécifiques de la physique du bâtiment.

2.4.1 L'indice de dépense énergétique (IDE)

La consommation d'énergie de chauffage d'un bâtiment peut être indiquée un peu comme la consommation d'essence d'un véhicule, donnée pour 100 km. L'énergie utilisée pour le chauffage des locaux est indiquée en kilowattheures par mètre carré de surface de référence énergétique et par année (kWh/m²a). Par surface de référence énergétique SRE, on entend la surface de toutes les pièces chauffées. En Autriche et en Suisse, les parois sont prises en compte ("surface au sol brute") tandis qu'en Allemagne, la SRE correspond à la surface habitable sans les parois ("surface au sol nette"). Si l'on veut comparer des indices de dépense énergétique en Allemagne et en Suisse, il faut donc rajouter env. 15% aux valeurs suisses [Humm, 2000].

Dans le standard suisse de construction MINERGIE, l'"indice de dépense énergétique pour la chaleur" prend en compte, outre la consommation d'énergie pour le chauffage des locaux, l'énergie consommée pour chauffer l'eau sanitaire et l'entraînement électrique de l'installation d'aération. Il n'est donc pas possible d'effectuer une comparaison directe entre l'"indice de dépense énergétique pour la chaleur" et l'indice de dépense énergétique (IDE).

Les bâtiments d'habitation que l'on trouve en Allemagne et en Autriche présentent un indice de dépense énergétique de 220 kWh/m²a en moyenne. Or, les maisons efficientes sur le plan énergétique se caractérisent par des valeurs de 80-90% inférieures (Figure 6). Si une maison "énergie plus" continue d'avoir un certain besoin en chaleur de chauffage, elle produit en revanche beaucoup plus d'énergie qu'on ne lui en apporte de l'extérieur [Witzel et Seifried, 2004].

Des besoins en chaleur de chauffage de 220 kWh/m²a correspondent à une consommation d'environ 22 l de mazout par m² et par année. Il faut plus de 2'600 l de mazout par année pour chauffer une maison individuelle de 120 m² qui serait mal isolée et rentrerait dans la catégorie de l'habitat ancien. Un bâtiment neuf, réalisé selon le standard de construction conventionnel, consommera toujours 1'200 l de mazout par année. Une maison "passive" moderne de même taille ne consomme plus que 180 l de mazout par année et une maison à absorption solaire directe n'a même plus besoin de chauffage (Tableau 1).

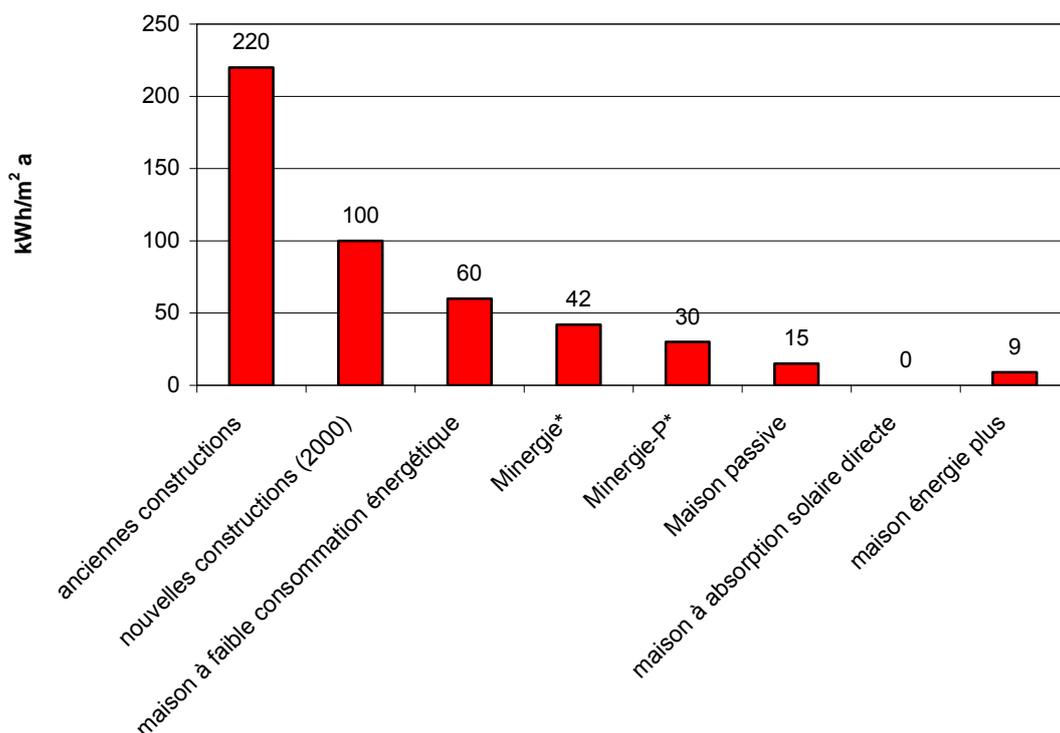
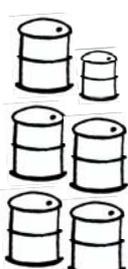
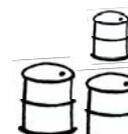


Figure 6 : Besoins comparés en énergie de chauffage, exprimés en termes d'indice de dépense de chaleur (*MINERGIE) de différents standards de construction (Pour le détail des standards de construction, voir le chapitre 5.1.

Tableau 1 : Consommation de mazout et frais de chauffage annuels d'une maison individuelle de 120 m² en fonction de son mode de construction

Standard de construction	Bâtiment ancien	Bâtiment ancien rénové	Bâtiment neuf conventionnel	Maison passive neuve	Maison à absorption solaire directe
IDE [kWh/m ² a]	220	60	100	15	0
Consommation de mazout					
Litres/an	2'700	720	1'200	180	0
Frais de chauffage [€]	1'215.-	324.-	540.-	81.-	0.-

2.4.2 La charge de chauffage

La charge de chauffage désigne la quantité de chaleur nécessaire pour chauffer suffisamment une pièce au cœur de l'hiver. Elle est indiquée en watts par mètre carré de surface habitable (W/m^2). La charge de chauffage sert à calculer la dimension que doit avoir la chaudière pour pouvoir chauffer le bâtiment dans son ensemble. Pour une maison individuelle de $120 m^2$ de surface habitable, construite selon les standards actuels et présentant une charge de chauffage de $85 W/m^2$ (Tableau 2), il faut une chaudière dotée d'une puissance thermique d'env. $10,2 kW$ ($120 m^2 \times 85 W/m^2 = 10,2 kW$). Une maison à faible consommation énergétique de taille similaire ne nécessiterait qu'une chaudière d'une puissance thermique de $4,2 kW$ ($120 m^2 \times 35 W/m^2 = 4,2 kW$). Dans le cas d'une maison passive, la charge de chauffage est de $10 W/m^2$ au maximum, c'est-à-dire qu'on n'aura plus besoin que d'une chaudière d'une puissance de $1,2 kW$: la charge de chauffage est si faible que l'apport de chaleur nécessaire peut être assuré par une installation d'aération contrôlée. Une chaudière séparée n'est plus nécessaire.

Tableau 2 : Puissance de chaudière requise selon le type de bâtiment

Type (d'isolation) du bâtiment	Puissance de la chaudière en W/m^2
Bâtiment ancien	~150
Bâtiment neuf standard	~ 85
Maison à faible consommation énergétique	~ 35
Maison passive	0

[Source : <http://www.energie-bildung.de/Informationen>]

2.4.3 La valeur U

La valeur U (autrefois valeur k) est la valeur physique la plus importante en matière de isolation thermique. Elle indique la quantité de chaleur qui passe en une heure à travers $1m^2$ de la surface extérieure d'un élément de construction, avec une différence de température de $1^\circ C$ ou Kelvin (K)⁸ entre l'intérieur et l'extérieur. Elle est indiquée en watts par mètre carré et Kelvin (W/m^2K). Plus cette valeur est petite, meilleure sera l'isolation thermique de l'élément de construction et moins il se perdra de chaleur.

La valeur U d'un élément de construction dépend de la conductibilité thermique des matériaux utilisés et de leur épaisseur. Les différents matériaux de construction comme le béton, l'acier, la brique, le bois ou les matières isolantes présentent des conductibilités thermiques qui diffèrent du fait de leurs propriétés spécifiques. La conductivité thermique λ (petit lambda) des matériaux de construction, qui est indiquée en W/mK , exprime la quantité de chaleur qui passe en une heure à travers $1 m^2$ d'un matériau présentant une épaisseur de $1 m$, avec une différence de température de $1 K$. Le béton armé, par exemple, a une conductivité thermique très élevée ($\lambda = 2,1 W/mK$) alors que le bois conduit beaucoup moins bien la chaleur ($\lambda = 0.13 W/mK$). Les propriétés isolantes du bois sont donc bien meilleures que celles du béton armé.⁹ Les valeurs U des fenêtres (U_w) prennent en compte la valeur du cadre (U_f) et celle du vitrage (U_g).

⁸ Kelvin = Celsius + 273.15

⁹ Calculs de valeurs U : <http://www.daut-fenster.de/info-u-wert-rechner.htm> (d)

La capacité d'isolation thermique d'un élément de construction a un rapport certain avec les besoins en énergie de chauffage. En Europe centrale, une valeur U de 1,0 W/m²K signifie qu'il faut environ 10 l de mazout par m² de surface de mur extérieur pour maintenir une température de 20°C dans les pièces (voir Tableau 3).

Tableau 3 : Relation entre la valeur U d'un mur extérieur exécuté selon différents modes de construction et la consommation de mazout par m² de mur qui en résulte

Élément mur extérieur	Valeur U [W/m ² K]	Consommation de mazout par m ² de surface de mur extérieur résultant des pertes thermiques (Règle empirique: valeur U x 10 = litres de mazout)
Bâtiment ancien	1,20	12 litres de mazout
Bâtiment neuf standard	0,50	5 litres de mazout
Maison à faible consommation énergétique	0,30	3 litres de mazout
Maison passive	0,15	1,5 litre de mazout

[Source : Gemeinschaft Dämmstoff Industrie Österreich, http://www.gdi.at/html/waermed1_wasistdas.htm]

2.4.4 La valeur g

La valeur g, qui désigne la perméabilité énergétique totale des fenêtres, indique le pourcentage de lumière solaire pénétrant à travers le vitrage. Plus la valeur g est élevée, plus le gain en termes de rayonnement et de chaleur sera élevé. Les triples vitrages actuels ont une valeur de 0,8, ce qui signifie que 80% de l'énergie solaire pénètre dans la pièce. Le reste est réfléchi ou absorbé par la vitre. Plus la valeur g est élevée, plus le gain énergétique est important. Parallèlement, les fenêtres doivent aussi présenter une bonne isolation thermique, donc une faible valeur U, pour que la chaleur acquise soit conservée dans la maison.

2.4.5 Le pont thermique

Les ponts thermiques sont des endroits dans l'enveloppe du bâtiment où l'on constate une forte déperdition de chaleur par rapport aux éléments de construction environnants. Il s'agit généralement d'un joint d'élément de construction ou d'un angle où l'isolation continue de la maison est interrompue ou affaiblie. Les déperditions de chaleur y sont donc plus importantes. Parmi les ponts thermiques classiques figurent les dalles de balcon en béton et les linteaux en béton armé. Les principaux ponts thermiques sont reproduits à la figure 3.

Les ponts thermiques peuvent être identifiés à l'aide d'une caméra thermographique. Cette caméra spéciale est capable de visualiser la température superficielle des éléments de construction. En hiver, les éléments de construction bien isolés sont chauds à l'intérieur et froids à

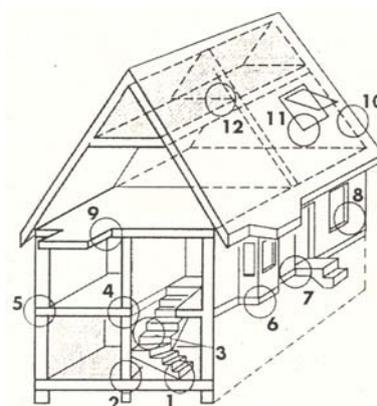


Figure 7 : Les principaux ponts thermiques que l'on trouve sur les bâtiments [Graphique tiré de BINE, 2004]

l'extérieur. Un élément se distinguant sur le relevé thermographique par une température superficielle plus élevée, signale une mauvaise isolation (voir Figure 8). Un élément de construction qui se différencie nettement des éléments environnants est un pont thermique. Plus la température superficielle est élevée, plus la qualité de l'isolation thermique est déficiente à cet endroit. [BINE, 2004]. Les relevés thermographiques s'effectueront de préférence durant la nuit ou pendant les premières heures du jour en hiver, lorsque l'écart de température entre l'intérieur et l'extérieur est important.

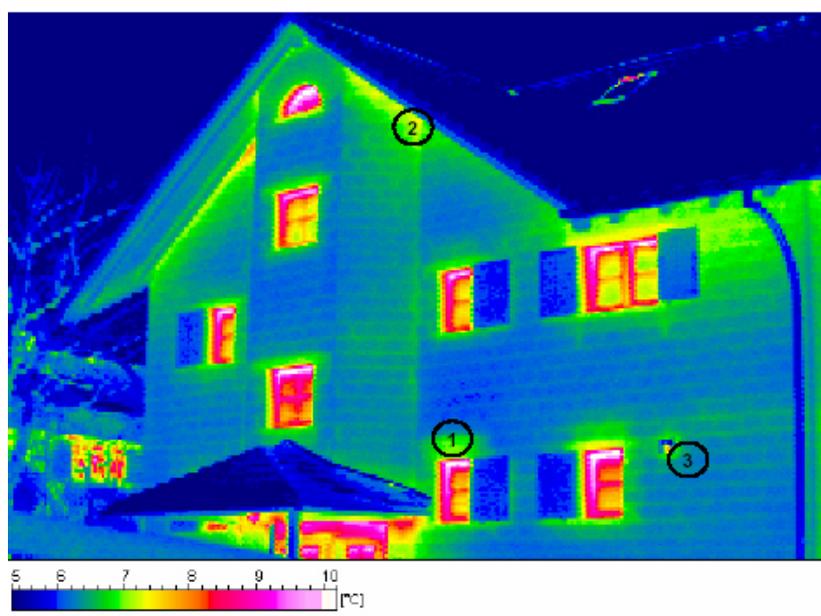


Figure 8 : Les relevés thermographiques permettent la visualisation des ponts thermiques sur un bâtiment. Les plus importantes déperditions de chaleur sont signalées par les teintes rouges. [Photo fournie par : Amt für Volkswirtschaft Liechtenstein, Energiefachstelle]

3 Consommations énergétiques de la construction et de l'habitat

3.1 Changements climatiques mondiaux

"Le changement climatique représente un risque plus important que le terrorisme international", tel est l'avis du Pentagone, formulé en octobre 2003 [Schwarz and Randall, 2003]. Les tempêtes, les inondations, les avalanches, les laves torrentielles et les changements climatiques brutaux ne sont plus désormais des phénomènes survenant quelque part loin de chez nous. L'exemple le plus frappant des conséquences du réchauffement général dans les Alpes est évidemment le recul rapide des glaciers observé ces dernières années. Parmi les causes principales de ces changements climatiques figure l'accroissement significatif des concentrations en CO₂ constaté au siècle passé. 80% environ de cette augmentation du CO₂ proviennent de la combustion des agents énergétiques fossiles, qui se traduit par un dégagement annuel de quelque 7 milliards de tonnes de CO₂ [proholz, 2003].



Figure 9 : Glacier de Morteratsch, recul entre 1900 et 2000 : 1'870 m

En Allemagne, en Autriche et en Suisse, la part des ménages dans la consommation d'énergie finale¹⁰ (Tableau 4) s'élève à près de 30%, la plus grande partie – entre 70 et 80% - revenant au chauffage des locaux (Tableau 5). C'est donc une approche tout à fait rationnelle que de s'intéresser à la problématique du chauffage des bâtiments pour réduire les émissions de CO₂. Une contribution à cette réduction pourra notamment être attendue de la part de mesures visant à améliorer l'isolation thermique et de la part de systèmes de chauffage efficaces. La consommation d'énergie de chauffage par des maisons passives de conception moderne est de 90% inférieure à celle des maisons traditionnelles. Preuve s'il en faut du grand potentiel d'économies d'énergie qui existe dans ce domaine. Une réduction supplémentaire des émissions de CO₂ pourra être obtenue par le recours aux énergies renouvelables et plus particulièrement au bois-énergie.

¹⁰ On distingue trois formes de consommation d'énergie : L'"énergie primaire" désigne l'énergie sous la forme où elle apparaît dans la nature, le pétrole brut par exemple. Cette énergie primaire est transformée en "énergie finale". Dans les raffineries, on obtient ainsi du mazout à partir du pétrole brut. Ailleurs, on presse de la sciure et des copeaux de bois pour former des granulés ou pellets, ou bien on transforme en l'électricité l'énergie hydraulique. La conversion en énergie finale s'accompagne de déperditions dont l'importance varie en fonction de l'agent énergétique. Les deux tiers du contenu énergétique original se perdent ainsi lors de la transformation d'énergie primaire en électricité et de la distribution de celle-ci. L'énergie effectivement utilisée par les consommateurs sous forme de chaleur ou de lumière est appelée "énergie utile". Elle est transformée sur place chez le consommateur à partir de l'énergie finale, le mazout par exemple. Pour le chauffage, cela implique la conversion du mazout en chaleur au moyen d'une chaudière. Là aussi une partie du contenu énergétique se perd sous forme de rejets de chaleur inutilisés.

Tableau 4 : Pourcentages de la consommation d'énergie finale ventilés par secteur de consommation en Allemagne, en Autriche et en Suisse

Secteur de consommation	Allemagne ¹ [%]	Autriche ² [%]	Suisse ³ [%]
Ménages	30,2	30,3	27
Transports	28,4	30,0	35
Industrie, production de biens	25,2	26,8	20
Activités artisanales, commerciales et de service, agriculture	16,2	12,9	16

¹ Situation en 2001, sources : AD Energiebilanzen, VDEW-AA-Marketing, RWE Energie AG, IfE/TU Munich, <http://www.ffe.de/index2.htm>

² Situation en 2002, source : Statistik Austria, <http://www.statistik.gv.at/index.shtml>

³ Situation en 2000, source : Office fédéral de la statistique, <http://www.statistik.admin.ch> (erreur statistique 2%)

Tableau 5 : Utilisation de l'énergie finale par les ménages en Allemagne, en Autriche et en Suisse

Type de consommation énergétique	Allemagne ¹ [%]	Autriche ² [%]	Suisse ³ [%]
Chauffage des locaux	77,9	75	72,9
Chaleur servant à la cuisson des aliments et à la préparation d'eau chaude sanitaire	14,2	14	16,5
Energie mécanique	4,5	11	10,6
Information et communication	2,0		
Eclairage	1,4		

¹ Situation en 2001, source : AD Energiebilanzen, VDEW-AA-Marketing, RWE Energie AG, IfE/TU Munich

² Situation en 2002, source : Statistik Austria

³ Situation en 1990, source : Office fédéral de la statistique

3.2 Le contexte politique

Le Protocole de Kyoto

Pour enrayer le réchauffement climatique, la communauté internationale a négocié en 1997 le Protocole de Kyoto. Celui-ci stipule que les pays industrialisés réduisent les émissions des six principaux gaz à effet de serre (outre le CO₂, le méthane et les CFC sont les principaux responsables du changement climatique) de 5,2% en tout par rapport à 1990, dans la période comprise entre 2008 et 2012. Le niveau des engagements pris varie d'un pays à l'autre (Allemagne : -21%, Autriche : -13%, Suisse, Liechtenstein, Monaco et Slovénie : -8%, Italie : -6,5%, France : 0%).

La Convention alpine

Dans le protocole Energie de la Convention alpine, ratifié jusqu'ici (situation au 15.12.2004) par l'Autriche, l'Allemagne, le Liechtenstein et la Slovénie, les pays concernés s'engagent à prendre des mesures concrètes pour économiser l'énergie et à édicter des dispositions en faveur d'une meilleure isolation thermique des bâtiments. Parmi ces mesures, ils envisagent la promotion de la construction neuve à faible consommation énergétique et celle des systèmes de chauffage écologiques.

La directive européenne

Début 2003, l'UE a adopté la Directive sur la performance énergétique des bâtiments (2002/91/CE), qui doit être transposée en droit national par les Etats membres d'ici 2006. Aux termes de cette directive, chaque Etat membre est tenu de définir des exigences minimales pour la performance énergétique globale des bâtiments existants et des bâtiments neufs, ces exigences devant être adaptées tous les cinq ans aux derniers progrès techniques. Pour les bâtiments neufs de 1'000 m² de superficie utile et plus, on examinera au préalable l'application possible de systèmes alternatifs d'approvisionnement en énergie. Un certificat de performance énergétique devra être établi pour chaque bâtiment. Il sera présenté lors de la vente ou de la location du bâtiment, et sa validité sera de 10 ans maximum. Il est prévu de rendre obligatoire la certification de la performance énergétique même pour les bâtiments existants.

3.3 Energie grise – l'éminence grise de la construction

Une grande partie des flux de matière première, de la consommation d'énergie et des émissions de CO₂ qui en découlent est liée à la fabrication d'un matériau de construction, c'est-à-dire avant le début même des travaux de construction. Des matières premières et de l'énergie sont également nécessaires pour l'extraction, la production, le transport, les procédés de fabrication et la transformation de matériaux de construction. En calculant la totalité de l'énergie provenant de sources non-renouvelables (pétrole, gaz naturel, charbon, uranium naturel) et consommée tout au long des procédés de fabrication, de transport et de transformation, depuis l'extraction de la matière brute jusqu'au produit fini, on obtient l'énergie dite grise. Non comprises dans cette énergie grise sont les matières premières renouvelables et les produits recyclés - donc le bois et les autres matières premières végétales, à condition d'être issues d'une gestion durable - l'énergie solaire, l'énergie éolienne et les déchets bénéficiant d'un recyclage thermique [econum, 1998]. Les critères d'évaluation portent ainsi sur le caractère renouvelable, la disponibilité et l'impact direct sur l'environnement au moment de l'extraction, de la transformation et de l'utilisation.

3.3.1 Les matériaux et leur teneur en énergie grise

Le Büro für Umweltchemie (CH) a édité, en collaboration avec la société econum GmbH (CH), un catalogue établissant les bilans respectifs de l'énergie grise, requise pour la fabrication des différents matériaux de construction. Partant de ce catalogue [econum, 1998], les teneurs en énergie grise d'un certain nombre de matériaux seront présentées ci-après.

Les fenêtres

Les fenêtres ont un rôle plus important que nul autre élément de construction dans le bilan énergétique global d'un bâtiment. Leur dimension, leur orientation, leur coefficient de transmission thermique (valeur U) ont une grande influence sur l'énergie d'exploitation. Toutefois, l'énergie nécessaire à la fabrication du cadre et du verre peut aussi être très

importante, selon les matériaux utilisés. La fabrication d'un cadre de fenêtre en aluminium nécessite par exemple sept fois plus d'énergie que celle d'un cadre en bois. L'énergie grise des fenêtres est rattachée à la surface intérieure libre d'un cadre de fenêtre.

La teneur en énergie grise des vitrages est faible par rapport à celle des cadres. Relativement modeste, l'énergie supplémentaire nécessaire pour le revêtement et le remplissage à l'argon¹¹ des vitrages calorifuges sera rapidement compensée par les économies réalisées sur le plan de l'énergie d'exploitation.

Tableau 6 : Energie consommée pour la fabrication de cadres et de vitres de fenêtres, par rapport à la surface intérieure libre d'un cadre de fenêtre (SIL)

Elément de construction	Matériau	Energie grise	
Cadre normal, sans battant	Aluminium	2600	MJ/m ² de SIL
	PVC	900	MJ/m ² de SIL
	Aluminium/bois	850	MJ/m ² de SIL
	Bois	350	MJ/m ² de SIL
Vitre normale, sans battant	Vitrage calorifuge avec revêtement et remplissage à l'argon	640	MJ/m ² de SIL
	Double vitrage, collé à l'huile de lin	380	MJ/m ² de SIL
	Vitrage simple, collé à l'huile de lin	190	MJ/m ² de SIL

Les matériaux isolants

C'est la production de Styropor[®] (polystyrène expansé EPS) qui implique la plus grande consommation d'énergie, car les matériaux de départ (matières plastiques) présentent déjà une teneur élevée en énergie grise. Les matériaux isolants composés de matières premières renouvelables ou de matériaux recyclés comportent des teneurs en énergie grise beaucoup plus faibles que les mousses synthétiques à base de pétrole, à condition toutefois de ne pas avoir été transportés sur de grandes distances.

Tableau 7 : Energie consommée pour la fabrication de matériaux d'isolation

Elément de construction	Matériau	Energie grise	
Matériaux d'isolation	Polystyrène expansé (EPS)	105	MJ/kg
	Verre mousse	59	MJ/kg
	Laine de verre	41	MJ/kg
	Laine de pierre	15,7	MJ/kg
	Fibres de bois	20	MJ/kg
	Laine vierge de mouton	16,5	MJ/kg
	Panneaux de liège	12,7	MJ/kg
	Fibres de cellulose	3,6	MJ/kg

¹¹ Les vitrages calorifuges se distinguent par une couche invisible de métal noble (généralement de l'argent) appliquée sur l'une de leurs vitres afin de réfléchir les rayons infrarouges, ainsi que par un remplissage au gaz rare (en principe de l'argon), afin d'éviter les phénomènes de convection. En remplissant l'interstice entre les vitres avec de l'argon à la place de l'air, on réduit la conduction thermique et la convection, améliorant ainsi la qualité de l'isolation.

Le béton

C'est la fabrication de Styropor® (EPS), très gourmande en énergie, qui consomme la majeure partie de l'énergie grise dépensée dans la production de béton léger¹². Dans le cas du béton armé et des éléments préfabriqués en béton, c'est le degré de ferrailage qui a une forte incidence sur l'énergie de production. L'énergie grise du béton recyclé ne se distingue guère de celle du béton normal. La préparation de granulats de béton, de granulats mixtes issus de démolitions et de gravillon recyclé requiert une quantité d'énergie similaire à la production et à la préparation de granulats primaires (sable, gravier, ciment). Le béton recyclé a l'avantage de ménager les ressources en gravier qui restent limitées.

Tableau 8 : Énergie consommée pour la fabrication de béton et d'éléments en béton

Élément de construction	Matériau	Énergie grise	
Béton	Béton léger avec EPS	3,74	MJ/kg
	Éléments préfabriqués en béton (avec 2 % de volume d'acier)	1,85	MJ/kg
	Béton armé (avec 2 % de volume d'acier)	1,55	MJ/kg
	Béton normal / béton recyclé	0,85	MJ/kg

Les briques

La consommation d'énergie grise dans la production de briques de béton cellulaire, est due à leur teneur élevée en liants et à l'utilisation d'adjuvants. Pour les briques de terre cuite (ce terme regroupe toutes les briques fabriquées à base de glaise ou d'argile) c'est la température de cuisson qui est décisive pour la consommation d'énergie grise. Tandis que les briques de mur et de parement (clinkers), résistantes au gel, sont cuites à plus de 1'100°C, la cuisson des autres types de briques se fait entre 800 à 1'100°C. Les briques silico-calcaires, par contre, ne sont cuites qu'à 200°C. La majeure partie de l'énergie grise consommée pour les briques de terre glaise l'est pendant le processus de séchage. Les produits industriels sont généralement séchés par des procédés techniques et consomment ainsi plus d'énergie que les briques séchées naturellement.

Tableau 9 : Énergie consommée pour la fabrication de briques

Élément de construction	Matériau	Énergie grise	
Briques	Briques de béton cellulaire	4,72	MJ/kg
	Briques de terre cuite	2,39 – 3,08	MJ/kg
	Briques silico-calcaires	0,96	
	Briques de terre glaise non cuites, séchées naturellement	0,14 – 0,26	MJ/kg

¹² L'adjonction d'EPS déchiqueté comme agent porogène sert à réduire la densité et le poids des éléments en béton tout en améliorant leur pouvoir isolant.

Les matériaux dérivés du bois

Pour le bois de sciage (bois équarri, planches avivées), une distinction s'impose entre le séchage naturel du bois et celui par des procédés techniques. Le séchage du bois permet de ramener son humidité d'env. 30–80% (à l'état frais) à 15–20% (séchage naturel), voire 12% (séchage technique). La majeure partie de la chaleur nécessaire au séchage étant toutefois produite par la combustion de déchets de production, elle ne figure pas dans le bilan de l'énergie grise. Comme leur nom l'indique, les panneaux à trois couches sont réalisés en collant ensemble trois couches de bois, ces couches étant plus nombreuses pour le lamellé-collé et le contreplaqué. Les liants employés lors du panneauage sont à l'origine d'environ 30% de l'énergie grise en jeu. Toutes les valeurs d'énergie grise, indiquées dans le Tableau 10, se rapportent à du bois indigène n'ayant pas causé de transports importants. Si l'on utilise des matériaux étrangers (ex. : okoumé du Gabon, érable canadien, épicéa finlandais), l'énergie grise peut augmenter de 5 MJ/kg.

Tableau 11 : Energie consommée pour la fabrication de matériaux dérivés du bois

Elément de construction	Matériau	Energie grise	
Matériaux dérivés du bois	Panneaux à trois couches	7,5	MJ/kg
	Panneaux d'agglomérés	5,3 – 9,3	MJ/kg
	Bois de sciage, séché par procédé technique	2,2 – 3,2	MJ/kg
	Bois de sciage, séché naturellement	1,7	MJ/kg

3.3.2 Les modes de construction et leur teneur en énergie grise

Le Service d'information des citoyens sur les énergies renouvelables (BINE) en Allemagne a opposé l'énergie de fabrication de différentes constructions de parois et de toitures à leurs frais d'acquisition. Pour les parois, une cloison de poteaux bois présente la plus faible teneur en énergie grise (36% seulement de l'énergie dépensée pour des murs massifs en briques), les frais d'investissement étant toutefois de 30% supérieurs. Il en est de même pour la dalle : la construction en bois aura consommé beaucoup moins d'énergie que celle en dur, dotée d'une couche d'isolation au-dessus d'une dalle en béton armé [BINE, 2003].

3.4 Bilans énergétiques globaux des bâtiments

L'évaluation écologique globale d'un bâtiment suppose la prise en considération de l'intégralité de l'énergie dépensée pour sa construction, son exploitation et son élimination. Des études réalisées en Autriche et en Suisse montrent par exemple que l'énergie grise, requise pour produire les matériaux de construction et l'aménagement intérieur d'un bâtiment, correspond à peu près à la quantité d'énergie nécessaire pour chauffer un bâtiment correctement isolé pendant une durée de 40 ans. [Oberösterreichischer Energieeinsparverband]. A ce propos, on parle de temps de retour énergétique: Combien de temps faudra-t-il pour compenser par les économies en énergie d'exploitation le surplus d'énergie grise, dépensé pour réaliser un bâtiment "amélioré" ? Parfois, il sera préférable pour l'environnement de se contenter d'un bâtiment moins "parfait" en s'accommodant d'une certaine déperdition de chaleur plutôt que d'accepter des dépenses énormes, et notamment en énergie grise, pour réaliser un bâtiment quasiment parfait du point de vue énergétique.

La maison à absorption solaire directe de Trin (CH) reproduite à la Figure 1, a fait l'objet d'un bilan énergétique, comparé par la suite à celui d'un immeuble d'habitation conventionnel et à celui d'un bâtiment à faible consommation énergétique. Il a été constaté que les matériaux minéraux comme les briques silico-calcaires, la maçonnerie et le béton (durée de vie calculée : 50 ans) du fait de leur pourcentage élevé dans la masse du bâtiment ont la plus forte incidence sur les énergies nécessaires à la réalisation du bâtiment. Les portes, les fenêtres et les enduits pèsent, eux aussi, assez lourd, du fait de leur faible longévité. Un recours plus massif aux matériaux d'isolation thermique, requis pour les bâtiments efficaces sur le plan énergétique, par contre, n'a qu'une faible incidence sur la teneur globale en énergie grise [DIANE Öko-Bau, 1995]. Ce résultat est confirmé par d'autres études selon lesquelles les matériaux isolants dans les bâtiments efficaces sur le plan énergétique représentent 3 à 7% de l'énergie grise totale [Lalive d'Epinay et al., 2004]. Si les quantités d'énergie dépensées pour la réalisation des trois bâtiments analysés avaient bien été à peu près identiques, les dépenses en énergie de chauffage par contre présentaient de fortes divergences : 83 kWh/m²a pour l'immeuble d'habitation conventionnel, 22 kWh/m²a pour le bâtiment à faible consommation énergétique et 0 kWh/m²a pour la maison à absorption solaire directe. En effet, une isolation thermique renforcée, dont les dépenses supplémentaires en énergie de fabrication sont insignifiantes, entraîne une réduction significative des besoins en énergie de chauffage. Une construction simple à base de bois, comportant peu ou pas d'enduits et renonçant à l'emploi de matériaux hautement transformés comme les films plastiques, constitue un facteur positif supplémentaire dans le bilan énergétique global [DIANE Öko-Bau, 1995].

3.4.1 Il y a un commencement à tout

La teneur en énergie grise d'un bâtiment est fixée une fois pour toutes au moment de l'établissement du projet et de sa réalisation, cette énergie ne pouvant plus être récupérée. Il en est de même pour les dépenses à consentir ultérieurement pour "l'élimination" du bâtiment. Des modes de construction pensés préparent la voie à une future élimination peu polluante : des matériaux naturels susceptibles d'être triés sans résidus sont la condition sine qua non d'un tri rationnel et qualitatif des matériaux au moment de la démolition du bâtiment considéré. L'énergie d'exploitation d'un bâtiment par contre est susceptible d'être réduite par la forme d'utilisation du bâtiment ou par des assainissements ultérieurs.

3.4.2 Sur le chemin du bois ?

L'association "Oberösterreichischer Energieeinsparverband" implantée à Linz (A) a comparé une maison individuelle réalisée en briques à une autre maison individuelle réalisée en bois. L'étude a mis en évidence qu'une construction en briques engendre des dépenses énergétiques de 30% supérieures à celles d'une construction en bois (sans tenir compte de la cave). 60% environ des dépenses énergétiques associées à la construction d'un bâtiment est causé par la cave qui même pour une maison en bois doit être réalisée en béton ou en maçonnerie.

Tableau 12 : Comparaison des dépenses énergétiques nécessaires pour la réalisation d'une maison individuelle en bois ou en briques [Source : Oberösterreichischer Energiesparverband]

	Construction en bois	Construction en briques
	Energie grise [kWh]	Energie grise [kWh]
Cave*	308'300	317'200
Superstructure**	177'400	231'700
Bâtiment intégral	485'700	548'900

* 110 m² de surface utile dans la cave (bois) ou 115 m² (briques), en raison de la construction différente des parois en bois et des parois en briques

**207 m² de surface habitable, construction économe en énergie

Les bilans écologiques de différentes constructions ont été comparés dans une étude mandatée par l'Office fédéral de l'énergie en juin 2004. Cette étude a montré qu'une construction légère en bois indigène présente de nets avantages écologiques par rapport à une construction en briques ou en briques silico-calcaires, les matériaux utilisés étant neutres par rapport au CO₂ et causant une moindre consommation d'énergie primaire [Lalive d'Epinay et al., 2004].

Dans le cadre du projet d'étude "Nachhaltige Solar-Wohnbauten" (Immeubles d'habitation à équipement solaire et fonctionnement écologique) de l'Agence Internationale pour l'Energie (AIE), on s'est intéressé entre autres à un ensemble d'habitation à Gelsenkirchen (D) composée de 71 maisons mitoyennes à équipement solaire où six types de maisons ont été analysés. Une comparaison des dépenses d'énergie cumulées tout au long du cycle de vie de 50 ans (sans énergie d'exploitation) a montré que les constructions en maçonnerie avaient des dépenses énergétiques de 22% supérieures à celles des constructions en bois. Selon cette étude, les émissions de CO₂ causées par les maisons en bois étaient nettement plus faibles que celles des maisons réalisées en maçonnerie. La comparaison des maisons en bois construites sur cave ou privées de cave a montré que la construction d'une cave se traduisait par une augmentation de 40% des émissions de CO₂ [Hastings und Enz, 2003].

4 Le bois – une ressource renouvelable

D'après les inventaires forestiers nationaux, la surface forestière des Alpes est estimée à 7,5 millions d'hectares environ (75'000 km²) [CIPRA, 2001]. Ainsi, 43% environ de l'espace alpin sont boisés. Déduction faite des surfaces situées au-dessus de la limite supérieure de la forêt, les Alpes comptent parmi les régions les plus boisées d'Europe. La surface boisée qui serait en principe exploitable est estimée à 80 - 90% de la surface totale, un taux d'exploitation aussi élevé n'étant cependant raisonnable ni du point de vue écologique ni du point de vue économique. Le stock de bois dans les forêts s'élève à 1 milliard et demi de m³. Le volume sur pied par hectare varie entre 160 m³/ha dans les forêts sèches des Alpes du Sud françaises, et 360 m³/ha dans les Alpes suisses. L'accroissement annuel en bois se monte en moyenne à 5 m³/ha, ce qui correspond à 37 millions de m³ environ sur l'intégralité de la surface. Par seconde, il pousse donc dans les Alpes un peu plus de 1 mètre cube de bois. Dans les forêts alpines, les résineux sont à peu près quatre fois plus nombreux que les feuillus, l'épicéa étant l'essence principale (plus de la moitié du volume sur pied et des tiges recensées). Au total, il existe à l'échelle des Alpes quelque 3 milliards d'arbres, soit pour les 13 millions d'habitants de la région environ 230 arbres par habitant [CIPRA, 2001].

4.1 Les fonctions de la forêt

La forêt remplit les fonctions les plus diverses. On distingue les fonctions sociale, protectrice et économique. Certaines prestations de la forêt gagnent en importance au fur et à mesure que le climat change. Les forêts autrichiennes, qui couvrent une surface de quelque 3,9 millions d'hectares, stockent ainsi près de 800 millions de tonnes de carbone, soit 40 fois l'équivalent des émissions annuelles de gaz à effet de serre produites en Autriche [proholz, 2003]. En extrapolant ces chiffres sur l'ensemble de l'Arc alpin avec ses 7,5 millions d'hectares de forêt, on arrive à un volume d'environ un milliard et demi de tonnes de carbone stockées dans la région.

Donner une évaluation monétaire de la fonction protectrice des forêts de montagne est difficile. Une estimation effectuée en Suisse montre que les prestations fournies par la forêt de montagne représentent l'équivalent de 2,6 milliards d'euros par an. C'est à peu près trois fois plus que les sommes dépensées depuis 1951 pour la réalisation d'ouvrages paravalanches [CIPRA, 2001].

Fonction économique [d'après OFEFP, 2003]

- | | |
|--|---|
| • Bois | Le bois est l'une des rares matières premières et ressources énergétiques disponibles dans les Alpes. Renouvelable, le bois est susceptible de remplacer dans sa fonction de matériau et de combustible des ressources non renouvelables (gravier, sable, calcaire, matières synthétiques, pétrole, charbon, gaz, etc.) |
| • Création d'emplois | L'exploitation et la transformation du bois occupent une main-d'œuvre nombreuse, notamment dans les régions périphériques |
| • Réduction des émissions de CO ₂ | Chaque stère de bois, utilisé à la place du béton, de la brique, de l'acier ou des énergies fossiles épargne à l'environnement l'émission d'importantes quantités de dioxyde de carbone (CO ₂). |

Fonction sociale [d'après OFEFP, 2003]

- **Habitat** Quelque 20'000 espèces végétales et animales, dont beaucoup sont menacées d'extinction, ont la forêt pour milieu naturel. Grâce à sa haute diversité biologique, la forêt constitue un "trésor biologique".
- **Production d'oxygène** Par l'intermédiaire de leurs feuilles et de leurs aiguilles, les arbres absorbent d'importantes quantités de dioxyde de carbone (CO₂) tout en émettant dans l'atmosphère l'oxygène vital pour l'espèce humaine et les espèces animales.
- **Régulation du climat, filtration de l'air et écran antibruit** En plus de l'oxygène, la forêt émet dans l'environnement de la vapeur d'eau causant ainsi localement des précipitations plus abondantes. En été, la température diurne dans une forêt est de 10°C inférieure à celle de ses environs. Dans les villes surtout, il en résulte un effet positif sur l'échange des masses d'air. Les arbres filtrent les polluants de l'air pour les accumuler dans leurs feuilles et leurs aiguilles. De plus, la forêt amortit les bruits (le bruit de la circulation par exemple), contribuant ainsi à une meilleure qualité de l'habitat et de la vie en général.
- **Espace de loisirs et de récréation** L'air riche en oxygène et le microclimat agréablement tempéré de la forêt permettent à l'homme de se reposer, de pratiquer différentes activités sportives et de découvrir la nature.
- **Puits de CO₂** Les arbres absorbent le dioxyde de carbone pour accumuler le carbone dans leur bois ; réduisant ainsi la teneur en CO₂ de l'atmosphère, ils combattent l'effet de serre. .
- **Filtration et mise en réserve des eaux de la nappe** La porosité de la couche d'humus, les racines profondes des arbres et l'activité des organismes du sol créent un milieu poreux très développé dans le sol forestier, capable d'absorber et de stocker d'importants volumes d'eau. En passant à travers le sol, l'eau de pluie est filtrée et purifiée avant de rejoindre la nappe phréatique.
- **Structuration du paysage** La répartition de la forêt en forme de mosaïque, caractéristique du paysage rural alpin, crée des milieux naturels richement structurés.

Fonction protectrice [d'après OFEFP, 2003]

- **Avalanches** La neige est interceptée par les cimes des arbres d'où elle retourne dans l'atmosphère ou descend progressivement vers le sol. Cette action prévient la formation de couches de neige instables. En outre, l'appui formé par les troncs en position verticale ou horizontale ainsi que le climat tempéré qui règne en forêt préviennent le déclenchement d'avalanches.
- **Crues** Grâce à sa porosité bien développée, le sol forestier est en mesure d'absorber efficacement même d'intenses pluies orageuses ou des fontes de neige survenant brusquement et d'amortir ainsi les risques de crue et les pointes de crue. Le sol forestier et la végétation se comportent à la manière d'une éponge.
- **Chutes de pierres** Les racines des arbres consolident et stabilisent le sol. Des arbres stables et en bonne santé sont en mesure d'arrêter immédiatement les pierres.
- **Erosion du sol** Grâce à la densité de son système racinaire, la forêt prévient l'érosion du sol causée par les effets du vent et de la pluie.

4.2 Valorisation régionale du bois

L'économie forestière et l'industrie du bois sont un important facteur économique pour les régions alpines. Un grand nombre d'emplois dans ce secteur se trouvent naturellement dans les zones rurales créant ainsi des opportunités pour la valorisation régionale du bois. Organiser la transformation et l'utilisation de cette ressource dans la région même, permettra de conserver sur place la majeure partie de l'argent dépensé. Des emplois seront ainsi sauvegardés, sinon créés, des transports inutiles évités et la fonction protectrice des forêts durablement assurée.

En Autriche par exemple, quelque 105'000 personnes sont occupées dans l'économie forestière et l'industrie du bois. Sur l'ensemble du territoire autrichien, le bois récolté chaque année représente environ 19 millions de m³, dont plus de 70% sont transformés par les scieries. Le bois rond directement exporté ne représente que 5% de la récolte, en d'autres termes, le bois récolté est presque intégralement transformé par l'industrie du bois autrichienne. En revanche, 60% des produits du bois issus de la transformation est exporté. Dégageant un excédent d'exportation de 2,5 milliards d'euros, le bois occupe ainsi avec le tourisme la première place dans la balance des opérations courantes de l'Autriche [proholz, 2003].

Un tableau totalement différent se présente en Suisse : Dans les Grisons par exemple, il pousse chaque année quelque 350'000 m³ de bois, dont 250'000 m³ de bois de sciage. Pas plus de 16% cependant n'est débité par des scieries grisonnes ; le 84% restant est exporté à l'état brut. L'économie des Grisons se voit ainsi privée d'une valeur ajoutée annuelle de 400 millions de CHF [OFEFP (4), 2004]. En 2002, sur l'ensemble du territoire suisse, 5 millions de m³ de bois ont été récoltés, dont la majeure partie a été exportée sous forme de bois ronds non ouvrés [OFEFP, 2003]. La chaîne de valorisation est ici particulièrement courte, on se contente d'une pure "production primaire" [Bieger et al., 2003]. En 2000, l'économie forestière et l'industrie du bois suisses occupaient 87'000 personnes (commerce et transport du bois compris), en d'autres termes, 2,6% de la main-d'œuvre totale est employé dans la filière du bois. Sa part dans le produit intérieur brut, qui se monte à environ 2%, est ainsi comparable à celle du secteur du textile et de l'habillement [OFEFP, 2003].

4.2.1 Une chaîne aux nombreux maillons

La chaîne de valorisation du bois va des propriétaires de forêt, des services forestiers, des scieries, des menuiseries, des charpenteries et des transporteurs aux fabriques de papier et de carton en passant par les concepteurs, les communes, les maîtres de l'ouvrage, les fabricants d'installations de chauffage et les marchands de matériaux de construction. Comme il y a une foule de possibilités de travailler le bois, il ne s'agit pas d'une chaîne linéaire. Un arbre est à l'origine de différentes chaînes de valorisation. La Figure 10 représente quelques-unes des filières possibles. La chaîne de valorisation du bois comporte trois branches d'usage, selon que l'on utilise le bois récolté comme bois de feu, bois de tige ou bois d'industrie. Différents maillons de la chaîne de valorisation se trouvent souvent réunis au sein d'une même exploitation. Les grandes scieries disposent par exemple de leur propre raboterie ou usine d'imprégnation et elles collent directement le bois pour produire des éléments préfabriqués. Les fenêtres, les portes, les parquets sont produits soit par des firmes spécialisées, soit par des menuiseries. Des entreprises assurent même la conception et la réalisation de maisons entières. Au sens strict du terme, la chaîne de valorisation du bois n'est achevée qu'à partir du moment où le produit commercialisé, vendu et utilisé sera arrivé au stade de son élimination.

Le maillon "Transporteurs et négociants"

Les transporteurs interviennent quand il s'agit de livrer le bois abattu en forêt depuis les places de stockage aux entreprises de transformation ou directement aux consommateurs finaux. Dans les Alpes, le bois est transporté en camion ou en train.¹³ Les transports jouent naturellement un rôle dans le reste de la filière. Le commerce du bois est également intégré de diverses manières dans la chaîne de valorisation. Les importateurs et les exportateurs de bois en font partie.

Le maillon "Scieries"

Les scieries sèchent le bois brut et le scient. Une bonne moitié du bois brut finit sous forme de sous-produits tels que copeaux, plaquettes, dosses et autres. Ceux-ci sont réutilisés comme matière première par les industries des dérivés du bois¹⁴, de la cellulose et du papier et par les fabricants d'emballages en bois ou servent à la production d'énergie (sous forme de granulés de bois par exemple). Le principal utilisateur du bois de sciage est le secteur du bâtiment.

Le maillon "Usines de placage"

Les usines de placage transforment des billes de bois décoratives et de haute qualité en feuilles de placage principalement utilisées dans l'aménagement intérieur et dans les ébénisteries. La production de placage constitue la forme la plus aboutie de valorisation du bois. Seule une petite partie du volume de bois disponible convient à la production de feuilles de placage.

Le maillon "Industrie de la cellulose"

L'industrie de la cellulose est l'un des principaux utilisateurs de bois d'industrie. Pour le bois d'industrie, on déchiquette mécaniquement du bois de moindre qualité ou on le décompose chimiquement. L'industrie chimique produit à partir du bois des fibres de viscose, de la cellophane, des vernis, de l'alcool industriel et des additifs alimentaires.

Le maillon "Raboteries et usines d'imprégnation"

Les raboteries transforment le bois de sciage en bois équarris, en lattes ou en lambris. Certaines d'entre elles fabriquent du parquet, des portes et des fenêtres. Les usines d'imprégnation traitent la surface du bois par des cires, des huiles, des décapants ou des vernis résistant aux intempéries.

Le maillon "Industrie des dérivés du bois"

Cette industrie comprend les fabricants de panneaux de contreplaqué, de panneaux d'agglomérés et de panneaux de fibres. La matière ligneuse déchiquetée mécaniquement est assemblée à l'aide de colles. Pour fabriquer des panneaux OSB, on presse par exemple des copeaux de bois de la taille du doigt avec de la colle en formant plusieurs couches que l'on croise. Ces panneaux sont utilisés comme revêtement ou pour étayer des constructions. Les panneaux isolants ou les poutrelles en I sont à leur tour des produits de l'industrie des dérivés du bois.

Le maillon "Charpenteries"

Dans les charpenteries, le bois de sciage fourni par les scieries est transformé en bois de construction. Il y a même des éléments de construction entièrement préfabriqués qui y sont produits. Les charpentiers bâtissent ensuite le gros œuvre sur les chantiers. Dans les

¹³ A l'heure actuelle, le poids des frais de transport n'est pas significatif dans la formation des prix. Appliquer la vérité des coûts dans le secteur des transports permettrait d'augmenter sensiblement la compétitivité du bois indigène.

¹⁴ L'industrie des dérivés du bois englobe les fabricants de bois contreplaqué, de placages, de panneaux d'agglomérés et de panneaux de fibres.

charpenteries, on produit des éléments de construction préfabriqués à moins que le bois ne soit directement utilisé sur des chantiers.

Le maillon "Ebénisteries"

Les fabriques de meubles et les ébénisteries sont souvent le dernier maillon d'une chaîne de valorisation. Elles utilisent les produits de l'industrie des dérivés du bois tout comme ceux des scieries et des raboteries.

Le maillon "Industrie du papier et du carton"

Le papier et le carton sont les produits les plus importants et les plus connus issus de la transformation du bois d'industrie. Les fibres de cellulose peuvent être réutilisées sept à huit fois. Après ces utilisations elles sont trop courtes pour remplir encore leur fonction. C'est la raison pour laquelle on a toujours besoin de fibres de cellulose fraîches pour produire du papier et du carton.

La branche "Bois-énergie"

La récolte du bois ne produit que 50% de grumes, très demandées, le reste étant de la matière de "moindre" qualité, mais parfaitement appropriée pour les usages industriels ou énergétiques. Les mesures d'entretien indispensables dans le cadre d'une gestion durable de la forêt produisent, elles aussi, du bois de qualité inférieure, susceptible d'être utilisé sous forme de plaquettes ou de bûches en tant que combustible.



Figure 11 :
Granulés de bois – une nouvelle forme de production d'énergie

Un important potentiel de valorisation peut être réalisé par la transformation des déchets de scierie en granulés de bois ou pellets, le matériau de départ étant des copeaux broyés ou de la sciure. Soumis à une pression mécanique, les granulés sont formés sans adjonction de produits chimiques. On peut se procurer ces granulés en sacs ou se les faire livrer en vrac. L'utilisation de granulés de bois a créé un débouché entièrement nouveau pour les déchets de bois inutilisés jusqu'ici. Les granulés représentent surtout une bonne solution en ville, où il est difficile de stocker des bûches [Jonas und Haneder, 2001].

Pour l'énergie du bois, la chaîne de valorisation est très courte. Néanmoins, le potentiel régional de création de valeur est souvent sous-estimé. L'exploitation accrue de l'énergie du bois renferme un potentiel socio-économique important. Lorsqu'on recourt au mazout ou au gaz naturel, le 60-75% de l'argent dépensé part à l'étranger, la région même n'en retire que 15%. Quand on utilise du bois, par contre, plus de 50% de l'argent dépensé restent dans la région [OFEFP, 2003].

Tableau 12 : Comparaison des flux financiers associés à différents agents énergétiques [d'après OFEFP, 2003]

	Bois (Suisse)		Pétrole (Arabie)		Gaz (Sibérie)	
Région	CHF	52.-	CHF	16.-	CHF	14.-
Suisse	CHF	48.-	CHF	25.-	CHF	12.-
Etranger	CHF	-.-	CHF	59.-	CHF	74.-
Total	CHF	100.-	CHF	100.-	CHF	100.-

Les chauffages au bois exercent donc un effet extrêmement dynamisant sur l'économie régionale, car ils demandent moins de biens et de services provenant d'autres régions ou de l'étranger que les chauffages conventionnels. L'utilisation du bois indigène comme source d'énergie est créatrice d'une demande à long terme de biens et de services régionaux. Des emplois dans la région sont ainsi préservés, sinon créés. En Suisse par exemple, en 1998, le secteur du bois-énergie occupait directement 5'000 personnes (fourniture et commerce des combustibles et/ou appareils de chauffage au bois) et entre 20'000 et 30'000 personnes indirectement (secteurs de la construction, de l'installation, ramoneurs, etc.) [Kessler, 1999].

La branche "Bois de tige"

Les étapes de la transformation du bois de tige ajoutent des maillons à la chaîne de valorisation du bois tout en augmentant son potentiel de création de valeur. Puisque chaque étape de transformation en aval de la récolte du bois augmente la valeur du produit, elle est à la base d'une valeur ajoutée. Un maillon important et sensible est constitué par les scieries. En l'absence de scierie régionale, le bois brut doit être exporté. En plus de causer des nuisances liées aux transports, cette exportation mènera progressivement à la perte des étapes ultérieures de transformation et de valorisation qui renferment le plus grand potentiel de création de valeur.

Evaluation monétaire de la valorisation du bois : la nouvelle gare de Landquart (CH)

Le recours au bois régional comme matériau de construction renferme un potentiel élevé de création de valeur. Jusqu'ici, les analyses consacrées à son effet sur les circuits économiques régionaux sont rares dans la littérature spécialisée. Un exemple tout récent est la construction de la nouvelle gare de Landquart dans le canton suisse des Grisons (2003). On y a employé 900 m³ de bois provenant de la forêt communale qui ont été transformés à 100% dans la région. Pour obtenir la quantité voulue de ronds de sciage, il a fallu abattre 350 arbres. L'abattage et le débardage ont été exécutés par une entreprise forestière de la région. La scierie et



l'atelier de collage sont situés à 8 km de la gare, l'assemblage et le montage ont été effectués par un spécialiste régional de la construction en bois. Le recours au bois régional et sa transformation sur place ont permis de porter la valeur ajoutée forestière à CHF 800'000.- contre CHF 90'000.- qui auraient été obtenus si on avait simplement exporté les bois ronds. La valeur ajoutée au bénéfice de la région s'est ainsi multipliée par neuf par rapport à une exportation de bois non ouvré.

Tableau 13 : Augmentation de la valeur ajoutée grâce à la transformation dans la région [OFEFP (4), 2004]

Étape de transformation dans la région	Prix au m ³ en CHF (Situation en 2003)	Valeur ajoutée régionale CHF
Ronds non ouvrés	100,-	90'000,-
Planches sciées	400,-	360'000,-
Planches collées laminées	800,-	720'000,-
Planches collées-laminées assemblées/montées en gare	1'300,-	800'000,-

La branche "Bois d'industrie"

Pour le bois d'industrie, on procède au déchetage mécanique ou à la décomposition chimique du bois pour le transformer ensuite en divers dérivés et produits, dont les plus connus sont le papier et le carton. La fabrication de panneaux de fibres et de panneaux d'agglomérés se sert aussi du bois d'industrie. Les principaux usages des panneaux sont la construction et la fabrication de meubles. L'industrie chimique utilise le bois pour produire des fibres de viscose, de la cellophane, des vernis, de l'alcool industriel et des additifs alimentaires [OFEFP (2), 2004].

4.2.2 Issu de la région au profit de la région

En Europe, il existe 20 à 30 sortes de bois convenant à un usage industriel ou artisanal. Le Tableau 14 donne une vue d'ensemble des principales essences indigènes et de leurs différents emplois, ces essences étant toutes présentes dans les Alpes également. Il y a naturellement des différences régionales dans la répartition des différentes espèces, selon les conditions de station et d'exploitation. Après l'épicéa, qui constitue l'essence

prédominante, le hêtre, le pin, le sapin et le mélèze sont les essences présentes en plus grand nombre. Mais on trouve aussi des feuillus comme le frêne et l'érable en quantité suffisante dans les forêts des Alpes. Pourquoi donc utiliser pour la construction de l'épicéa acheminé de Scandinavie ou de Sibérie quand on peut en trouver sur place en quantité suffisante et dans une qualité¹⁵ adéquate, fournie par une sylviculture durable ? Le bois le plus écologique reste toujours celui de la région, à condition de provenir d'une gestion durable. Il n'a pas besoin d'être transporté sur de longues distances, il accroît la valeur ajoutée régionale et apporte un soutien nécessaire aux propriétaires de forêt et aux triages forestiers pour lesquels une gestion durable des forêts sera de nouveau compatible avec leurs intérêts économiques. Du reste, l'entretien d'une forêt pratiqué dans le contexte de l'exploitation du bois profite souvent aux fonctions protectrice, récréative et sociale de cette forêt. Des interventions fréquentes sont en effet nécessaires dans des forêts à fonction protectrice pour prévenir des phases d'instabilité [Bachmann, 1998].

Tableau 14 : Les principales essences indigènes et leurs emplois [d'après Stark, 2003]

Essence	Caractéristiques	Emplois possibles
Epicéa/sapin	bois tendres, faciles à travailler, mais peu résistants aux intempéries, aux champignons et aux insectes	bois de construction, charpentes, revêtements, planchers, planches collées laminées
Pin	bois tendre, un peu plus dur que l'épicéa et le sapin, durable, en particulier au niveau du cœur, facile à travailler, très résineux	bois de construction, planchers, meubles, lambris, fenêtres, portes intérieures et extérieures
Mélèze	bois tendre, plus dur que le pin, très résineux, plus difficile à travailler que le pin, car dur à raboter et prompt à éclater	bois de construction, planchers, meubles, fenêtres, portes intérieures et extérieures, meubles de jardin
Erable	très résistant, assez élastique, facile à travailler	meubles, plans de travail de cuisine, placages, planchers, escaliers
Chêne	bois dur et lourd, haute résistance aux intempéries, aux champignons et aux insectes	meubles, placages, parquets, bois de construction, portes, fenêtres
Aulne	tendre à moyennement résistant, peu élastique, facile à travailler, peu résistant aux intempéries	meubles, plans de travail de cuisine
Frêne	bois dur, résistant à l'humidité, bonne résistance à l'abrasion, le plus noble des feuillus indigènes	meubles, escaliers, planchers, lambris, engins de sport, outillage
Hêtre commun	bois dur, sujet au gauchissement, peu apte à l'usage extérieur	meubles, parquets, escaliers

L'utilisation du bois tropical pose de nombreux problèmes écologiques en raison du déboisement dramatique des forêts tropicales et de son acheminement d'outre-mer. Il n'est d'ailleurs pas indispensable de recourir aux bois tropicaux, car un nombre suffisant de bois indigènes présente des propriétés similaires à celles des bois tropicaux. On peut remplacer le bois de bongossi, particulièrement dur, par de l'acacia et utiliser de l'épicéa à la place de méranti pour la construction de fenêtres. En ébénisterie, le cerisier est une alternative à l'acajou. Le bois de mélèze est une solution idéale si l'on recherche un bois résistant aux intempéries pour un usage extérieur (ex. : meubles de jardin). Mais on peut aussi accroître la

¹⁵ Des études menées par l'Institut de recherches sur le bois de la TU de Munich (<http://www.holz.forst.uni-muenchen.de>) ont montré qu'il n'existait guère de différences qualitatives entre le bois allemand et le bois scandinave. On a même constaté des masses volumiques apparentes supérieures pour le bois indigène, constat favorable pour la résistance du bois. En outre, le bois indigène présente toutes les caractéristiques qualitatives requises pour son usage sur les chantiers.

durabilité d'autres bois indigènes à l'aide d'un procédé thermique. Celui-ci permet aussi de "colorer" certains bois : selon la température et le type de bois, on peut obtenir les coloris sombres des bois tropicaux. Pour ce faire, on n'a besoin d'aucun produit chimique - l'eau et la chaleur suffisent [ökoenergie, 2003].

Pour choisir le "bon" bois, on peut se fier aux systèmes de certification. Toute une série de certificats sont disponibles dans le domaine de la production de bois, les labels FSC et PEFC étant les plus connus dans les Alpes. Le **Forest Stewardship Council FSC** est une organisation indépendante créée en 1993 par le WWF et des entreprises particulièrement actives de l'économie forestière et de l'industrie du bois. Le but de cette organisation est de garantir dans le monde entier, par la certification des forêts, une gestion forestière proche de la nature, compatible avec les impératifs sociaux et économiques. Le respect des principes du FSC est contrôlé dans des exploitations du monde entier par des organes indépendants et reconnus. Si les critères fixés sont respectés, l'entreprise se voit décerner le label de qualité FSC. Ce label offre la garantie d'une gestion forestière responsable.¹⁶ Le **Pan European Forest Certification Scheme (PEFC)** a été lancé sur l'initiative d'entreprises privées du secteur forestier et de l'industrie du bois. Il offre un cadre européen pour la création de systèmes de certification nationaux. Le PEFC défend lui aussi le principe d'une gestion forestière responsable en matière écologique, économique et sociale, sans avoir cependant l'envergure du label FSC.¹⁷

La maison en bois de Rottal – toute la région y gagne

Dans le Landkreis de Rottal-Inn, situé en Basse-Bavière, trois associations de sylviculteurs, trois scieries et dix charpentiers se sont regroupés pour mettre au point "la maison en bois de Rottal". Il s'agit d'une maison à faible consommation énergétique, construite dans le style caractéristique de l'architecture régionale. Le bois massif provient exclusivement des forêts situées dans le district même. Le maître de l'ouvrage peut lui-même choisir les arbres à abattre, et s'il le désire, l'abattage se fera en respectant les phases lunaires. Les plans des maisons sont établis individuellement selon des critères techniques uniformes. La plupart des autres corps de métier liés à la construction sont également implantés dans la région. L'approvisionnement en énergie est assuré par des poêles à bois et des capteurs solaires. Depuis le lancement du projet (1996), environ 200 maisons de ce type ont été construites sur le territoire du district. Les ventes régionales de bois ont augmenté d'un bon tiers et 70 nouveaux emplois ont été créés. Pour des informations plus détaillées, consultez : www.rottal-inn.de (rubrique "projets") (de).

4.2.3 Points faibles de la chaîne de valorisation

Le terme de "chaîne" implique que les différents maillons sont dépendants les uns des autres. Lorsque l'un d'eux vient à manquer, les autres s'en trouvent menacés. La chaîne de valorisation du bois commence déjà avec l'approvisionnement en matière première : Il faut pouvoir répondre pratiquement, ponctuellement et en continu aux souhaits des clients, afin de leur fournir les quantités et les qualités désirées. Actuellement, ne posséder qu'une petite surface de forêt empêche souvent une exploitation rationnelle. En se regroupant en plus grandes unités d'exploitation, les propriétaires de forêts peuvent d'une part réduire leurs coûts d'exploitation et de production du bois et d'autre part occuper une meilleure position sur le marché [Greminger, 2004]. Le développement d'un concept régional d'exploitation,

¹⁶ Pour des informations plus détaillées, consultez : <http://www.fsc.org>

¹⁷ Pour des informations plus détaillées, consultez : <http://www.pefc.org>

indépendant des régimes de propriété, et la mise sur pied de centres de logistique pour le bois, coordonnant de manière interrégionale la demande, l'offre et la transformation du bois, est aux yeux des experts la condition sine qua non d'un approvisionnement efficient et durable en matière première.

La scierie constitue un maillon important et sensible. En l'absence de scierie régionale, il faut exporter le bois brut et réimporter le produit semi-fini. Cela entraîne d'une part des nuisances pour l'environnement, liées au trafic. D'autre part, on voit ainsi disparaître progressivement les stades ultérieurs de transformation et de valorisation, qui ont le plus fort potentiel de création de valeur.

Dans la plupart des cas, on peut déjà améliorer la chaîne de valorisation du bois en optimisant les modes de communication et d'organisation. Cependant, la première chose à faire pour préserver et développer la chaîne régionale de valorisation du bois consistera à recourir plus fréquemment au bois comme matériau de construction et comme combustible.

4.3 Le bois-énergie

Le bois est une énergie neutre pour le climat : pendant sa phase de croissance, l'arbre stocke du CO₂ dans son bois, sous forme de composés organiques. Le CO₂ reste fixé dans le bois pendant toute la durée de vie de l'arbre. Lorsque celui-ci meurt, le bois est décomposé par des micro-organismes, et le CO₂ est restitué à l'atmosphère. Le CO₂ libéré se fixe alors dans les arbres qui continuent de pousser. Il s'agit donc d'un circuit fermé, neutre sur le plan du climat. Si la combustion du bois raccourcit ce circuit, elle n'en modifie pas pour autant le mécanisme.

En 2003, on a brûlé en Suisse environ 2,5 millions de m³ de bois pour chauffer des locaux. On a ainsi économisé 500'000 tonnes de mazout et réduit de 1,5 million de tonnes les émissions de CO₂ dans l'atmosphère [Grünenfelder, 2004]. Pour une consommation qui est actuellement de 2,5 millions de m³ par an, il existe un potentiel disponible à court et à moyen terme d'à peu près 5,5 à 7 millions de m³. Ce volume pourrait être employé à des fins énergétiques sans risquer de surexploiter les forêts ni concurrencer d'autres usages du bois à plus grande valeur ajoutée [OFEFP (3), 2004]. Une simple multiplication par deux du volume de bois-énergie consommé – associée à une réduction parallèle des quantités de mazout brûlé –, se traduirait par une réduction des émissions de CO₂ en Suisse d'un autre million et demi de tonnes. [OFEFP, 2004].

Neutre du point de vue climatique, le bois est le plus ancien agent énergétique exploité par l'homme. Il contient 17 fois plus d'énergie qu'il n'en est requis pour la mise à disposition de cette ressource [proholz, 2003]. Etant donné que dans les Alpes, le bois pousse "à notre porte", son emploi évite de longs transports coûteux et compliqués, et son stockage est simple et sans risque. Autre effet positif : la réduction des nuisances causées par un trafic en croissance rapide.

Mais la combustion du bois produit aussi ce qu'on appelle les polluants atmosphériques "classiques" comme l'anhydride sulfureux (SO₂), les oxydes d'azote (NO_x), le monoxyde de carbone (CO) et les particules. A cet égard, les chauffages au bois existants sont souvent moins satisfaisants que les chauffages au mazout ou au gaz, sans oublier que le rendement des chaudières à bois anciennes ne dépasse pas les 40 à 50% [Meister, 2000]. Pour réduire au maximum les émissions de gaz de fumée, les chaudières à bois devraient fonctionner à plein régime, car c'est le seul moyen d'obtenir une combustion optimale. Dans les chaudières modernes, l'air comburant est amené depuis le haut et les gaz qui s'échappent

de la braise sont entièrement brûlés dans une chambre de post-combustion [BMWl, 2000]. Nettement amélioré ces dernières années, le rendement des chauffages au bois atteint désormais le niveau des chaudières à mazout ou à gaz [Meister, 2000]. Du fait de sa teneur élevée en eau, le bois frais ne brûle qu'incomplètement et ne possède qu'une valeur calorifique assez faible. Un séchage suffisant et un stockage adéquat du bois de feu sont donc indispensables pour assurer une combustion qui soit peu polluante. L'avantage des granulés par rapport aux plaquettes de bois réside dans le fait que leur fabrication comporte déjà un certain séchage [BMWl, 2000].

Avantages du recours au bois (régional) comme combustible

- A moyen terme, il s'agit d'une production d'énergie qui ne modifie pas le bilan de CO₂. Le CO₂ dégagé est en effet fixé de nouveau dans la forêt qui se reconstitue.
- Les importations d'énergie en provenance de pays politiquement instables peuvent être réduites.
- Dans les chaudières à bois de conception moderne, la combustion du bois est peu polluante, la pureté de l'air est moins compromise qu'avec l'usage des énergies fossiles.
- La bio-énergie est génératrice d'emplois, les régions structurellement déficientes en tirent avantage.
- Les indispensables mesures d'entretien et d'éclaircie en forêt sont soutenues par l'utilisation du bois de feu.
- Le bois-énergie est polyvalent et donc très confortable pour l'utilisateur. Du poêle pour chauffer une pièce à la chaufferie automatique intégrée au réseau de chauffage à distance en passant par l'appareil à granulés de bois, tout est possible.
- Produit de la région, le bois se prête à l'approvisionnement énergétique régional. De longs transports ne sont plus nécessaires.

4.4 Le bois en tant que matériau

Le bois compte parmi les matériaux les plus anciens et les plus polyvalents de l'humanité. Grâce à sa structure et à sa composition chimique, il se prête à de multiples usages. Il est facile à travailler, doté d'une faible conductibilité thermique et permet l'intégration de couches isolantes supplémentaires. Les constructions légères en bois sont donc toutes désignées pour la réalisation économique de bâtiments efficients sur le plan énergétique [Forum Vauban, 1997]. La Figure 12 donne les épaisseurs nécessaires pour un élément de construction fictif, devant présenter une valeur U de 0,50 W/m²K. Contrairement à d'autres matériaux porteurs comme le béton armé ou la brique, le bois bénéficie d'excellentes propriétés thermiques. A encombrement égal, une construction en bois présentera ainsi jusqu'à 10% de surface habitable supplémentaire par rapport à une construction en maçonnerie [Arbeitskreis Ökologischer Holzbau, 2002]. De plus, le bois a une longue durée de vie tout en étant relativement léger par rapport à son volume. Il est en même temps très solide et capable de résister à des charges élevées sans se déformer ni se casser. L'acier par contre est 85 fois plus lourd que le bois, mais sa résistance mécanique et sa rigidité ne dépassent que 50 fois celles du bois [Arbeitskreis Ökologischer Holzbau, 2002]. Ces avantages se traduisent par une réduction du coût des fondations, puisque le poids total d'une construction en bois est nettement inférieur à celui d'une construction réalisée dans un autre matériau.

Les maisons en bois peuvent être réalisées selon différents types de construction. Fondamentalement, on distingue la construction légère et la construction massive en bois. Dans les constructions légères, on utilise des bois équarris sous forme de montants et de poutres entre lesquels on pose une isolation thermique. A titre de parement, on pourra apposer un planchéage en bois. Les constructions légères en bois sont réalisées avec différents degrés de préfabrication, du montage effectué sur le chantier même aux cellules préfabriquées. Les constructions massives en bois de nos jours n'ont plus grand-chose à voir avec les chalets d'autrefois. Elles sont constituées de grands éléments de bois massif en formes de plaques ou de panneaux de contreplaqué, assemblés par couches ou croisés.

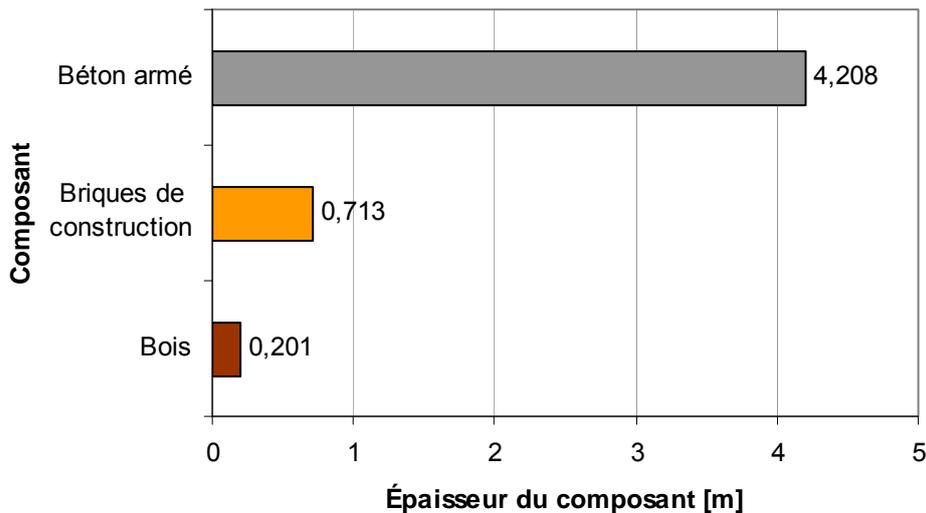


Figure 12 : Comparaison des épaisseurs nécessaires pour un élément de construction devant atteindre une valeur U de 0,50 W/m²K [Source : Martin Teibinger, Holzforschung Austria]

4.4.1 Comment et où utiliser le bois en construction ?

Maisons pour une ou deux familles

Dans le secteur résidentiel, jusqu'à nos jours, la construction en bois est plus ou moins réservée à la réalisation de maisons destinées à une ou deux familles. Parallèlement aux solutions individuelles et personnalisées, il se réalise de plus en plus de maisons concepts, c'est-à-dire de maisons préfabriquées et standardisées. Pour une maison individuelle moyenne, il faut 75 m³ de bois pour une construction en bois massif, et 35 m³ pour une construction à ossature en bois. A quoi vient s'ajouter l'aménagement intérieur comprenant les planchers, l'équipement de la cuisine et les meubles.

Immeubles et bâtiments publics

La réalisation de constructions en bois d'une certaine taille est désormais tout à fait possible, comme le prouvent des immeubles d'habitation à plusieurs étages, des bâtiments administratifs, des écoles ou des salles de sport. Dans de nombreux pays, les constructions en bois à plusieurs étages sont encore interdites par les règlements sur les constructions. En Autriche, la construction d'immeubles à usage d'habitation a été autorisée en 1995, ces derniers pouvant compter jusqu'à cinq niveaux. En Suisse, seuls les immeubles à deux étages ont été autorisés jusqu'à présent. Les directives en matière de protection-incendie, qui ont été adaptées aux progrès réalisés dans le domaine de la construction en bois,

entreront en vigueur dès janvier 2005.¹⁸ Des constructions en bois présentant jusqu'à six niveaux d'habitation seront alors possibles dans toute la Suisse [OFEFP (1), 2004]. En Autriche, la moitié environ des appartements neufs se trouvent dans de petits immeubles, en Suisse il y en a près des trois quarts. La construction de petits immeubles et de bâtiments publics renferme donc un potentiel non négligeable pour la construction en bois.

Bâtiments commerciaux et industriels

Dans le domaine des bâtiments commerciaux et industriels également, il existe de nombreux exemples intéressants pour démontrer les potentialités du bois. Pour le centre d'entretien de l'autoroute A9 situé à Brig-Glis (CH) et réalisé en 2002, on a employé plus de 400 m³ de bois, et plus de 9'000 m² de panneaux d'agglomérés ou contreplaqués y ont été intégrés à titre de parement [Lignum, 2002]. Traditionnellement, la construction en bois est bien représentée parmi les bâtiments agricoles, mais elle sert aussi depuis longtemps à la réalisation d'ouvrages tels que les ponts.

Construction en bois et assainissements

Lors de l'assainissement de bâtiments anciens également, le bois est un matériau fort recommandé. De la toiture à l'aménagement intérieur en passant par la façade, le bois trouvera sa place dans les plafonds, les planchers, les escaliers, etc. En utilisant du bois indigène pour ces rénovations, transformations et agrandissements, on contribuera en même temps à une augmentation significative de la création de valeur au sein de la région.

4.4.2 Une maison en bois – de nombreux avantages

En plus de sa teneur moins élevée en énergie grise, mentionnée au chapitre 3.3, le bois indigène apporte toute une série d'autres avantages dont quelques-uns seront énumérés ci-après à titre d'exemples.

Réservoir de CO₂

En utilisant du bois comme matériau de construction, on contribuera à fixer pour une durée de 80 ans environ le carbone stocké dans ce bois. Une maison individuelle moderne à ossature en bois, construite avec un apport de 15 tonnes de matériaux en bois, soit environ 35 m³ de bois, soustrait environ 28 tonnes de CO₂ [proholz, 2003, calculs de l'auteur] à l'atmosphère. Selon les calculs de l'industrie suisse du bois, environ 85 millions de tonnes de CO₂ sont ainsi stockées dans les bâtiments suisses par le biais des matériaux à base de bois [Holzindustrie Schweiz, 2004], volume qui correspond au CO₂ émis par ce pays en l'espace de deux ans.

Vite construite

Les différents éléments de construction d'une maison en bois peuvent être préfabriqués à la charpenterie. Cela peut même se faire pendant les mois d'hiver, alors que le travail sur les chantiers traditionnels est souvent stoppé. Comme le bois a déjà été séché au préalable, il n'est pas nécessaire de laisser sécher le gros œuvre, sur lequel on peut travailler même par temps de gel. Le matériau de construction étant naturel, il ne produit pas de nuisances olfactives. Les halles de fabrication modernes permettent la préfabrication de pans entiers de maisons, de parois ou d'éléments de plancher avec leur isolation thermique, les conduites, les fenêtres et les portes. Ces éléments seront ensuite assemblés sur place. Si la construction à l'aide d'éléments préfabriqués requiert une planification soigneuse, elle raccourcit énormément le temps de réalisation. Une maison individuelle préfabriquée peut être montée en une journée [OFEFP (1), 2004].

¹⁸ Communication orale (15.11.2004) : Markus Mooser, programme OFEFP "holz21"

"Pour te refaire une santé, installe-toi dans une maison en bois !"

Ce vieil adage indien est toujours d'actualité, à condition que le bois n'ait pas été traité par des substances toxiques, comme cela s'est souvent fait par le passé. Si l'on applique les principes de la protection du bois par la construction elle-même (utiliser du bois séché et le préserver de l'humidité), il ne sera pas nécessaire de traiter le bois par des produits chimiques. Le bois utilisé comme matériau de construction possède toutes les qualités assurant un climat intérieur agréable : Il fournit une bonne isolation thermique, prélève l'humidité de l'air et la restitue au besoin, il est neutre sur le plan électrique, présente une température élevée à la surface, il sent bon et n'émet pas de substances toxiques.

"Plus tard, mes petits-enfants pourront brûler ma maison."

Une maison en bois peut s'éliminer facilement - pour autant que le bois n'ait pas été traité par des produits chimiques et qu'une séparation des différents matériaux à base de bois soit possible au moment de la démolition. On a le choix entre la récupération des matériaux de construction ou leur combustion en vue de la production de chaleur. Dans le premier cas, le bois de démolition pourra être utilisé dans la fabrication de panneaux d'agglomérés et être réintroduit ainsi dans le circuit économique. L'utilisation thermique du bois récupéré consiste à le brûler pour exploiter son potentiel énergétique. Pour brûler du bois traité, la chaufferie utilisée devra répondre à des exigences spécifiques afin d'assurer une exploitation non polluante du bois (ex. : dépoussiérage des gaz de fumée, filtres spécifiques pour retenir les particules polluantes, etc.)

Pour construire une maison individuelle selon le principe de la construction légère en bois, il faut environ 35 m³ de bois. Si cette maison est démolie 80 ans plus tard et que l'on brûle la moitié de son bois, on pourra produire environ 30'000 kWh d'énergie (la combustion de 1 m³ de bois produit en moyenne 1'800 kWh). Cette énergie permettrait de couvrir pendant 20 ans les besoins en énergie de chauffage d'une maison passive avec une surface habitable de 100 m².

4.4.3 Préjugés à l'encontre de la construction en bois

Des préjugés largement répandus affirment que les constructions en bois seraient bruyantes et exposées aux courants d'air, rapidement altérées par les intempéries et facilement inflammables. Plusieurs projets de recherche réalisés par l'Université de Leipzig ont apporté la preuve de ce que ces réserves n'ont plus de raison d'être depuis longtemps. Les maisons en bois réalisées depuis 1985, satisfont ou dépassent même les exigences actuelles en matière d'isolation thermique, d'insonorisation et de protection contre l'humidité et contre le feu [Winter und Kehl, 2002]. Les constructions en bois présentent les mêmes qualités que les constructions en maçonnerie. Comme matériau de construction le bois offre de nos jours des possibilités quasi illimitées sans le céder en rien aux autres matériaux de construction – notamment en ce qui concerne sa solidité, mais aussi sa résistance aux intempéries et au feu ainsi que ses avantages économiques.

"Une maison en bois flambe comme une boîte d'allumettes !" - Beaucoup de fumée pour rien.

Nombreux sont ceux qui croient savoir qu'une maison en bois brûle en moins de temps qu'il ne faut pour la monter. Mais les exigences en matière de protection contre les incendies sont aussi élevées pour les maisons en bois que pour les constructions en maçonnerie. Les spécialistes distinguent des classes de résistance au feu de F30 à F90 (le nombre correspond aux minutes durant lesquelles la construction résiste au feu malgré la présence des flammes). Avec les constructions en bois modernes, toutes les classes de résistance au feu peuvent être réalisées. Ceci étant, le plus grand facteur de risque en cas d'incendie est

l'aménagement intérieur (tapis, rideaux, etc.) qui favorise la propagation rapide des flammes de même que le développement des fumées. Dans une maison de conception traditionnelle, les matériaux de construction et les matières plastiques et minérales dégagent très vite des gaz beaucoup plus toxiques que ceux provoqués par la combustion du bois [Dosch und Ranft, 1999]. Les dernières études menées par proholz Austria montrent qu'une maison en bois prenant feu brûle de manière beaucoup plus contrôlée et plus sûre. Le bois forme une couche de charbon protectrice qui empêche que la combustion ne se poursuive. Lorsque le dimensionnement est suffisant, il reste un noyau solide en-dessous. Une poutre métallique non-protégée par contre, perd la moitié de sa portance à une température de 550°C. Avec la dilatation thermique, suivie d'une rétraction, de tels éléments de construction risquent de s'effondrer soudainement longtemps après qu'on a éteint le feu [Arbeitskreis Ökologischer Holzbau, 2002].

Il y a quelques années encore, les primes-incendie réclamées pour les habitations en bois par les compagnies d'assurance en Allemagne, dépassaient de 300% celles prévues pour les bâtiments en maçonnerie. Suite aux bonnes expériences réunies avec la construction en bois, ces primes ont été sensiblement réduites, au point de pouvoir même rester inférieures à celles des bâtiments en maçonnerie [Arbeitskreis Ökologischer Holzbau, 2002]. Une analyse interne effectuée par un assureur suisse a révélé que les sinistres survenus dans des maisons en bois avaient été moins importants que ceux enregistrés dans des maisons en pierre [Dosch und Ranft, 1999].

"On n'est jamais seul dans une maison en bois..." – l'isolation phonique dans une telle habitation.

L'isolation phonique¹⁹, réalisée par la masse dans une maison en pierres, les bâtiments en bois l'obtiennent au moyen de différents matériaux et d'une construction bien pensée des parois, des dalles et du toit. On combine différents matériaux entre eux en intercalant plusieurs couches, de façon à obtenir les mêmes valeurs d'isolation phonique que dans un ouvrage maçonné. Cela implique notamment l'aménagement de "couches intermédiaires" molles (un plancher en poutres de bois pourra être recouvert de quelques centimètres de remplissage isolant sur lequel sera posé un plancher en bois) et une séparation scrupuleuse des différentes couches, afin d'éviter les ponts phoniques. On a le choix parmi un grand nombre de types éprouvés de parois et de dalles, susceptibles de satisfaire tous les désirs en matière d'isolation phonique [Arbeitskreis Ökologischer Holzbau, 2002].

"Une maison en bois est la proie des vers !"

Les ennemis du bois sont les champignons et les insectes. On peut prévenir une attaque en protégeant le bois par l'architecture même du bâtiment, sans devoir recourir à des produits chimiques. Les champignons ont besoin d'une humidité du bois d'environ 30% et ce pendant une période prolongée (environ 6 mois). Les éléments de construction en bois présentent normalement une humidité de 8% (meubles, parquet) à 15% (charpente de combles non-chauffés). En règle générale, les éléments de construction en bois ne deviennent jamais assez humides pour que de la pourriture puisse s'y développer. Après un dégât d'eau, il est important de bien faire sécher le bois. Quant aux insectes, il s'agit d'empêcher qu'ils pondent leurs œufs dans le bois. Protéger le bois par la construction signifie ici leur barrer l'accès par des revêtements appropriés ou recourir à des bois particulièrement résistants aux endroits exposés [Dosch und Ranft, 1999].

¹⁹ Fondamentalement, il existe deux types de sons : le son aérien transmis par l'air ambiant que des sources sonores telles que des personnes qui parlent ou des postes radio ou des téléviseurs qui émettent font vibrer. Le son solide est transmis par des solides ou des fluides, par le fait de marcher sur un plancher, d'actionner la chasse d'eau des toilettes ou un commutateur d'éclairage, actions qui font vibrer la paroi ou le plancher qui à leur tour transmettent cette vibration au volume d'air contigu qui remplit la pièce.

Avantages du recours au bois (régional) comme matériau de construction

- Le bois assure naturellement une bonne isolation et permet de ce fait d'obtenir des valeurs U élevées même avec des parois relativement minces. Malgré son faible poids, il bénéficie d'une capacité portante élevée.
- Le bois est un matériau léger par rapport à sa résistance mécanique, qualité particulièrement importante au moment du transport et du montage.
- Le bois est un matériau neutre par rapport au climat, qui stocke du CO₂.
- Le bois crée un climat intérieur agréable tout en satisfaisant des exigences biologiques élevées.
- Le bois se prête à la transformation artisanale au même titre qu'à la transformation industrielle.
- Une maison en bois peut être montée en un rien de temps, même en hiver.
- L'utilisation du bois contribue au financement des mesures d'entretien et d'éclaircie, indispensables aux forêts.
- L'utilisation du bois consolide la chaîne de valorisation régionale tout en créant des emplois décentralisés.
- Le recours au bois évite les longs transports de matériaux de construction tout en améliorant le bilan énergétique.

5 Maisons efficaces sur le plan énergétique

5.1 Maisons neuves sans chauffage

On distingue différents standards de construction en matière de performance énergétique de bâtiments neufs. Ils répondent à des définitions plus ou moins strictes, sont en partie certifiés ou bénéficient d'un label enregistré. Voici une présentation des désignations les plus courantes.

5.1.1 La maison à faible consommation énergétique

Les maisons à faible consommation énergétique sont des bâtiments présentant un indice de dépense énergétique de 40-70 kWh/m²a (en comparaison : un bâtiment ancien en Allemagne ou en Autriche a des besoins énergétiques pour le chauffage entre 220 et 280 kWh/m²a). Pour atteindre ces valeurs, les maisons à faible consommation énergétique ont besoin d'une enveloppe bien isolée, de fenêtres de protection thermique et d'une aération contrôlée, qui peut fonctionner avec ou sans récupération de chaleur [Gütegemeinschaft Niedrigenergie-Häuser, 2002]. Dans une maison à faible consommation énergétique, un système de chauffage conventionnel (chaudière ou chauffage à distance avec distribution de la chaleur moyennant des radiateurs) reste cependant nécessaire. En Suède, le standard de faible consommation énergétique a été rendu obligatoire pour tous les bâtiments neufs au début des années 90 [Witzel und Seifried, 2004 ; Schmittknecht, 1998]. Le terme de "maison à faible consommation énergétique" n'est toutefois pas protégé par la loi. Il fait l'objet de définitions différentes selon les pays. En Suisse, par exemple, aucune installation d'aération n'est requise. En Allemagne, depuis 2002, la planification et l'exécution des travaux peuvent se faire conformément au label de qualité Niedrig-Energie-Bauweise RAL GZ 965 du Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung. Pour des informations plus détaillées, consultez : <http://www.quetezeichen-neh.de/> (de).

5.1.2 La maison passive

La maison passive est une étape logique dans le développement de la maison à faible consommation énergétique réalisé en Allemagne. On n'y a pas apporté d'inventions "révolutionnaires", mais cherché de nouvelles combinaisons pour les matériaux de construction et les techniques domestiques à disposition sous contrôle scientifique. La première "maison passive" avec des besoins énergétiques pour le chauffage de 15 kWh/m²a a été construite à Darmstadt au début des années 1990. Les trois éléments suivants y ont été combinés :

1. Excellente isolation thermique de toute l'enveloppe du bâtiment, y compris les fenêtres
2. Optimisation des gains d'énergie solaire passive par de grands vitrages au sud
3. Aération contrôlée avec récupération de chaleur

Une maison passive n'est pas chauffée par un chauffage, mais par l'utilisation "passive" de la chaleur du rayonnement solaire à travers les fenêtres et par la chaleur dégagée par les

appareils (appareils ménagers, ordinateurs, etc.) et les occupants. L'air ambiant est préchauffé par un système de récupération de chaleur, c'est-à-dire que la chaleur de l'air vicié, évacué hors des pièces, est transmise à l'air frais au moyen d'un échangeur de chaleur. Un système de chauffage "actif" conventionnel est donc superflu dans ces maisons dites "passives". La température à l'intérieur d'une maison passive reste également agréable en été car l'excellente isolation du bâtiment empêche la chaleur de pénétrer dans les pièces. Comme dans toutes les maisons, les fenêtres doivent en outre être ombragées par un balcon ou des stores [Krapmeier und Drössler, 2001].

Dans une maison passive, il faut aussi réduire au maximum les autres besoins en énergie, notamment l'électricité nécessaire aux appareils ménagers, etc., par le recours à des techniques efficaces. Le besoin total spécifique en énergie primaire par mètre carré de surface habitable et par année ne doit pas dépasser 120 kWh/m²a (pour le chauffage des pièces, la préparation d'eau chaude et la consommation d'électricité pour le ménage) dans une maison passive européenne. De ce fait, une maison passive consomme dans l'ensemble moins d'énergie que ce qu'utilisent en moyenne les bâtiments neufs en Europe rien que pour l'électricité ménagère et la préparation d'eau chaude.

Le terme de "maison passive" n'est pas protégé. Néanmoins, le Passivhaus-Institut à Darmstadt (D) a établi un système de certification (Passivhaus Projektierungspaket PHPP 2004) qui définit les standards de la maison passive et les contrôles à réaliser dans le cadre de l'exécution des travaux.

Tableau 15 : Eléments de construction et valeurs limites dans une maison passive

Isolation	valeur $U \leq 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$
Fenêtres	valeur $U \leq 0,80 \text{ W/m}^2\text{K}$ valeur $g \leq 0,50$
Etanchéité à l'air	valeur caractéristique pour l'essai de pression $n_{50} \leq 0,6 \text{ h}^{-1}$
Aspects généraux	• Exécution sans ponts thermiques
	• Système très performant de récupération de chaleur intégré à l'aération, à faible consommation d'électricité
	• Pertes de chaleur minimales lors de la préparation et de la distribution de l'eau chaude
	• Exploitation hautement performante du courant électrique ménager
Besoins énergétiques pour le chauffage	$\leq 15 \text{ kWh/m}^2\text{a}$
Charge de chauffage	$\leq 10 \text{ W/m}^2$
Indice énergétique pour l'énergie finale	$\leq 40 \text{ kWh/m}^2\text{a}$
Indice énergétique pour l'énergie primaire	$\leq 120 \text{ kWh/m}^2\text{a}$

5.1.3 La maison à absorption solaire directe

Parallèlement au développement de la maison passive, l'architecte suisse A. G. Rüedi a construit à Trin (CH), à 900 m d'altitude, deux maisons individuelles dont les besoins énergétiques pour le chauffage sont pratiquement nuls. Ces maisons sont "chauffées" exclusivement par leur façade sud, presque entièrement vitrée, et par les gains de chaleur interne. L'énergie solaire rayonnant dans les pièces est accumulée par le sol sombre, les parois de brique silico-calcaire et le plafond en bois, puis restituée à l'air ambiant. Comme la capacité d'accumulation de chaleur de la substance bâtie suffit à chauffer les pièces, on peut aussi renoncer à l'installation d'aération dont on a besoin dans les maisons passives. Il n'y a même pas de poêle à bois dans ces maisons. L'aération des pièces se fait de manière "conventionnelle", c'est-à-dire en ouvrant les fenêtres. En hiver (de novembre à février), une aération efficace et rapide est recommandée. En été, les grands vitrages peuvent être suffisamment ombragés, ce qui permet de conserver une température agréable à l'intérieur. La bonne atmosphère ambiante résulte également de l'utilisation de matériaux biologiques. Grâce à la construction ouverte à la diffusion, l'humidité de l'air est évacuée sans problèmes à travers les matériaux de construction.

Le principe de construction de la maison à absorption solaire directe a également fait ses preuves pour des bâtiments industriels et commerciaux (voir Chap. 7.1) et dans un immeuble d'habitation pour plusieurs familles.

5.1.4 La maison MINERGIE®

Contrairement aux termes "maison passive" et "maison à absorption solaire directe", la Suisse a introduit en 1998 le label MINERGIE®. Le principe repose sur les mêmes éléments que pour la maison passive, le but n'étant toutefois pas de renoncer à un système de chauffage conventionnel. Si une aération contrôlée est indispensable, les épaisseurs d'isolation et les exigences sur le plan de l'étanchéité à l'air sont cependant moindres que pour la maison passive allemande. Il est impératif de respecter un certain "indice de dépense énergétique pour la chaleur", variant selon le type de bâtiment (maison individuelle, bâtiment industriel et commercial, hôpital, etc.). Cet indice comprend non seulement la consommation spécifique d'énergie pour le chauffage des pièces, mais aussi la consommation d'énergie pour la préparation d'eau chaude et la commande électrique de l'installation d'aération. Les valeurs limites à respecter varient en fonction de l'énergie utilisée : pour un chauffage au bois, par exemple, la valeur s'élève à 70 kWh/m²a, pour un chauffage à mazout ou à gaz à 42 kWh/m²a et pour l'utilisation exclusive de courant électrique comme source d'énergie à 21 kWh/m²a.

Depuis 2003, le standard "maison passive" allemand a été établi sous la marque "MINERGIE®-P". L'"indice de dépense énergétique pour la chaleur" est de 30 kWh/m²a pour les bâtiments d'habitation. Alors que MINERGIE ne fait que recommander le recours à des formes d'énergie alternatives (ex. : énergie thermique solaire) et à des appareils ménagers efficaces, ces éléments sont obligatoires pour les maisons MINERGIE-P. Compte tenu des exigences plus élevées sur le plan de l'isolation thermique (similaires à celles du standard allemand de la maison passive), on peut renoncer ici à un système de chauffage conventionnel. Comme pour le standard de la maison passive, la charge de chauffage ne doit pas dépasser 10 W/m².

5.1.5 La maison énergie plus

Dans la maison énergie plus, les éléments de la maison passive sont encore combinés différemment et complétés par une installation photovoltaïque. Les besoins énergétiques pour le chauffage ne sont plus que de 6 à 12 kWh/m²a [Witzel und Seifried, 2004]. Ces faibles besoins en chaleur résiduelle sont couverts par un petit poêle ou un réseau de chauffage à distance. On aménage également une grande installation photovoltaïque orientée au sud et inclinée, qui fournit sur toute l'année nettement plus d'électricité que la maison n'en consomme. D'une manière générale, ces maisons produisent plus d'énergie sous forme de courant solaire qu'elles ne consomment d'énergie thermique, d'où leur nom de maisons énergie plus.

5.2 Préjugés à l'encontre de la construction efficiente sur le plan énergétique

Construire une maison sans chauffage sous nos latitudes suscite souvent le plus grand scepticisme de la part des maîtres d'ouvrage et des architectes. Mais l'absence de système de chauffage conventionnel n'est pas seule en cause...

5.2.1 « Dans ce genre de maisons, on ne peut jamais ouvrir les fenêtres ! »

L'être humain a besoin d'env. 30 m³ d'air frais à l'heure, cette valeur dépendant encore de son activité. Cependant, le critère de la qualité de l'air dans une pièce n'est pas sa teneur en oxygène, mais sa teneur en CO₂ et en substances polluantes ainsi que son humidité relative. La teneur en CO₂ donne une bonne indication de la qualité de l'air ambiant. La majeure partie des occupants juge la qualité de l'air ambiant bonne lorsque la concentration de CO₂ ne dépasse pas 0,1% [Krapmeier 2004]. Pour garantir une qualité de l'air suffisante, il faudrait ouvrir les fenêtres pendant 15 minutes toutes les trois heures en cas d'aération manuelle [Graf 2003].

Pour avoir "assez d'air pour respirer", un grand nombre de gens dorment avec la fenêtre ouverte. Comme la chambre à coucher n'est généralement pas chauffée, il y fait très froid. C'est la raison pour laquelle on croit souvent qu'il n'y a pas assez d'oxygène dans une chambre à coucher chaude. Avec un système d'aération contrôlée, on peut toutefois dormir tranquillement à 22°C avec un apport garanti d'air frais. Pour minimiser les pertes de chaleur causées par l'aération, l'apport d'air frais dans les maisons passives se fait par une installation d'aération contrôlée pendant la période de chauffage entre novembre et mars. Les fenêtres peuvent être ouvertes quand on le souhaite, mais en hiver on veillera à limiter les pertes de chaleur pour ne pas devoir les compenser par un chauffage d'appoint.

Dans les maisons à absorption solaire directe, l'aération nécessaire se fait en ouvrant les fenêtres. Pendant les périodes de beau temps, on peut garder sans problème les fenêtres ouvertes. Par mauvais temps, il faudrait aérer vite et à fond pour ne pas perdre trop de chaleur et obtenir suffisamment d'air frais. Les valeurs mesurées dans la maison à Trin/CH prouvent que la qualité de l'air pendant les deux hivers observés était toujours bonne et que les occupants étaient très satisfaits [Basler und Hofmann, 1996].

5.2.2 « Dans ces maisons, on voit apparaître des moisissures ! »

Les champignons responsables de la moisissure peuvent apparaître presque partout où ils trouvent suffisamment de substances nutritives et de bonnes conditions de température. Mais le facteur décisif pour l'apparition de moisissure est l'humidité : ce n'est qu'à partir d'une humidité de l'air supérieure à 75% que les spores de moisissure trouvent des conditions favorables à leur développement. Dans les maisons mal isolées, l'air chaud à l'intérieur peut se déposer contre les murs extérieurs, plus froids (formation d'eau de condensation), occasionnant ainsi des moisissures. Par contre, la construction d'une maison passive rend l'apparition de moisissures pratiquement impossible. Du fait de la répartition équilibrée des températures dans les éléments de construction (grâce à une excellente isolation thermique et à la suppression des ponts thermiques), l'humidité de l'air ne peut se déposer nulle part. La construction ouverte à la diffusion des maisons à absorption solaire directe permet à la vapeur d'eau de passer librement à travers l'élément de construction et l'empêche de se déposer.

5.2.3 « Ca coûte beaucoup trop cher ! »

Comme on peut renoncer à un système de chauffage conventionnel dans une maison efficiente sur le plan énergétique, cela permet d'investir dans une installation d'aération hautement performante, dans de meilleures fenêtres et dans une isolation thermique optimale. Grâce aux derniers progrès dans le domaine des techniques domestiques, à la demande croissante et à la spécialisation des entreprises, une maison passive implique actuellement des frais d'investissement de 4 à 5% plus élevés en moyenne, voire 10% au maximum, selon l'exécution des travaux [Krapmeier, 2004 ; Spescha, 2002]. Avec les maisons à absorption solaire directe, on fait même l'économie d'une installation d'aération.

Quand on construit une maison ou un bâtiment commercial, il faudrait considérer non seulement les frais d'investissement mais aussi les frais d'exploitation ultérieurs. Les "frais de chauffage" pour une maison passive de 120 m² sont de € 80,- par année, contre environ € 1.125,- par année en moyenne pour un bâtiment ancien conventionnel. Si l'on intègre dans les calculs les frais d'énergie capitalisés (investissements, y compris planification et installations de technique domestique, plus les frais d'exploitation sur 30 ans), on peut déjà construire des maisons passives aujourd'hui dont le coût, lorsqu'on considère tout leur cycle de vie, ne dépasse pas celui d'un bâtiment neuf conventionnel [Feist]. Par ailleurs, on peut s'attendre à ce que les frais de chauffage augmenteront de 3 à 5% par année, ce qui va rendre la maison efficiente sur le plan énergétique toujours plus attractive.

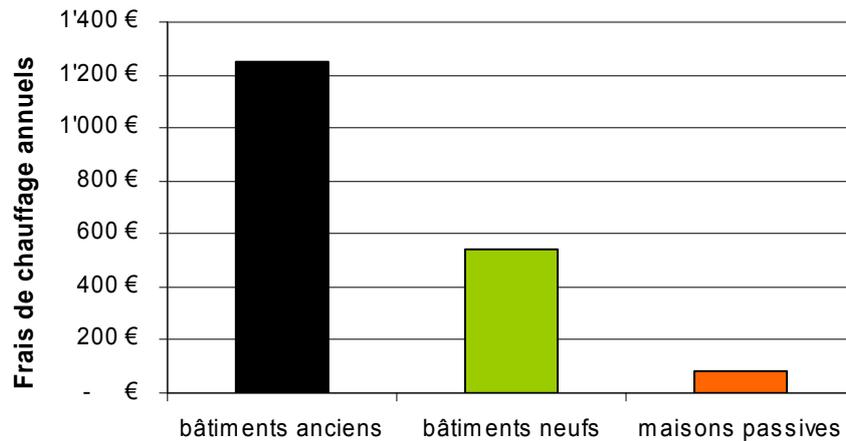


Figure 13 : Frais de chauffage annuels pour une maison individuelle de 120 m² avec différents standards de construction [sur la base d'un prix de mazout de 0,45 € / litre (situation 08/2004)]

5.2.4 « Ces constructions sont réservées aux endroits exposés au sud ! »

La fameuse phrase de Diogène – "Ne me fais pas d'ombre !" - constitue un des piliers d'une maison efficace sur le plan énergétique. Toutefois, des maisons passives ont aujourd'hui été réalisées aux endroits les plus divers. Elles prouvent qu'en effet, un écart par rapport à l'orientation idéale au sud peut être compensé par d'autres facteurs. On peut contrebalancer sans problème par une meilleure isolation thermique des écarts pouvant atteindre 30° en direction de l'ouest ou de l'est [Feist].

Dans le cadre du projet CEPHEUS, on a notamment construit des maisons d'habitation présentant une orientation est-ouest. Grâce à une construction compacte, les besoins énergétiques pour le chauffage ne dépassent toutefois pas 15 kWh/m²a. Les vitrages au sud de l'immeuble d'habitation "Piazza-Casa" à Bilten (CH), constitué de maisons passives, sont partiellement ombragés par les montagnes environnantes. Ces bâtiments sont néanmoins conformes au standard de la maison passive grâce à une optimisation de l'isolation [Spescha, 2002].

5.3 Une nouvelle technique dans des maisons existantes

Les mesures pour améliorer la performance énergétique ne se limitent pas seulement à la construction de bâtiments neufs, mais peuvent et doivent être utilisées dans l'assainissement de bâtiments existants. Presque 80% de l'effectif total des bâtiments en Autriche présentent des besoins énergétiques pour le chauffage qui se situent autour de 150 à 200 kWh/m²a [Guschlbauer-Hronek, Grabler-Bauer et al. 2004]. Ces bâtiments ne sont souvent pas si vieux que ça, car des mesures d'isolation thermique plus efficaces ne sont appliquées que depuis environ dix ans dans la construction de maisons neuves. Contrairement aux bâtiments neufs, pour lesquels certains pays ont déjà adopté des dispositions obligatoires relatives aux besoins énergétiques pour le chauffage, les bâtiments anciens sont toujours largement exclus des mesures législatives d'économie d'énergie, et cela bien qu'ils représentent la plus grande partie de l'effectif de bâtiments. Même pas un pour cent de

l'effectif de bâtiments n'est construit annuellement dans l'espace alpin. Cela signifie que les trois quarts des bâtiments utilisés en 2020 existent déjà aujourd'hui. La majeure part des économies d'énergie réalisables dans le domaine "Construction et logements" passe donc par un assainissement rigoureux du patrimoine bâti existant [Guschlbauer-Hronek, Grabler-Bauer et al. 2004].

Du fait que le cycle d'assainissement pour les bâtiments anciens s'élève à plus de trente ans, il est particulièrement important d'utiliser dès aujourd'hui dans ce contexte des techniques, des systèmes et des éléments qui offrent les meilleurs effets d'économie d'énergie pour l'avenir. Jusqu'ici, les modernisations ne travaillent qu'avec un standard minimum, ou alors on ne remplace que des éléments individuels (installation de chauffage ou fenêtres), ce qui ne permet pas de réduire massivement la consommation d'énergie. Un assainissement de qualité et efficient sur le plan énergétique tient compte des expériences faites dans la construction de maisons passives et cherche des solutions pour le bâtiment tout entier. Même s'il n'est pas possible d'utiliser tous les produits pour maisons passives dans tous les bâtiments existants, on peut tout de même avoir recours à de nombreux éléments dans l'assainissement. Dans ce contexte, la réalisation cohérente du standard "maison passive" de 15 kWh/m²a n'est pas l'objectif prioritaire. Mais par une modernisation complète avec le recours à des éléments de la maison passive, on peut atteindre des valeurs entre 25 et 35 kWh/m²a, ce qui correspond à des économies d'énergie de 80 à 90% [Feist, 2003].

Avantages de la construction et de l'assainissement efficients sur le plan énergétique

- Intéressant sur le plan économique, car frais de chauffage minimes et frais de construction et/ou d'assainissement seulement un peu plus élevés
- Qualité d'habitation et confort plus élevés grâce à des températures intérieures équilibrées
- Meilleure qualité de l'air ambiant grâce à une installation d'aération contrôlée et à l'utilisation de matériaux de construction biologiques
- Moins de dégâts dus à l'humidité grâce à une construction plus soignée et en évitant très largement les ponts thermiques. Conservation à long terme de la valeur des immeubles
- Réalisable avec des matériaux éprouvés et des principes de construction connus
- Espaces intérieurs plus généreux grâce à la disparition des installations de chauffage
- Permet de ménager les ressources
- Réduction des émissions de CO₂, car moins d'énergie de chauffage
- Peut s'appliquer à la construction de presque tous les types de bâtiments neufs

6 Construction et assainissement

6.1 La construction de bâtiments neufs efficaces sur le plan énergétique

Le fonctionnement d'un bâtiment neuf efficace sur le plan énergétique repose sur deux principes :

1. la réduction des déperditions de chaleur
2. l'optimisation des gains solaires

Dans le climat en Europe centrale, l'élément déterminant est la réduction des déperditions [Lang 2002]. Sans réduction importante des déperditions de chaleur, les gains solaires ne servent à rien parce qu'ils disparaissent rapidement. On distingue deux types de déperdition de chaleur : **les pertes de transmission**, c'est-à-dire les pertes de chaleur entraînées par le passage de la chaleur à travers des éléments de construction et les **pertes d'aération**, lorsque de la chaleur se perd par l'ouverture de fenêtres ou par la présence de fenêtres non étanches ("aération à travers les joints"). Autre aspect important : stocker dans la maison la chaleur acquise. Cela peut se faire par des matériaux de construction naturels ayant une capacité élevée d'accumulation de la chaleur et représentant une masse suffisante à l'intérieur du bâtiment. Ces matériaux accumulent la chaleur qui pénètre dans la maison par les fenêtres et la transmettent de manière constante à l'air ambiant.

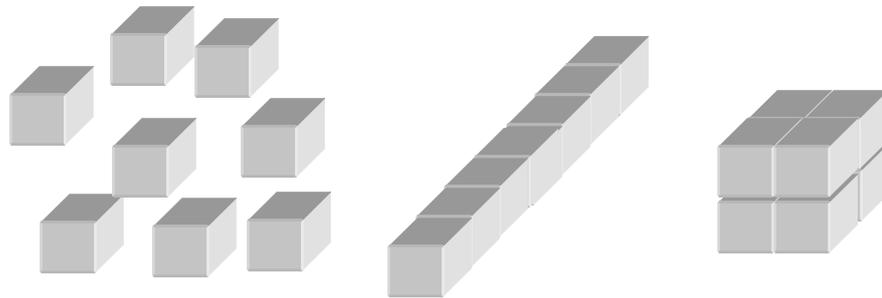
6.1.1 Forme du bâtiment et plan

La détermination de la forme et du plan d'un bâtiment pose déjà les bases de sa future consommation d'énergie. Le rapport entre la surface extérieure A et le volume V du bâtiment compris dans cette surface (rapport A/V) constitue une donnée théorique importante pour influencer et réduire les pertes de chaleur d'un bâtiment (Tableau 16). Chaque avancée ou retrait d'un bâtiment ou chaque encorbellement produisent une surface supplémentaire dégageant de la chaleur [Pregizer 2002]. Si l'on ordonne par exemple 120 m² de surface habitable en forme de U, il faudra plus de surfaces extérieures pour la même surface habitable qu'avec un bâtiment compact. En ne donnant pas à une maison passive la forme d'un immeuble compact (rapport $A/V \sim 0,25$) mais celle d'un bungalow moins compact ($A/V \sim 1,0$), on multiplie par quatre ses besoins énergétiques pour le chauffage²⁰ [Feist 1999].

De plus, un bâtiment compact est moins cher à réaliser et il nécessite moins de place. Le défi pour l'architecte consiste à imaginer un bâtiment qui soit optimal sur le plan énergétique et intéressant sur le plan visuel [Pregizer 2002].

²⁰ Pour les maisons passives, les déperditions de chaleur dues à l'aération sont minimales grâce à l'installation d'aération hautement performante et à l'étanchéité à l'air de l'enveloppe du bâtiment. Elles n'ont plus qu'un taux d'env. 10 à 15% de la totalité des pertes de chaleur. Moins la construction d'un bâtiment est compacte, et plus les pertes de transmission jouent un rôle important.

Tableau 13 : Influence de la taille et des proportions d'une maison sur le rapport entre surface extérieure et volume (rapport A/V) [selon Humm, 2000]



	Maison isolée		Maison jumelée		Construction compacte	
	1'000	10'000	1'000	10'000	1'000	10'000
Volume V [m ³]	1'000	10'000	1'000	10'000	1'000	10'000
Surface extérieure A [m ²]	1'200	5'570	850	3'945	600	2'785
A/V [m ² /m ³]	1,2	0,56	0,85	0,39	0,6	0,28

Concept pour le plan du bâtiment

Pour optimiser les gains solaires, le côté sud doit être suffisamment grand et le côté nord le plus petit possible. Il faudrait prévoir de grandes surfaces de fenêtres au sud. Des vitrages surdimensionnés ne sont toutefois pas recommandés car, à partir d'un certain nombre de mètres carrés, les pertes de chaleur dues à la transmission à travers le vitrage sont plus importantes que les gains solaires. Tandis que les salons, bureaux et chambres des enfants devraient être orientés au sud pour atteindre des températures de 20°C, les dépôts, les débarras et les escaliers, ainsi que le tambour d'entrée, où l'on peut se contenter de températures de 14 - 16°C, peuvent être situés au nord du bâtiment.

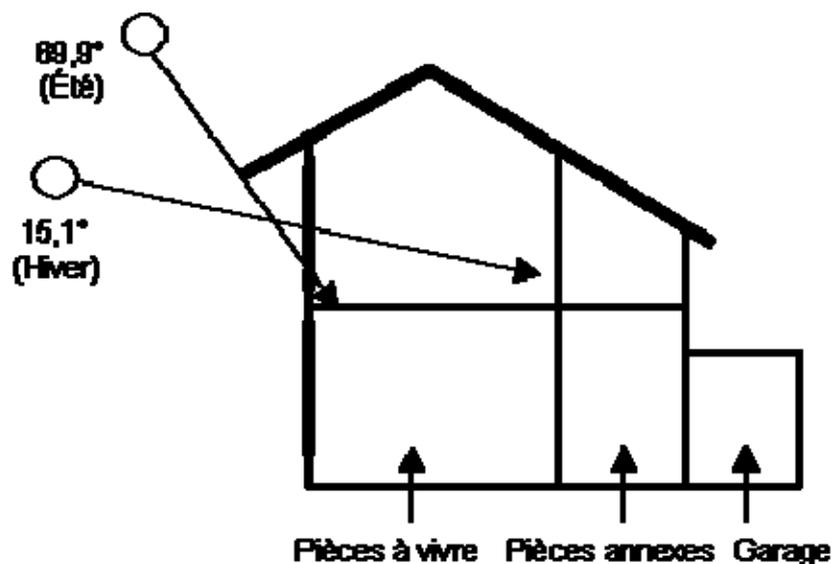


Figure 14 : Exemple d'un bâtiment à planification favorable sur le plan énergétique [selon Pregizer, 2002]

6.1.2 Enveloppe du bâtiment

Pour réduire au maximum les déperditions de chaleur dues à la transmission, il est nécessaire de très bien isoler l'enveloppe du bâtiment. Pour ce faire, tous les éléments de construction non transparents comme la structure portante des parois, du toit et du sol doivent présenter une valeur U d'au moins $0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$. On atteint la protection thermique nécessaire par l'aménagement d'une isolation thermique. Les épaisseurs d'isolation varient entre 25 et 40 cm, en fonction du matériau de construction utilisé.

Réduire au maximum les ponts thermiques est une autre condition importante pour éviter dans la mesure du possible les pertes de chaleur. La couche d'isolation ne doit jamais être interrompue. Il convient de réduire au strict minimum les éléments traversants inévitables, par exemple des fixations nécessaires, et d'utiliser dans la mesure du possible des matériaux ayant de mauvaises propriétés de conduction [Graf 2003]. Il est aussi nécessaire d'éviter les ponts thermiques pour prévenir l'apparition d'eau de condensation et de moisissures. Les conditions pour une construction sans ponts thermiques sont fixées lors de la planification. Il est beaucoup plus coûteux d'éliminer les ponts thermiques plus tard.

6.1.3 Etanchéité à l'air

Pour le bon fonctionnement d'une maison efficiente sur le plan énergétique, il est important que l'enveloppe du bâtiment soit imperméable à l'air. Les pertes de chaleur dues à un manque d'étanchéité ne peuvent être compensées par le chauffage comme dans les maisons conventionnelles. Il faut donc élaborer au cours de la planification un concept d'étanchéité à l'air qui prenne en compte toute l'enveloppe du bâtiment, y compris l'ensemble des joints et des éléments traversants [Pregizer 2002]. Comme chaque raccord et chaque prise électrique interrompent l'étanchéité, il est recommandé de prévoir un plan intérieur d'installation pour disposer tous les câbles et les conduites au même endroit.

La qualité d'exécution de la couche d'étanchéité à l'air peut être contrôlée au moyen du procédé Blower-Door. Un appareil de mesure, composé d'un ventilateur et d'un appareil de mesure de la pression, est installé dans une porte ou une fenêtre extérieure. Une sous-pression de 50 pascals par rapport à l'air extérieur est produite dans le bâtiment et l'air extérieur affluant à travers les fentes et les joints est mesuré. Si, par exemple, il passe 400 m^3 en une heure dans une maison présentant un volume d'air de 400 m^3 avec une sous-pression de 50 pascals, le taux de renouvellement d'air n_{50} est de 1 h^{-1} ; s'il ne passe que 200 m^3 , le taux de renouvellement d'air n_{50} est de $0,5 \text{ h}^{-1}$. Dans les maisons passives, n_{50} devrait être inférieur à $0,6 \text{ h}^{-1}$.

6.1.4 Fenêtres

Avec une isolation thermique très bonne de l'enveloppe du bâtiment, les fenêtres sont l'élément essentiel d'une maison efficiente sur le plan énergétique. Elles doivent laisser pénétrer le plus possible d'énergie solaire dans le bâtiment (valeur g élevée) tout en réduisant les pertes lorsque le soleil se fait rare ou pendant la nuit (faible valeur U). Lorsqu'on choisit la taille et le nombre des fenêtres, on doit donc peser les intérêts contradictoires des gains solaires et des déperditions de chaleur.

Les triples vitrages d'isolation thermique actuels atteignent des valeurs U allant de 0,5 à 0,8 W/m²K. Pour obtenir une fenêtre digne d'une maison passive, il faut aussi veiller à avoir un cadre bien isolé, car celui-ci peut aussi constituer un pont thermique. Les cadres pour maisons passives sont généralement faits d'une combinaison plastique-bois ou bois-alu. Les espaces creux des profils des cadres sont comblés avec de la mousse et munis d'une couche d'isolation ininterrompue. Plus le cadre est étroit, plus les gains thermiques sont élevés. La façon dont le cadre est posé joue aussi un rôle important : le mieux est qu'il ne soit pas installé directement sur la maçonnerie, mais qu'il soit encastré dans l'isolation.

Comme on peut voir dans la Figure 14, l'angle d'incidence des rayons de soleil est plat en hiver (hauteur du soleil : 15-20° au-dessus de l'horizon), ce qui leur permet de pénétrer à l'intérieur des pièces. Un angle d'incidence plus pentu permet d'éviter une surchauffe des pièces en été (hauteur du soleil : env. 70° au-dessus de l'horizon), tout comme un toit en avancée ou un ombragement des fenêtres par des stores extérieurs.

6.1.5 Installations d'aération avec échangeur de chaleur

Dans les maisons efficaces sur le plan énergétique, il s'agit d'une part de réduire les déperditions de chaleur, d'autre part d'aérer suffisamment. Dans les maisons passives, des installations d'aération contrôlée assurent l'apport d'air frais. En même temps, elles permettent pratiquement de remplacer le chauffage car elles disposent d'un système très performant de récupération de chaleur. Une quantité constante d'air extérieur est aspirée à travers un filtre (les allergiques peuvent notamment faire installer des filtres spéciaux à pollens) et amenée à un échangeur de chaleur. Simultanément, l'air vicié est aspiré dans les salles de bain et la cuisine et amené à l'échangeur de chaleur. La chaleur contenue dans l'air vicié est ainsi transmise à l'air frais. Un exemple : lorsque la température extérieure atteint 0°C et que l'air évacué fait 20°C, l'air frais sera réchauffé à 18°C dans l'échangeur de chaleur [Graf 2003]. Comme ces deux flux d'air sont entièrement séparés l'un de l'autre, il n'y a pas de mélange possible. L'air extérieur réchauffé et filtré est amené aux parties jour et nuit.

Pour économiser encore plus d'énergie, on peut faire passer l'air frais dans un **échangeur de chaleur géothermique** avant son entrée dans le bâtiment. L'air frais aspiré est alors conduit dans des tuyaux de 20 à 50 m de long, posés à côté et sous la maison, à environ un mètre de profondeur, afin de les protéger du gel [Graf 2003]. Comme la température du sol est relativement constante à cette profondeur et atteint généralement 4-8°C, l'air extérieur est réchauffé à plus de 0°C. Inversement, un échangeur de chaleur géothermique permet de refroidir l'air extérieur chaud en été. Toutefois, si l'on veut utiliser ce système en été, il faudrait poser les tuyaux en pente pour évacuer l'eau de condensation qui se forme. Il convient de se demander dans quelle mesure une exploitation estivale est intéressante (l'installation d'aération consomme aussi de l'électricité).

Les maisons à absorption solaire directe n'ont pas d'installations d'aération, ce qui a une incidence positive sur les frais d'investissement, sur l'énergie grise d'un bâtiment et sur sa consommation d'électricité.

6.1.6 Chauffage résiduel et préparation d'eau chaude

Dans une maison passive, la charge de chauffage est de 10 W/m² maximum par mauvais temps. On a donc besoin de 300 watts pour un salon de 30 m², ce qui correspond à la puissance de chauffage de 10 bougies pour chauffe-plats [Krapmeier 2004]. Ces faibles besoins en chaleur résiduelle peuvent être couverts par un chauffage supplémentaire de l'air amené. Mais celui-ci n'est nécessaire que durant les jours où la couverture nuageuse est prolongée. Au plus froid de l'hiver, le ciel est généralement clair et sans nuages. Ces jours-là, les apports solaires suffisent donc pour maintenir une température agréable dans les pièces. C'est pour cette raison que les maisons passives construites en montagne nécessitent moins de chauffage d'appoint que celles qui ont été construites dans des fonds de vallée, des dépressions et des grandes villes, où un temps gris et brumeux diminue les gains solaires [Graf 2003].

Lors du choix du système de chauffage complémentaire, il faudrait veiller à ce qu'il permette aussi de réchauffer l'eau sanitaire. Il convient de privilégier le bois par rapport à d'autres énergies, en raison de son rôle important pour la protection du climat, de son caractère renouvelable, de sa disponibilité et de son potentiel élevé pour la création de valeur régionale.

Une autre possibilité consiste à réchauffer l'eau sanitaire au moyen de capteurs solaires. Une installation solaire optimale sur le plan écologique et économique, destinée à un ménage de quatre personnes avec une consommation moyenne d'eau chaude, se compose de 6 à 8 m² de capteurs et d'un réservoir de 500 à 700 litres. 70% des besoins annuels en eau chaude peuvent ainsi être couverts avec de l'énergie solaire. [Burtscher, Gmeiner und Schlader 2003].

6.1.7 Choix de matériaux de construction biologique

Lorsqu'on entreprend la construction d'un bâtiment neuf, il faudrait veiller non seulement à ce que les matériaux et le mode de construction soient les plus écologiques et les plus économes d'énergie possibles mais aussi aux incidences des matériaux sur la santé²¹.

Des matériaux de construction minéraux lourds comme les pierres naturelles, les briques, les tuiles ou les briques silico-calcaires ont par exemple un effet équilibrant sur la température ambiante. Ils accumulent la chaleur en hiver pour la rediffuser et maintiennent une fraîcheur agréable à l'intérieur en été. Les matériaux composés de bois, de laine, de torchis ou de plâtre peuvent aussi absorber l'excédent d'humidité d'une pièce, l'emmagasiner provisoirement pour la restituer sans danger. Cet effet tampon est important pour un climat ambiant équilibré.

Les matériaux de construction naturels se caractérisent aussi par une teneur particulièrement faible en substances toxiques, présentes dans d'autres matériaux essentiellement au travers de produits de conservation ou de produits chimiques. Les matériaux naturels sont généralement perçus positivement par les occupants, agréables au toucher, beaux à regarder et sentent bon, ce qui contribue dans une large mesure au confort et au bien-être, qu'il s'agisse d'un logement ou d'un lieu de travail.

²¹ La "biologie de la construction" s'occupe de l'effet global des espaces construits sur l'homme. L'"écologie de la construction" étudie les aspects écologiques de la production, de l'utilisation et de l'élimination des matériaux.

natureplus® - Matériaux de construction écologiques et favorables à la santé

Un label de qualité pour matériaux de construction qui se distinguent par une compatibilité élevée avec l'environnement et la santé existe depuis peu en Allemagne, en Autriche, en Italie, en Suisse et dans les pays Benelux. Des instituts de certification indépendants évaluent les matériaux de construction en matière de leur caractère renouvelable, de l'énergie nécessaire pour leur fabrication et des émissions produites pendant la phase de fabrication et d'utilisation. Dans les matériaux de construction natureplus® il est interdit d'utiliser des substances nuisibles à l'environnement et à la santé. Jusqu'ici, environ 80 produits de construction ont obtenu le label (situation en juin 2004). Dans un futur proche, on verra aussi arriver sur le marché des peintures et des panneaux pour la construction à sec. Pour des informations plus détaillées, consultez : [http://www.natureplus2.org/web/main/\(de/en\)](http://www.natureplus2.org/web/main/(de/en))

6.2 L'assainissement efficient sur le plan énergétique

Il vaut largement la peine de bien planifier l'assainissement énergétique d'un bâtiment ancien. Tant le propriétaire que le locataire ont tout à y gagner. Les investissements nécessaires sont rapidement amortis par les économies de frais de chauffage. L'assainissement accroît considérablement la durée d'utilisation et la valeur de l'immeuble. Les résidents ou les usagers se sentent toujours mieux dans un bâtiment bien isolé que dans une cahute pleine de courants d'air.

L'assainissement d'un immeuble de cinquante appartements en location, construit il y a trente ans à Weimar (D), a permis par exemple de réaliser des économies d'énergie supérieures à 60% (Tableau 17). Face à ce résultat, les frais supplémentaires causés par les mesures énergétiques ne s'élevaient qu'à environ 15% du coût total. Rien que par les économies d'énergie annuelles de 17.000.- euros, les dépenses pour l'amélioration de l'isolation thermique peuvent être amorties en quinze ans [Reiss]. Viennent s'ajouter l'augmentation de la valeur de l'immeuble, ainsi que la satisfaction élevée des occupants qui affirment qu'ils ressentent une amélioration nette du confort grâce à la meilleure isolation des parois et des fenêtres. Un "effet secondaire" supplémentaire est constitué par la réduction des émissions de CO₂ de 95 tonnes.

Tableau 17 : Indices d'un assainissement sur le plan énergétique d'un immeuble d'habitation en construction en îlot à Weimar (D) [selon Reiss]

	avant l'assainissement	après l'assainissement	économies par année
Indice de dépense énergétique [kWh/m ² a]	215	80	63%
Consommation de mazout [l/a]	60'000	22'000	95 tonnes de CO ₂
Frais de chauffage ¹ [€/a]	27'000	10'000	17'000

¹ prix du mazout 0.45 €/litre (situation 08/2004)

"Das Plus für Arbeit und Umwelt" – Une initiative réalisée en Allemagne

L'organisation de protection de l'environnement Greenpeace et le syndicat industriel Bauen-Agrar-Umwelt (IG Bau) décernent un label de qualité aux entreprises de construction de logements qui respectent des standards écologiques minima dans l'assainissement de leurs bâtiments existants. L'initiative s'adresse directement aux entreprises de construction de logements qui gèrent environ 6,2 millions d'appartements en Allemagne – un tiers de tous les appartements en location – et qui sont responsables des rénovations dans leurs immeubles. Le label "Plus für Arbeit und Umwelt" est attribué à des bâtiments qui, après leur assainissement, atteignent des besoins énergétiques pour le chauffage inférieurs à 100 kWh/m²a. En plus, l'utilisation de matériaux isolants qui contiennent des additifs difficiles à éliminer, de matériaux contenant des CFC ou du PVC est interdite. Il est également obligatoire d'utiliser du bois FSC ou indigène. Pour des informations plus détaillées, consultez : http://archiv.greenpeace.de/GP_DOK_3P/BAU/SEITEN/BAUPRO.HTM (de)

6.2.1 Une bonne planification, la clef du succès...

Lorsqu'on modernise des immeubles existants, il faut tenir compte de nombreux aspects. Il convient d'entreprendre les réparations nécessaires, d'adapter le bâtiment à de nouveaux usages et de lui apporter des améliorations techniques. Il faut donc concilier un grand nombre d'aspects et tenir compte de leurs incidences. Il s'agit souvent de résoudre une foule de petits problèmes et d'examiner les relations que peuvent avoir entre elles les différentes mesures prévues, ce qui n'est pas toujours une tâche aisée. Des assainissements inappropriés ou incomplets réalisés par le passé ont fréquemment provoqué des dommages aux bâtiments et jeté le discrédit sur les mesures d'économie d'énergie dans les bâtiments anciens. L'installation de nouvelles fenêtres, bien étanches, dans un bâtiment ancien entraîne, par exemple, une réduction des échanges d'air. Lorsque l'aération est insuffisante, l'humidité de l'air augmente de plus de 80% aux environs des ponts thermiques (intradors des fenêtres, joints des plafonds, etc.), dans les angles des murs extérieurs et derrière les armoires [Feist, 2003]. L'apparition de moisissure entraîne non seulement des dommages pour la substance du bâtiment ; elle porte aussi atteinte à la santé des occupants. On a donc tout intérêt à établir un concept général avant tout assainissement afin d'harmoniser les différentes mesures et de les soumettre à une analyse coût-bénéfice. En procédant par étapes, on planifiera les mesures de façon à ne pas compromettre d'éventuels travaux de rénovation futurs.

6.2.2 Identifier les points faibles

La première étape consiste toujours à établir l'indice de dépense énergétique d'une maison. Lorsqu'il est supérieur à 80 kWh/m²a, il convient d'en rechercher les causes et d'identifier les points faibles du bâtiment.

L'importance de la consommation d'énergie pour le chauffage dépend largement des déperditions de chaleur du bâtiment dues à la transmission (murs extérieurs, toit, sol, cave, fenêtres et ponts thermiques). On peut identifier précisément les points faibles énergétiques, et notamment les ponts thermiques, à l'aide de relevés thermographiques. Les valeurs U pour les murs et la construction du toit, ainsi que pour les fenêtres peuvent être établies par un spécialiste. Un bilan énergétique pour tout le bâtiment est finalement tiré à l'aide de programmes de calcul pour quantifier la part de chaque élément de construction à la perte de chaleur. On peut ainsi prendre des mesures ciblées pour réduire les déperditions de chaleur.

6.2.3 Mesures d'assainissement spécifiques à certains éléments de construction

Caves et murs appuyés contre une colline

Comme la température du sol est toujours plus élevée que la température extérieure de l'air durant la saison de chauffage, un élément de construction touchant à la terre perd généralement moins de chaleur qu'un mur extérieur situé au-dessus du sol. Néanmoins, le fait que des murs peu ou pas isolés touchent à la terre entraîne des dégâts d'humidité ou l'apparition de moisissure. Lorsqu'un assèchement est de toute façon nécessaire, on recommandera en tous les cas une isolation depuis l'extérieur. L'aménagement d'une isolation intérieure est beaucoup moins coûteux, mais moins efficace car il ne permet pas de réduire les ponts thermiques causés par les joints des parois, des sols ou des plafonds [Burtscher, Gmeiner und Schlader 2003].

Enveloppe du bâtiment

D'une manière générale, on ne peut obtenir un assainissement répondant au standard de la maison passive qu'en pratiquant une isolation extérieure des murs. En effet, certains ponts thermiques, comme des extrémités de dalles mal isolées, peuvent être recouverts sans interruption par une isolation thermique posée depuis l'extérieur alors que ce n'est pas possible avec une isolation intérieure. Autre inconvénient de l'isolation intérieure : elle réduit toujours la surface d'habitation. Une isolation thermique de 25 cm implique par exemple une réduction d'env. 10 m² de la surface habitable [Pregizer, 2002]. Lorsqu'une isolation extérieure n'est pas envisageable pour des questions de protection du patrimoine ou de bornes de terrain (dans le cas d'une maison construite très près des bornes d'un terrain, l'ajout d'une isolation extérieure pourrait entraîner un dépassement de la distance réglementaire), une isolation intérieure permet quand même de réduire à 60 kWh/m²a les besoins énergétiques pour le chauffage [Feist, 2003].

Toit

Comme l'air chaud monte, les plafonds ou les greniers mal isolés sont la cause principale des pertes de chaleur d'un bâtiment. Quand on entreprend la remise en état d'un toit sur le plan thermique, la méthode la plus simple consiste à poser une isolation thermique entre les chevrons existants et à utiliser pour ce faire tout le profil des chevrons. Comme les chevrons constituent eux-mêmes un pont thermique en raison de leur conductibilité thermique plus élevée, ils devraient aussi être isolés. Lorsque la hauteur des chevrons est peu importante, on peut aussi poser une deuxième couche d'isolation sous ceux-ci. Cette solution a l'avantage de permettre une isolation sans ponts thermiques, mais elle implique une perte de place.

Dans les bâtiments avec des greniers froids, le dernier plafond termine l'enveloppe isolante du bâtiment vers le haut. On peut isoler le plafond du côté froid du grenier. On décidera alors s'il faut une isolation sur laquelle on puisse marcher pour pouvoir utiliser le grenier comme débarras.

Sol

En hiver, la température de la cave est en principe de 10 à 15°C inférieure à celle des pièces d'habitation. La cave prélève donc de la chaleur aux pièces chauffées. Isoler du côté supérieur de la dalle de la cave n'entre en question que si un assainissement complet du sol est entrepris. Ne pas oublier que ces travaux entraînent une modification de la hauteur des pièces dont il faut tenir compte, notamment pour les portes et les escaliers. En général, on pose l'isolation sous la dalle de la cave. Excepté une réduction de la hauteur de la pièce, cette solution ne présente pas d'inconvénients majeurs. Toutefois, avec cette variante, les

murs extérieurs de la cave constituent un pont thermique qui ne peut être réduit que par une isolation du mur extérieur.

Fenêtres

Les fenêtres devraient présenter une valeur U de 0,7 à 0,8 W/m²K et, si possible, ne pas être divisées en petits carreaux par de véritables barreaux, car cela réduit leur effet isolant. Il faudrait toujours examiner la possibilité d'agrandir la surface des fenêtres au sud pour accroître les gains thermiques. La pose devrait se faire de façon que le cadre de la fenêtre soit encastré dans l'isolation. Une isolation des cadres de fenêtres réduit les pertes de chaleur entre le cadre et le mur.

6.2.4 Mesures d'assainissement de la technique domestique

Chauffage

Dès qu'une chaudière atteint 15 à 20 ans, on peut envisager de la remplacer. Dans la mesure du possible, il faudrait alors installer un chauffage au bois. Dans la plupart des cas, il est facile de remplacer un vieux chauffage à mazout par un chauffage à granulés (tenir compte du diamètre de la cheminée). La technique des chaudières à bûches a aussi fait d'énormes progrès au cours des dix dernières années. Une nouvelle chaudière permet d'économiser jusqu'à 40% d'énergie et émet jusqu'à 90% de polluants en moins [Burtscher, Gmeiner und Schlader 2003].

Les chaudières combinées, qui peuvent fonctionner avec différentes sources d'énergie, ne sont pas une solution intéressante : aucune des énergies concernées n'est exploitée de manière efficace et écologique. En règle générale, les vieilles chaudières sont surdimensionnées, ce qui réduit leur rendement et la durée de vie [Burtscher, Gmeiner und Schlader 2003]. Comme les mesures d'assainissement du bâtiment permettent de réduire nettement les besoins en chaleur, la nouvelle chaudière devra être précisément adaptée à ces nouveaux besoins.

Préparation d'eau chaude

Si l'on assainit de toute façon les installations de chauffage, il faudrait combiner la chaudière avec un réservoir d'eau chaude qu'elle pourrait alimenter. La solution idéale consiste à faire chauffer le réservoir d'eau par une installation solaire en été et durant l'entre-saison et par la chaudière en hiver seulement. La préparation d'eau chaude au moyen de capteurs solaires est une technique éprouvée. On peut installer les capteurs aux endroits les plus divers. Les écarts par rapport à une orientation idéale au sud et à un angle d'inclinaison optimal de 40 degrés n'ont pas une influence aussi décisive sur le rendement annuel que ce qui est communément supposé. Un écart de 10% par rapport à l'angle d'inclinaison idéal implique une réduction du rendement de 3 à 4% seulement. Même une orientation à l'ouest ou à l'est ne réduit le rendement annuel des capteurs solaires que de 20 à 25% [Burtscher, Gmeiner und Schlader 2003].

S'il n'est pas possible d'aménager une installation solaire thermique, on peut chauffer l'eau à l'électricité en été. Le mieux est d'utiliser une pompe à chaleur pour ce faire. Un réservoir d'eau chaude bien isolé ne perd que 1 à 2°C par jour. Il ne faut donc le chauffer que deux fois par jour au maximum. On a intérêt à relier aussi le lave-linge et le lave-vaisselle au réservoir car cela permet de réduire les frais d'énergie et les dépôts calcaires.

Pour les travaux d'assainissement également, il convient de privilégier les matériaux de construction régionaux à base de matières premières renouvelables contre les matériaux

moins favorables sur le plan de l'énergie grise. Lors du renouvellement du système de chauffage, il faudrait avoir recours à des combustibles renouvelables.

Installation d'aération

Après avoir remplacé les fenêtres et aménagé une enveloppe du bâtiment bien isolée et étanche, il faut aérer plus souvent pour évacuer l'humidité. Comme cela requiert un changement des habitudes des occupants, il est souvent indispensable d'aménager une installation d'aération. Une installation d'aération avec récupération de chaleur permet de réduire encore davantage les besoins énergétiques pour le chauffage. Sur les axes de circulation bruyants, il peut être particulièrement agréable d'avoir une installation d'aération pour assurer un apport d'air frais en vue d'améliorer le confort dans les immeubles d'habitation et les bureaux.

"Traumhaus Althaus" (Maison de rêve – vieille maison) – Une initiative dans la vallée du Rhin

Des artisans et des architectes du Vorarlberg et des régions frontalières des pays voisins se sont regroupés dans une plate-forme de formation et de qualification appelée "Partnerbetrieb Traumhaus Althaus" qui se spécialise dans l'assainissement écologique et efficient sur le plan énergétique de bâtiments anciens. Sous le patronage de l'Energieinstitut Vorarlberg, un réseau d'entreprises s'est constitué au cours des dernières années. Elles s'engagent à réaliser des formations continues régulières en matière d'assainissement de bâtiments anciens. Depuis la fondation en l'an 2000, huit journées ont été organisées par la plate-forme, avec environ 40 exposés et 70 ateliers, ainsi qu'une série de manifestations supplémentaires. Grâce à un travail de sensibilisation conjoint et coordonné, le concept de "Traumhaus Althaus" a pu être positionné de manière très positive. Pour des informations détaillées, consultez : <http://www.partnerbetriebe.net> ou <http://www.energieinstitut.at>

7 Bons exemples

Jusqu'ici, la construction efficiente sur le plan énergétique était utilisée avant tout dans le domaine des maisons individuelles. Ainsi, environ 70% des bâtiments documentés dans une banque de données autrichienne, en voie d'élaboration actuellement, sont des maisons individuelles. Mais il existe des bâtiments industriels, commerciaux et publics, tels que des écoles ou jardins d'enfants, déjà réalisés selon le standard de la maison passive, qui prouvent qu'une bonne performance énergétique dans ce secteur n'a rien de magique. On trouve également de plus en plus de "bons exemples" pour les méthodes d'assainissement efficaces sur le plan énergétique.

A l'heure actuelle des banques de données sont élaborées en Autriche, en Allemagne et en Suisse en vue de permettre une recherche ciblée des objets. Le tableau 18 donne un aperçu des sites d'information en langue allemande, mais ne prétend pas à l'exhaustivité.

Tableau 18 : Choix de sites Internet en langue allemande où figurent de bons exemples de méthodes de construction et d'assainissement efficaces sur le plan énergétique

Adresses Internet	Remarques
http://www.minergie.ch/	Base de données consacrée aux maisons MINERGIE et MINERGIE-P en Suisse et au Liechtenstein. Possibilité de choix par canton, catégorie de bâtiment et source d'énergie. Disponible en allemand, en français et en italien.
http://www.passivehouse.at	Base de données pour bâtiments construits selon le standard de la maison passive ou à faible consommation énergétique en Autriche. Recherche ciblée d'objets. Description de la construction avec indices du bâtiment et informations supplémentaires.
http://www.energie-projekte.de/	Base de données du service d'informations BINE pour l'Allemagne. Possibilité de choisir en fonction du standard de construction, de la technique domestique ou de l'énergie utilisée. Recherche ciblée, indication d'une description du bâtiment, du concept énergétique, des coûts et de l'économicité.
http://www.nextroom.at/	Base de données mondiale d'architecture contemporaine. Possibilité de recherche de bâtiments efficaces sur le plan énergétique à travers la "Recherche avancée".

Ci-après vous trouverez quelques exemples choisis dans l'espace alpin, destinés à illustrer les possibilités offertes par les méthodes de construction et d'assainissement efficaces sur le plan énergétique. D'autres exemples se trouvent sur le site Internet www.climalp.info. Lors du choix des objets, la priorité était accordée à l'exécution efficace sur le plan énergétique, ainsi qu'à l'utilisation de bois régional comme matériau de construction. Le bois représente un taux de 54% dans la construction de bâtiments neufs efficaces sur le plan énergétique en Autriche, mais jusqu'ici les maîtres d'ouvrage et les architectes n'attachent pas encore suffisamment d'importance à l'utilisation de bois régional. Ainsi, par exemple, du bois de mélèze de Sibérie a été utilisé pour la façade du premier supermarché construit selon le standard de la maison passive à Kirchberg-Thening en Autriche, exécuté pour le reste de manière exemplaire.

7.1 Bâtiments neufs

Maison passive à Wolfurt

La maison individuelle a été construite en bois selon le standard de la maison passive. Il s'agit d'un bâtiment très compact avec un planchéage vertical en mélèze et des capteurs solaires intégrés dans la façade sud (12 m²). Une installation photovoltaïque avec une puissance de 3,4 kWh a été aménagée sur le toit. Un poêle à granulés dans le salon sert de source de chaleur. La distribution passe par un réservoir tampon de 850 l qui est également chauffé à l'énergie solaire. L'alimentation en chaleur est combinée avec l'amenée d'air frais dans le salon, les chambres à coucher et les chambres d'enfants. La douche/WC et les deux salles de bain sont équipées d'un chauffage au sol. La ventilation est assurée par une unité d'aération avec récupération de chaleur. L'air frais est préchauffé par un échangeur de chaleur géothermique et chauffé à la température souhaitée par le réservoir tampon.



Uniquement des matériaux de construction et d'isolation écologiques ont été utilisés. Afin de tirer un profit optimal du terrain, le bâtiment a été conçu de façon à pouvoir le développer ultérieurement et à faire de cette maison individuelle deux maisons jumelées.

Architecte :	Hermann Kaufmann	IDE :	15 kWh/m ² a
Emplacement :	Vorarlberg (A)	Construction :	construction en bois
Année de construction :	2002	Utilisation de bois régional :	épicéa/sapin pour la construction (plafond de la cave et parois) mélèze pour le planchéage extérieur et les sols au rez-de-chaussée et à l'étage
Surface utile :	144 m ²	Particularités :	échangeur de chaleur géothermique, chauffage à granulés, paroi en torchis
Internet / Contact : http://www.kaufmann.archbuero.com/			

Maison passive à Ebnat-Kappel

La maison individuelle à Ebnat-Kappel est un projet pilote de démonstration de l'Office fédéral de l'énergie en Suisse. La paroi solaire mise au point par l'architecte est utilisée pour la première fois dans ce bâtiment. Elle permet l'absorption passive d'énergie solaire dans un bâtiment en construction légère à travers la façade orientée au sud et son accumulation efficace. Une couche de paraffine de quatre centimètres d'épaisseur, logée dans des récipients en plastique verts, se trouve au centre de la paroi. La paraffine est un matériau transparent qui passe de l'état solide à l'état liquide par le rayonnement solaire et peut accumuler environ dix fois plus d'énergie que le béton. Lorsque la paroi refroidit le soir ou par temps couvert, la paraffine se solidifie et transmet l'énergie accumulée aux pièces habitées. Le processus peut être répété pratiquement à l'infini sans que la qualité du matériau d'accumulation ne se détériore. Les éléments de paraffine sont encastés entre deux pans de verre de sécurité. Trois couches de verre supplémentaires suivent vers l'extérieur dans cette paroi d'accumulation transparente. Grâce au vitrage multiple et aux espaces interstitiels remplis de gaz rare, la paroi atteint une bonne performance isolante. L'avant-dernière couche de verre vers l'extérieur a une surface dentelée qui protège contre le surchauffage. Lorsque le soleil est haut (en été) ce verre prismatique reflète largement la lumière. Par contre, les rayons du soleil bas en hiver traversent le verre et sont utilisés pour chauffer les pièces. Les besoins en chaleur résiduels pendant les périodes de mauvais temps sont couverts par une installation d'aération contrôlée avec récupération de chaleur et pompe à chaleur.



L'ensemble du bâtiment est construit en éléments de bois préfabriqués. Les parois extérieures, le toit et le sol sont construits en forme d'éléments creux, épais de 40 cm, à isolation élevée et injectés de 35 cm de flocons de papier recyclé. Le planchéage extérieur est constitué de panneaux de bois de mélèze à trois couches, du bois d'épicéa a été utilisé pour l'intérieur.

Architecte :	Dietrich Schwarz	IDE :	7 kWh/m ² a
Emplacement :	St. Gall (CH)	Construction :	construction en bois
Année de construction :	2000	Utilisation de bois régional :	mélèze pour la façade extérieure, épicéa pour l'aménagement intérieur
Surface utile :	109 m ²	Particularités :	paroi à accumulation des gains solaires directs, installation thermique solaire, installation photovoltaïque, bilan énergétique équilibré sur l'année (réinjection de courant en été, achat en hiver)
Internet / Contact : http://www.solaragency.org/Solarpreis2001/f1.htm Bureau d'architecture Schwarz : schwarz@schwarz-architektur.ch			

Maison à absorption solaire directe à Sevelen

La maison individuelle est conçue comme bâtiment à absorption solaire directe et renonce à une aération contrôlée. Il s'agit d'une construction à montants en bois régional, surtout en épicéa. L'isolation est faite de copeaux de bois (Iso-Wood). La façade sud présente une très grande superficie vitrée, ce qui permet de chauffer les pièces avec la lumière du soleil. L'énergie solaire est accumulée sur les deux étages par des parois en torchis, au premier étage par un sol en ciment noir et au rez-de-chaussée par un plafond à poutres en bois nervuré avec des briques silico-calcaires apparentes. Un petit poêle à bois avec une puissance de 6 kW a été installé dans le salon. Le cas échéant, la salle de bain peut être chauffée par un radiateur électrique. L'eau chaude est préparée moyennant des capteurs solaires.



Architecte :	Andrea G. Rüedi	IDE :	3,6 kWh/m ² a (valeur calculée)
Emplacement :	Sevelen (CH)	Construction :	construction en bois
Année de construction :	2004	Utilisation de bois régional :	épicéa pour la construction et l'aménagement intérieur
Surface utile :	168 m ²	Particularités :	parois en torchis, brique silico-calcaire, sol en ciment et poutres en bois comme accumulateurs de chaleur, pas d'installation d'aération
Internet / Contact : info@noheating.info			

Complexe immobilier à Batschuns, construit selon le standard "maison passive"

Le complexe immobilier solaire à Batschuns est composé de quatre maisons jumelées à deux étages et de deux maisons jumelées à trois étages qui s'intègrent très bien dans l'environnement rural caractérisé par les façades en tavillons rongées par le temps, grâce à leur planchéiage en bois de mélèze non traité. Alors que la façade sud est presque entièrement vitrée, les ouvertures côté nord sont réduites au minimum. Les besoins minimes en chaleur de 9,8 kWh/m²a



pour une maison au centre et de 11 kWh/m²a pour une maison extérieure sont couverts par l'installation d'aération contrôlée avec récupération de chaleur, dotée d'un échangeur de chaleur géothermique aménagé en amont. Le cas échéant, une mini-pompe à chaleur s'enclenche pour chauffer l'air à la température d'appartement. Des panneaux solaires intégrés à la façade assurent la préparation d'eau chaude, ensemble avec des capteurs supplémentaires aménagés sur le toit plat. Un réservoir solaire de 750 l est à disposition pour chacune des six unités d'habitation. Les bâtiments ont une forme claire et nette et renoncent à tous les éléments et gestes voyants malgré leur apparition fière – un bâtiment efficient sur le plan énergétique dans un village de montagne, sans nostalgie alpine ou écologique.

Architecte :	Atelier Unterrainer	IDE :	12 kWh/m ² a
Emplacement :	Vorarlberg (A)	Construction :	construction en bois
Année de construction :	1997	Utilisation de bois régional :	épicéa pour la construction, mélèze pour le planchéage extérieur
Surface utile :	756 m ²	Particularités :	6 unités d'habitation
Internet / Contact: office@architekt-unterrainer.com			

Complexe immobilier d'Ölzbündt, construit selon le standard "maison passive"

Le complexe immobilier d'Ölzbündt, orienté est-ouest, a été construit sur trois étages au moyen d'éléments préfabriqués en bois. Pour réduire au minimum les pertes d'énergie, il a la forme d'un cube compact, sans avancées ou retraits. Les fenêtres sont relativement petites. Mais les déperditions de chaleur très restreintes du bâtiment s'expliquent principalement par la combinaison entre l'enveloppe du bâtiment et l'installation d'aération. Les éléments des parois ont une isolation thermique de 35 cm de laine minérale, les joints entre les éléments sont parfaitement imperméables à l'air pour obtenir une enveloppe du bâtiment étanche. Il s'agit d'une construction à ossature composée d'éléments en bois standards préfabriqués. Pour le revêtement extérieur, on a utilisé du bois de mélèze indigène, pour la construction proprement dite de l'épicéa régional. Le plan d'ensemble peut se subdiviser librement, les parois de séparation à l'intérieur des appartements étant composées de plaques de carton-plâtre. Une installation solaire a été aménagée sur le toit de l'immeuble, qui couvre sur l'ensemble de l'année presque deux tiers de l'énergie nécessaire à la préparation d'eau chaude. Construit en grande partie avec des éléments préfabriqués, l'objet avec son garage souterrain a pu être réalisé en quatre mois et demi.



Architecte :	Hermann Kaufmann	IDE :	8 kWh/m ² a
Emplacement :	Vorarlberg (A)	Construction :	construction en bois
Année de construction :	1997	Utilisation de bois régional :	épicéa pour la construction, mélèze pour la façade extérieure
Surface utile :	940 m ²	Particularités :	13 unités d'habitation
Internet / Contact : http://www.kaufmann.archbuero.com/			

Bâtiment à absorption solaire directe Gasser

Le bâtiment administratif et commercial de J. Gasser à Coire (Suisse) a obtenu en 1999 le Prix de la planification et de la construction durables de la Société suisse des ingénieurs et architectes. Le bâtiment administratif et d'exposition se caractérise par des espaces clairs, aux volumes généreux offrant de multiples possibilités d'utilisation, sans piliers de soutien. La maçonnerie apparente en brique silico-calcaire et les planchers en bois régional servent à



accumuler la chaleur et contribuent au climat agréable des locaux (absorption de l'humidité de l'air et des odeurs). En principe, tout le bâtiment est chauffé par la lumière du soleil pénétrant à l'intérieur. Un chauffage d'appoint minime n'est nécessaire qu'en décembre et janvier. Lorsqu'on descend en dessous d'un certain seuil de température, par exemple 19°C, un chauffage d'appoint de 16 kW (deux poêles à granulés de bois, un au rez-de-chaussée, l'autre au 2^e étage) s'enclenche automatiquement pour stabiliser la température de base (ex. : 20°C). Pour laisser pénétrer librement tout le rayonnement du soleil dans le bâtiment du côté sud tout en évitant un éblouissement, la lumière du soleil est dirigée vers le plafond au moyen de stores intérieurs fixés sur les deux tiers supérieurs des vitrages. Une installation d'aération complémentaire avec récupération de chaleur assure pendant toute la journée une aération hygiénique qui permet aussi d'économiser de l'énergie. L'ouverture automatique des fenêtres et une grande bouche d'évacuation de l'air vicié dans le toit apportent de la fraîcheur durant les nuits d'été.

Architecte :	Andrea G. Rüedi	IDE :	4 kWh/m ² a
Emplacement :	Grisons (CH)	Construction :	combinaison bois-béton
Année de construction :	1998	Utilisation de bois régional :	bois de mélèze pour la façade et la construction des plafonds
Surface utile :	2.625 m ²	Particularités :	utilisation de l'eau de pluie pour les toilettes, le lavage des véhicules, le nettoyage et le jardin ; installation photovoltaïque (réinjection dans la bourse de courant solaire)
Internet / Contact : http://www.gasser.ch (enregistrement quotidien des températures intérieures et extérieures, à consulter sous forme de fichier pdf)			

Bâtiment passif - Centre communal de Ludesch

Le centre communal de Ludesch, en construction actuellement, est caractérisé par un processus de planification intégratif qui tient compte non seulement de l'aptitude classique à l'utilisation, mais surtout des aspects de compatibilité sociale et spatiale, de l'évolution urbanistique et de la durabilité, qui se traduisent par une utilisation économique des ressources limitées ainsi que par le recours à des matériaux de construction écologiques et favorables à la santé. Le bâtiment neuf est exécuté selon le standard de la maison passive. Outre le recours à des sources d'énergie renouvelables, il s'agit de construire le bâtiment avec un minimum d'énergie totale. Une priorité consiste donc à utiliser du bois en



provenance de la forêt de la coopérative agricole de Ludesch, dont la commune est membre. C'est l'objectif déclaré de la commune de réaliser le projet à des coûts courants sur le marché malgré les investissements écologiques supplémentaires résultant d'une installation photovoltaïque translucide, de l'utilisation de bois à valeur ajoutée régionale, de matériaux isolants à base de matières premières renouvelables, du renoncement généralisé au PVC et du recours à des matériaux de construction peu polluants (ex. : couleurs, vernis et peintures à faible concentration de solvants et d'adouçissants). La mise en oeuvre des impératifs et objectifs se fait dans le cadre d'une équipe de planification à composition pluridisciplinaire (représentants de la commune, architecte, entreprises, spécialiste en biologie du bâtiment et association pour l'environnement).

Architecte :	Hermann Kaufmann ZT	IDE :	<15 kWh/m ² a
Emplacement :	Vorarlberg (A)	Construction :	cave : construction massive rez-de-chaussée/1 ^{er} étage : construction en bois
Année de construction :	2004/05	Utilisation de bois régional :	sapin blanc de la forêt communale pour l'ossature, pour le revêtement des parois et des plafonds, ainsi que pour l'ensemble de la façade extérieure
Surface utile :	3'135 m ²	Particularités :	350 m ² d'installation photovoltaïque translucide ; chauffage à distance à biomasse, installation d'aération (refroidissement par l'eau souterraine)
Internet/Contact : Architekturbüro Kaufmann : http://www.kaufmann.archbuero.com/ Commune de Ludesch, M. le maire Paul Amman bgm.ammann@ludesch.at			

Bâtiment de l'école secondaire à Klaus-Weiler, conforme aux standards de la maison passive

La majeure partie du nouveau complexe scolaire a été construite sur le principe de la maison passive. Le bâtiment situé au-dessus de la cave est entièrement en bois. Du bois de sapin blanc régional a été utilisé pour le revêtement extérieur. Grâce à l'installation d'aération contrôlée et à l'optimisation de l'enveloppe du bâtiment, on obtient des valeurs inférieures à 15 kWh/m²a pour les besoins en chaleur de chauffage. Dans l'aile de l'école, le chauffage des pièces se fait exclusivement par l'installation d'aération centrale, chaque pièce étant équipée d'un radiateur d'appoint pour le réglage individuel de la température. Un échangeur de chaleur géothermique est placé en amont de l'installation d'aération pour préchauffer l'air en hiver et le refroidir en été. Les secteurs de l'aula et de la bibliothèque, ainsi que le couloir d'accès au sous-sol, sont équipés d'un chauffage au sol à basse température en plus de l'aération hygiénique car un chauffage par air chaud (l'aula et la bibliothèque ne sont pas conformes aux standards de la maison passive) causerait des frais énormes en raison des grandes quantités d'air nécessaires. Dans l'aula, le chauffage au sol à basse température est également nécessaire pour sécher le sol les jours de pluie et en hiver. La préparation d'eau chaude centralisée se fait au moyen d'un chauffe-eau bien isolé, situé dans le local technique et équipé de raccords solaires supplémentaires. En prévision de l'assainissement de la salle de sport voisine, des variantes pour un approvisionnement par chauffage à distance au moyen d'une installation



centrale à plaquettes de bois et/ou d'une pompe à chaleur sont en cours d'élaboration (les conduites pour un futur raccordement du bâtiment neuf sont déjà prévues).

Architecte :	Dietrich & Untertrifaller	IDE :	15 kWh/m ² a
Emplacement :	Vorarlberg (A)	Construction :	construction en bois
Année de construction :	2003	Utilisation de bois régional :	sapin blanc pour le revêtement extérieur
Surface utile :	4.522 m ²	Particularités :	installation photovoltaïque
Internet / Contact : http://www.nextroom.at/building_article.php?building_id=3843&article_id=7263/ M. le maire Robert Längle robert.laengle@klaus.cnv.at			

Jardin d'enfants à Lindau, construit selon le standard de la maison passive

Ce jardin d'enfants est un bâtiment en bois préfabriqué à deux étages, composé de salles de groupes, d'une salle polyvalente, d'une salle de réunion, de cuisines et d'une salle à manger. Le bâtiment a été mis sur pied en trois jours. La préfabrication à l'atelier avait pris trois semaines. Les fenêtres en bois ont été immédiatement intégrées dans les éléments de construction mis en place et la toiture a été couverte de tôle. Ainsi, au bout d'une semaine, un chantier d'hiver bien chaud était prêt à recevoir les aménagements intérieurs.



L'auvent est construit en rondins de bois de mélèze non traité et doit permettre aux enfants d'observer le processus de dégradation du bois causé par les conditions météorologiques. L'installation d'aération et les radiateurs plats encastrés dans les parois chauffent les salles de groupes pour compenser les baisses de température après les vacances. L'aération et les radiateurs sont alimentés par une chaudière à gaz qui couvre également les faibles besoins en eau chaude. Malgré les maisons avoisinantes et les arbres hauts qui font beaucoup d'ombre, les besoins énergétiques pour le chauffage sont inférieurs à 15 kWh/m²a.

Architecte :	Cord et Sabine Erber	IDE :	14 kWh/m ² a
Emplacement :	Bavière (D)	Construction :	bâtiment en panneaux de bois préfabriqués
Année de construction :	2001	Utilisation de bois régional :	ossature en épicéa, auvent en mélèze
Surface utile :	440 m ²	Particularités :	Six mois étaient à disposition pour la planification et la construction. Le maître d'ouvrage exigeait que le jardin d'enfants soit réalisé avec des entreprises locales et des matériaux de construction indigènes
Internet / Contact : http://www.maria-ward-kindergarten.de Bureau d'architectes Erber mail@erber-architekten.de			

7.2 Assainissements

Maison à faible consommation énergétique : ancienne école de Kehlegg

Le bâtiment scolaire d'origine a été construit en 1800 et transformé en épicerie en 1948. Au cours de cette réaffectation, on a doté la partie du bâtiment située côté montagne d'une annexe en bois à colombages. Les propriétaires actuels ont transformé le bâtiment en une maison individuelle répondant aux critères contemporains en matière d'habitat. Le mauvais état de l'ancienne partie qui constituait les salles de classe a exigé des interventions massives sur la substance de base. Le plancher du rez-de-chaussée de la partie habitation, qui s'était affaissé de 22 cm dans la partie sud-ouest, a été entièrement refait parce qu'il ne satisfaisait plus aux exigences statiques. Les autres planchers et les chevrons de comble ont été renforcés avec des poutres métalliques et des traverses vissées sur le côté des poutres existantes. Les murs en chevrons de bois de la partie sud et ceux à colombages de la partie nord ont été munis d'une isolation en laine minérale de 19 et 33 cm respectivement. Les tavillons d'origine de la façade ont été remplacés par un planchéage étroit. Du bois de sapin blanc indigène a été utilisé pour la façade extérieure et l'aménagement intérieur. L'ensemble du bâtiment a été équipé de nouvelles fenêtres en bois de mélèze non traité. Les dimensions et les formes des fenêtres ont été adaptées aux nécessités actuelles. 8 m² de capteurs solaires, logés dans les balustrades de la terrasse au premier étage, assurent la préparation d'eau chaude en été. En hiver, une chaudière à mazout moderne peu polluante est utilisée pour l'eau chaude et le chauffage.



Architecte :	Gerold Leuprecht GmbH	IDE :	38,5 kWh/m ² a
Emplacement :	Vorarlberg (A)	Construction :	construction mixte
Année de construction :	1800	Utilisation de bois régional :	façade extérieure et aménagement intérieur en bois de mélèze
Assainissement :	2000	Particularités :	
Surface utile :	130 m ²		
Internet / Contact :	http://www.hausderzukunft.at/download/altbau_auszeichnungen.pdf		

Maison à faible consommation énergétique à Au, Bregenzerwald (A)

L'assainissement de cette maison à deux étages construite en 1967 a été réalisé dans le cadre d'un agrandissement destiné à transformer une maison individuelle en logement pour deux familles. Avant l'assainissement, les besoins en énergie atteignaient 235 kWh/m²a. Après l'assainissement, les besoins énergétiques pour le chauffage se situent au niveau d'une maison passive, et la production de l'énergie nécessaire est entièrement autarcique.



La façade solaire de 92 m² permet de couvrir la totalité des besoins énergétiques pour le chauffage et l'eau chaude en combinaison avec le réservoir tampon de 30 m³. Du fait qu'il neige fréquemment en hiver (à 800 m d'altitude) l'installation solaire n'a pas été montée sur le toit, mais intégrée dans la façade sud. Pendant les mois d'hiver, cela permet de profiter de manière optimale du rayonnement solaire. Grâce à la réflexion par la neige, le rendement augmente à 70 à 80%. Dès le premier rayon de soleil, mais aussi par lumière diffuse, les panneaux absorbent immédiatement le rayonnement. Les températures les plus élevées sont atteintes fin janvier. Par contre, en été le toit donne de l'ombre à une partie de l'installation. Le nettoyage, réalisé chaque année en automne, est aisé grâce à des nettoyeurs montés sur des supports télescopiques. Depuis 1998, l'électricité est produite à 100%

au moyen d'énergies renouvelables. La période d'amortissement de l'installation est inférieure à huit ans selon les informations des exploitants. Au cours de l'assainissement, une installation d'aération contrôlée avec récupération de chaleur a également été aménagée. Le système de chauffage à proprement parler est un chauffage au plafond pour lequel des tuyaux en cuivre ont été posés dans le béton (pour l'annexe) et sur les anciens plafonds à éléments creux (pour le bâtiment ancien). Comparé au chauffage au sol ou sur les parois, le chauffage au plafond a l'avantage de ne pas être couvert de tapis, de parquet, de meubles ou de tableaux qui l'empêcheraient de transmettre la chaleur. En plus, le plafond peut servir d'accumulateur supplémentaire. L'enveloppe du bâtiment a été isolée dans le secteur du toit et des murs extérieurs selon les critères de la maison passive. L'alimentation en eau est assurée par la coopérative d'approvisionnement en eau locale et le captage de l'eau de pluie. Grâce à l'utilisation de robinetteries économisant l'eau, la consommation a pu être abaissée de 50% par rapport aux années précédentes. L'expérience montre que l'installation solaire est suffisante pour la préparation d'eau chaude. Jusqu'ici, même en hiver il n'était pas nécessaire de chauffer l'eau par un chauffe-eau électrique.

Architecte :	Franz Sohm (maître d'ouvrage)	IDE :	pas d'indications
Emplacement :	Vorarlberg (A)	Construction :	construction mixte
Année de construction :	1967	Utilisation de bois régional :	façade extérieure et aménagement intérieur en épicéa (en grande partie de la forêt appartenant à la famille)
Assainissement :	1995		
Surface utile :	180 m ²	Particularités :	Le bois encore utilisable de l'ancienne charpente de comble a été utilisé pour le garage. La voiture a été convertie au bio-diesel.
Internet / Contact : http://www.passivehouse.at			

Immeuble à faible consommation énergétique à la Magnusstrasse, Zurich

En avril 2002, ce bâtiment d'habitation construit en 1894 a été assaini en douze semaines pour en faire un immeuble à consommation d'énergie minimale. La maison est reliée à un bâtiment de même hauteur d'un côté et à un immeuble à deux étages de l'autre. La distance par rapport à la maison voisine côté cour n'est que de quatre mètres, ce qui n'a pas permis de prendre toutes les mesures d'isolation thermique que l'on aurait souhaitées en raison du règlement des constructions (respect de la distance minimale par rapport à la parcelle voisine). Conformément aux principes de construction écologique, on a conservé dans la mesure du possible la substance bâtie existante. Les portes, les châssis des portes et les lambris ont été remis en état et repeints. Les combles étaient par contre en si mauvais état qu'il a fallu les démolir complètement



et les reconstruire avec des éléments en bois. L'épaisseur de l'isolation thermique varie entre 16 et 40 cm. L'aspect de la façade côté rue, qui représente un taux de 20% de l'enveloppe du bâtiment, n'a pu être modifié que dans une faible mesure pour des questions de protection des monuments. On n'a donc posé que trois centimètres d'isolation thermique à l'intérieur comme à l'extérieur. L'énergie nécessaire pour le chauffage et l'eau chaude est produite dans un réservoir avec chauffe-eau intégré par une installation à panneaux solaires et une pompe à chaleur air/eau. La chaleur est distribuée par l'installation d'aération avec

récupération de chaleur. Chaque appartement dispose de sa propre installation que l'on peut régler indépendamment. Lorsque la température extérieure descend en dessous de -2°C , le chauffage à air chaud ne suffit plus. Le déficit doit être compensé par des poêles à bois à accumulation. L'énergie grise nécessaire à l'ensemble de l'assainissement sera amortie en cinq ans grâce aux économies en énergie de chauffage. L'énergie grise pour les mesures thermiques (isolation thermique et meilleures fenêtres, resp. remplissage au gaz) sera amortie en une année et demie (dans le cadre des cinq années susmentionnées) par les économies faites sur l'énergie de chauffage.

Architecte :	Viridén und Partner	IDE :	27 kWh/m ² a
Emplacement :	Zürich (CH)	Construction :	construction mixte
Année de construction :	1894	Utilisation de bois régional :	épicéa/pin comme bois de construction dans l'aménagement des combles
Assainissement :	2002		
Surface utile :	375 m ²	Particularités :	
Internet / Contact : http://www.viriden-partner.ch			

Bâtiment à faible consommation énergétique : bureaux Nordpool à Steyr/A

Le bâtiment construit en 1960 était à l'origine un atelier de production de meubles. La plus grande partie du bâtiment à ossature en béton armé n'était pas isolée et présentait des besoins énergétiques pour le chauffage de 272 kWh/m²a, ce qui entraînait des frais de chauffage annuels d'environ € 50.000,-. Grâce à l'assainissement, ces frais ont été réduits de 95% pour atteindre € 2.500,-. Le défi dans cet assainissement consistait à réaliser un bâtiment administratif et commercial à faible consommation énergétique en six mois seulement.



L'enveloppe extérieure est caractérisée par un revêtement en planches de mélèze brutes. Dans le cadre de cet assainissement thermique et écoefficient, on n'a pratiquement utilisé que des matières premières renouvelables et/ou des matériaux recyclés. Une installation solaire de 102 m² a été intégrée à la façade pour un chauffage d'appoint. Une aération contrôlée combinée à un système de récupération de chaleur très performant assure un apport d'air frais et pur dans les bureaux. Une construction en poutres en bois de 16 cm a été fixée sur la paroi massive existante et isolée avec de la cellulose. Le revêtement extérieur et les fenêtres ont été réalisés en bois de mélèze régional. Les besoins en chauffage résiduels ne sont pas couverts avec du mazout, mais avec des énergies renouvelables (solaire et chaleur de l'environnement). Grâce au concept de l'assainissement écoefficient d'un bâtiment, on a réalisé un assainissement thermique très efficace avec des moyens simples. On n'a utilisé pour l'essentiel que des matériaux de construction écologiques, et les frais d'assainissement ont pu être maintenus à un niveau extrêmement bas (355 Euro/m²) grâce à des solutions intelligentes.

Architecte :	POPPE*PREHAL Architectes	IDE :	37 kWh/m ² a
Emplacement :	Steyr (A)	Construction :	construction mixte
Année de construction :	1960	Utilisation de bois régional :	revêtement extérieur et fenêtres en bois de mélèze
Assainissement :	2001		
Surface utile :	3.671 m ²	Particularités : installation solaire intégrée à la façade	
Internet / Contact : http://www.hausderzukunft.at/altbau/index.htm			

8 Possibilités de promotion

Les méthodes de construction et d'assainissement efficaces sur le plan énergétique peuvent contribuer dans une large mesure à atteindre les objectifs de politique climatique fixés dans le Protocole de Kyoto. Cela présuppose cependant que les pays alpins reconnaissent ce potentiel et lui donnent une place prépondérante dans leur catalogue de mesures en vue de réduire les émissions de CO₂. La protection du climat ne va pas de soi. Elle doit être privilégiée et favorisée de manière ciblée. Cela signifie que les pouvoirs publics ne doivent pas seulement donner l'exemple, en construisant et en assainissant leurs bâtiments officiels et administratifs selon les critères de la performance énergétique, mais aussi créer des incitations financières pour des projets de construction et d'assainissement privés et commerciaux. Quelques pays alpins soutiennent déjà les méthodes de construction et d'assainissement énergétiquement efficaces au moyen de subventions directes ou de crédits avantageux. La province du Vorarlberg en Autriche joue un rôle de pionnier dans la mise en place de systèmes promotionnels. Depuis 2002, les mesures de construction efficaces sur le plan énergétique y bénéficient de subventions nettement plus élevées que par le passé. Les enjeux écologiques dans la construction de bâtiments neufs et l'assainissement de bâtiments existants sont donc de plus en plus pris en compte. Le taux de bâtiments neufs "écologiques" (pour des informations plus détaillées, consultez le Chap. 8.5) sur le volume total des bâtiments neufs était de 86% au premier semestre 2004. 67% des mesures d'assainissement étaient subventionnées pour être particulièrement écologiques [Landespressestelle Vorarlberg 2004]. Les informations ci-après devront servir à donner un premier aperçu de la situation dans les pays de l'espace alpin et ne prétendent pas être exhaustives.

La promotion d'installations solaires par l'Etat crée de nouveaux emplois

Les effets positifs d'une promotion ciblée de la production de courant solaire sur le marché de l'emploi sont démontrés par l'exemple allemand : grâce à la loi sur les énergies renouvelables Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG), la branche du solaire a enregistré, pendant les années 2000 à 2003, des taux de croissance entre 30 et 40%. Pour 2004, la Unternehmensvereinigung Solarwirtschaft (Fédération des entreprises d'économie solaire) (UVS) s'attend même à une augmentation du chiffre d'affaires de 50%, dont profitent surtout les petites exploitations artisanales et la cinquantaine de PME qui produisent des installations photovoltaïques. Jusqu'à la fin 2004, environ 5'000 nouveaux emplois seront créés [BMU, 2004]. 130'000 personnes travaillent actuellement dans le domaine de la valorisation des "énergies renouvelables" en Allemagne [UVS, 2004]. Cette branche devient de plus en plus un facteur économique important.

Mais les mesures prises par l'Etat en Allemagne ont également déjà des retombées sur d'autres pays : Grâce à la demande croissante d'installations photovoltaïques en Allemagne, l'effectif des collaborateurs de la maison autrichienne Fronius à Wels (Autriche) a doublé en une année pour atteindre 80 personnes [oekonews, 2004].

8.1 Allemagne

En Allemagne, plusieurs programmes promotionnels ont été mis en oeuvre à l'échelle nationale en faveur des méthodes de construction et d'assainissement efficaces sur le plan énergétique. La majeure partie de l'aide est accordée sous forme de crédits avantageux, alloués par un établissement de crédit, le Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW). Vous trouverez une vue d'ensemble des programmes au Tableau 19. Les différents programmes peuvent aussi se combiner entre eux, ce qui permet d'obtenir un financement à 100%. Les frais supplémentaires nécessités par une maison passive, soit 5% environ, peuvent être compensés avec ces programmes promotionnels [Haum und Nill, 2004].

Dans les différents Länder, Landkreise, villes et communes, il existe encore d'autres possibilités de soutien dont on peut avoir connaissance via la base de données sur les moyens promotionnels <http://www.foerderdata.de/>.

De plus, avec l'entrée en vigueur, le 01.08.2004, de la nouvelle loi sur les énergies renouvelables Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG), les exploitants de réseaux d'électricité sont désormais tenus d'acheter à des prix fixes l'électricité issue d'énergies renouvelables. La rétribution de base pour le courant solaire réinjecté par des installations montées sur des bâtiments est, par exemple, de 0,57 € par kWh injecté. Cette rétribution est fixe pour 20 ans.²²

Tableau 19 : Programmes promotionnels en faveur de mesures énergétiques dans la construction de bâtiments neufs et l'assainissement de bâtiments existants en Allemagne

Organisme Programme Lien sur Internet	Conditions préalables / mesures faisant l'objet d'une aide	Type d'aide
KfW "Wohnraum- Modernisierung 2003" http://www.kfw.de	<ul style="list-style-type: none"> Modernisation et remise en état de bâtiments d'habitation (insonorisation, fenêtres, chauffage, toit, etc.) 	Prêt avantageux
KfW "Programm zur CO ₂ - Minderung" http://www.kfw.de	<ul style="list-style-type: none"> Mesures d'isolation thermique sur les murs extérieurs, le toit, les surfaces extérieures touchant à la terre Vitrages d'isolation thermique Renouvellement de la technique de chauffage Utilisation d'énergies renouvelables Construction d'une maison KfW à faible consommation énergétique (besoins annuels en énergie primaire < 60 kWh/m²) 	Prêt avantageux
KfW "CO ₂ – Gebäudesanierungs- programm" http://www.kfw.de	<ul style="list-style-type: none"> Mesures d'assainissement étendues, amenant une réduction d'au moins 40 kg de CO₂ par m² et par année Construction d'une maison passive Construction d'une maison KfW à faible consommation d'énergie (besoins annuels en énergie primaire < 40 kWh/m²) 	Prêt avantageux, une partie de la dette est remise lors de l'assainissement d'un bâtiment pour en faire une maison à faible consommation énergétique

²² Pour des informations plus détaillées relatives à la loi sur les énergies renouvelables EEG : Bundesministerium für Umwelt und Reaktorsicherheit <http://www.erneuerbare-energien.de/1024/>

Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle http://www.bafa.de	<ul style="list-style-type: none"> • Aménagement et agrandissement d'une installation solaire thermique • Aménagement d'une installation (automatique) à granulés ou d'un gazéificateur (manuel) à bûches • Aménagement d'une installation photovoltaïque (seulement pour les écoles et les universités) 	Subvention
Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft "Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen" http://www.naturdaemmstoffe.info/	<ul style="list-style-type: none"> • Achat de matériaux pour l'isolation thermique et l'insonorisation à partir de matières premières renouvelables (conformément à une liste) 	Subvention

Lorsque dans le cadre de l'assainissement d'une maison individuelle (surface habitable de 100 m²) il ne s'agit pas seulement de renouveler l'installation de chauffage et les fenêtres, mais aussi d'assurer l'isolation thermique du toit et du plafond de la cave et d'aménager une installation solaire thermique (6 m² de surface des panneaux), il est possible de bénéficier des moyens prévus par trois programmes promotionnels. Lorsqu'on prévoit un coût total de 37.500 € (y compris les frais pour l'installation solaire thermique de 5.000 €), le financement suivant peut être envisagé :

Pour l'aménagement de l'installation de panneaux solaires, le Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle propose une aide dans le cadre du programme pour la *Promotion des énergies renouvelables* à concurrence de 110 €/m² de surface de capteurs, donc 660 €. Le montant résiduel pour l'aménagement de l'installation à panneaux solaires s'élève à 4'340.- € (5.000.- € moins l'aide accordée par le BAFA). Il peut être financé à travers le *Programme KfW pour la réduction du CO₂* dans le cadre d'un prêt avantageux. Le *Programme KfW d'assainissement des bâtiments sur le plan du CO₂* permet d'obtenir au maximum 250.- € par m² de surface habitable sous forme de prêts avantageux. Pour une surface habitable de 100 m², ce programme accorde un prêt de 25'000.- € (100 m² x 250 €/m²).

Le montant résiduel à financer pour les mesures de modernisation à concurrence de 7'500.- € (32'500.- € - 25'000.- €) peut être couvert par le *Programme KfW pour la réduction du CO₂*.

Tableau 20 : Plan de financement pour l'assainissement d'une maison avec un coût total de € 37'500.- moyennant les programmes promotionnels en Allemagne

Mesures de modernisation :		
Programme KfW d'assainissement des bâtiments sur le plan du CO ₂	25'000.- €	Prêt avantageux
Programme KfW pour la réduction du CO ₂	7'500.- €	Prêt avantageux
Mise en place d'une installation à panneaux solaires :		
Programme pour la promotion d'énergies renouvelables	660.- €	Subvention
Programme KfW pour la réduction du CO ₂	4'340.- €	Prêt avantageux
Total	37'500.- €	

8.2 France

En France, il n'existe pas de programme promotionnel ciblé en faveur de la construction et de l'assainissement efficaces sur le plan énergétique. Des subventions, des crédits avantageux et des avantages fiscaux sont toutefois octroyés par l'Etat pour des mesures d'assainissement ou pour l'utilisation d'énergies renouvelables. Des distinctions sont parfois effectuées selon que le logement est utilisé par ses propriétaires ou loué. Des crédits avantageux sont par exemple accordés à des conditions particulières par la Caisse d'Allocations Familiales ou par les fournisseurs nationaux d'énergie (EDF Electricité de France et GDF Gaz de France). En plus de ces aides nationales, les départements, administrations régionales et communes octroient aussi des aides financières. La banque de données d'Habitat & Développement donne des informations sur les différentes possibilités de soutien sous http://www.habitat-developpement.tm.fr/Internet/AH_Index.cfm?Cont=Index. Les deux institutions de promotion suprarégionales figurent au Tableau 21.

Depuis mars 2000, les exploitants de réseaux d'électricité sont tenus de rétribuer l'électricité fournie par des installations photovoltaïques à hauteur de 0,15 €/kWh.

Pour l'aménagement d'une chaudière au bois, l'ANAH accorde par exemple une subvention à concurrence de 900 €, les fenêtres de protection thermique sont subventionnées par 80 € par fenêtre. Des systèmes dits "solaires combinés" qui ne produisent pas seulement de l'eau chaude, mais également une partie de l'énergie de chauffage, obtiennent un montant de 1.800 € de l'ANAH. Les installations solaires sont subventionnées par l'ADEME avec 366 à 1.150 € en fonction de la région, de la puissance et de la taille. Pour des mesures d'assainissement thermique ou l'installation d'un chauffage au bois, le maître d'ouvrage peut obtenir une réduction de la TVA (5,5% au lieu de 19,6%) pour les travaux et les matériaux.

Tableau 21 : Programmes promotionnels en faveur de mesures énergétiques dans la construction de bâtiments neufs et l'assainissement de bâtiments existants en France

Organisme Programme Lien sur Internet	Conditions préalables / mesures faisant l'objet d'une aide	Type d'aide
Agence Nationale pour l'Amélioration de l'Habitat (ANAH) "Rénovations de logements" http://www.anah.fr/	Bâtiments ayant plus de 15 ans, occupés par les propriétaires ou loués comme logements : <ul style="list-style-type: none"> • Amélioration de l'isolation thermique • Renouvellement de l'installation de chauffage • Préparation de l'eau chaude au moyen d'énergies renouvelables • Vitrages de protection thermique ou d'insonorisation • Installation de robinetteries économisant l'eau 	Subvention
Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME) "Promotion des énergies renouvelables" http://www.ademe.fr/particuliers/default.htm	<ul style="list-style-type: none"> • Aménagement d'une installation solaire thermique • Aménagement d'une installation photovoltaïque • Exploitation de la géothermie Bâtiments d'habitation d'au moins 1'000 m ² <ul style="list-style-type: none"> • Etablissement d'un bilan énergétique 	Subvention

8.3 Italie

Il n'existe pas en Italie de soutien direct aux méthodes de construction et d'assainissement efficaces sur le plan énergétique. On peut déclarer aux impôts le coût de mesures d'assainissement thermique ou de conversion à un approvisionnement en énergie renouvelable (par ex. l'achat d'une installation solaire ou le remplacement d'une chaudière) ce qui permet d'obtenir une déduction fiscale pouvant atteindre 36% des frais d'investissement (l'amortissement se fait sur 10 ans).

Une loi en faveur de l'injection d'électricité fournie par des énergies renouvelables a été adoptée en janvier 2004. Un décret d'application réglant les tarifs et modalités devait être présenté pour juin 2004, mais il est discuté actuellement dans les organes compétents (situation au 15 décembre 2004).

La Province autonome du Tyrol du Sud soutient notamment les mesures d'économie d'énergie. Les mesures pouvant faire l'objet d'aides sont résumées au Tableau 22. Elle rembourse env. 30% des investissements pour des mesures énergétiques.

Tableau 22 : Programmes promotionnels en faveur de mesures énergétiques dans la construction de bâtiments neufs et l'assainissement de bâtiments existants au Tyrol du Sud (I)

Région Programme promotionnel Lien sur Internet	Conditions préalables / mesures faisant l'objet d'une aide	Type d'aide
Tyrol du Sud		
Amt für Energieeinsparung "Neubau" http://www.provinz.bz.it/wasser%2Denergie/foerderungen_d.htm	<ul style="list-style-type: none"> • Aménagement d'une installation solaire thermique • Aménagement d'une installation photovoltaïque • Chauffage au bois (poêles à bûches, à granulés et à plaquettes) • Installation d'aération avec récupération de chaleur • Achat d'une pompe à chaleur 	Subvention
Amt für Energieeinsparung "Altbau" http://www.provinz.bz.it/wasser%2Denergie/3702/investitions_d.htm	<ul style="list-style-type: none"> • Isolation thermique des bâtiments de plus de 10 ans • Remplacement d'un chauffage à mazout ou à gaz • Aménagement d'une installation solaire thermique • Aménagement d'une installation photovoltaïque • Chauffage au bois (poêles à bûches, à granulés et à plaquettes) 	Subvention

8.4 Liechtenstein

Dans la Principauté du Liechtenstein, différentes mesures d'assainissement énergétique des bâtiments sont subventionnées. Un soutien spécial aux maisons Minergie et aux maisons passives est prévu dans le concept énergie 2003 et sera ancré dans la loi sur les économies d'énergie. L'exploitant du réseau électrique du Liechtenstein (LKW) garantit pendant cinq ans un prix d'achat de 0,80 CHF/kWh aux exploitants d'installations photovoltaïques

installées sur des bâtiments et certifiées naturemade²³. (Pour des informations plus détaillées, consultez : <http://www.lkw.li/>).

Tableau 23 : Programmes promotionnels en faveur de mesures énergétiques dans la construction de bâtiments neufs et l'assainissement de bâtiments existants au Liechtenstein

Organisme Programme Lien sur Internet	Conditions préalables / mesures faisant l'objet d'une aide	Type d'aide
Land Liechtenstein, Energiefachstelle "Förderung Haustechnik" http://www.llv.li	<ul style="list-style-type: none"> • Modernisation de l'installation de chauffage (pompe à chaleur, chauffage à bûches) • Aménagement d'une installation solaire thermique • Aménagement d'une installation photovoltaïque 	Subvention
Land Liechtenstein, Energiefachstelle "Förderung Gebäudesanierung" http://www.llv.li	<ul style="list-style-type: none"> • Mesures d'isolation thermique de bâtiments construits avant 1989 	Subvention

8.5 Autriche

Il n'existe pas de programmes promotionnels à l'échelle nationale en Autriche. La compétence de soutenir certaines formes de construction de logements incombe aux Länder. Les aides accordées diffèrent donc beaucoup d'un Land à l'autre. La construction efficiente sur le plan énergétique est surtout encouragée au Vorarlberg et en Basse-Autriche [Schuster, 2004]. Le Tableau 24 donne une vue d'ensemble pour ces deux Länder.

Au Vorarlberg, on évalue la qualité écologique au travers de quatre domaines distincts : "surface utilisée", "enveloppe du bâtiment", "techniques domestiques" et "choix des matériaux". Des points écologiques sont attribués à chaque mesure. Plus on récolte de points écologiques, plus le soutien accordé est important. Plusieurs mesures comme l'élaboration d'un certificat de performance énergétique pour le bâtiment et le respect de besoins maximaux en chaleur de chauffage constituent des conditions sine qua non pour l'octroi d'une aide. Outre l'examen des documents et des calculs avant que les travaux de construction ne soient entrepris, l'inspection sur place à la fin des travaux constitue aussi un élément essentiel pour l'octroi d'une aide financière.

En plus des aides accordées par les Länder, de nombreuses communes du Vorarlberg octroient des subventions pour l'achat d'une installation solaire ou d'une installation fonctionnant à la biomasse. La commune de Mäder prévoit par exemple une subvention à concurrence de 50% de l'aide accordée par la province. En plus, la commune paie un montant de 726.- euros pour le calcul des besoins énergétiques pour le chauffage.

La loi sur l'électricité écologique, adoptée en 2002, prévoyait un tarif de réinjection plus élevé pour le courant produit par des installations photovoltaïques. Cependant, le niveau de réinjection maximal de 15 MW, fixé par la loi pour le courant produit par des installations

²³ Le label de qualité suisse pour le courant produit à base d'énergie renouvelable est attribué par l'Association pour une électricité respectueuse de l'environnement (VUE). Pour des informations plus détaillées, consultez : <http://www.naturemade.org/> (de/fr/en)

photovoltaïques, a été dépassé en janvier 2003, ce qui signifie qu'actuellement les exploitants des réseaux de courant électrique ne paient pas de tarifs plus élevés pour la réinjection de courant solaire. Une révision de la loi sur l'électricité écologique est en discussion.

Tableau 24 : Programmes promotionnels en faveur de mesures énergétiques dans la construction de bâtiments neufs et l'assainissement de bâtiments existants en Autriche

Land Programme promotionnel Lien sur Internet	Conditions préalables / mesures faisant l'objet d'une aide	Type d'aide
Vorarlberg		
"Ökologische Wohnbauförderung Neubau" http://www.energieinstitut.at	<ul style="list-style-type: none"> Taux promotionnel échelonné en fonction de l'indice énergétique et des mesures réalisées (ex. : construction utilisant peu de surface, isolation thermique importante, énergies renouvelables, utilisation économe de l'eau potable, aménagement intérieur sans matériaux polluants, construction sans barrières (seuils de portes, etc.), 3 niveaux d'aide plus une aide à l'innovation pour "maisons passives" 	Prêt avantageux
"Ökologische Wohnbauförderung Altbausanierung" http://www.energieinstitut.at	<ul style="list-style-type: none"> Taux promotionnel échelonné en fonction de l'indice énergétique calculé et des mesures réalisées, 3 niveaux d'aide plus une aide à l'innovation pour "maisons à faible consommation énergétique" 	Subvention
"Förderung Erneuerbare Energien" http://www.energieinstitut.at	<ul style="list-style-type: none"> Aménagement d'une installation solaire thermique sur des maisons individuelles pour une et deux familles Conversion au chauffage au bois dans le cadre d'un assainissement 	Subvention
Basse-Autriche		
"Wohnbauförderung Neu" http://www.noel.gv.at/BauenWohnen/BauenWohnen.htm	<ul style="list-style-type: none"> Indice énergétique \leq à 50 kWh/m²a ; plus il est bas, plus l'aide est importante Installation de chauffage consommant des combustibles biogènes Installation d'aération avec récupération de chaleur Utilisation de matériaux de construction écologiques 	Prêt avantageux
"Kleine Althausanierung" http://www.noel.gv.at/BauenWohnen/BauenWohnen.htm	<ul style="list-style-type: none"> Subventions échelonnées selon l'ampleur des mesures d'assainissement Mesures d'assainissement de l'enveloppe du bâtiment Augmentation de l'isolation thermique (exigences minimales quant à la valeur U) Installations solaires thermiques Conversion au chauffage au bois Aménagement d'une installation d'aération avec récupération de chaleur 	Subvention

8.6 Suisse

On ne trouve pas en Suisse de programmes promotionnels à l'échelle nationale. L'attribution de subventions incombe aux cantons. Un grand nombre d'entre eux octroient des subsides pour la construction et l'assainissement de bâtiments Minergie et soutiennent l'aménagement d'une installation solaire ou d'une nouvelle installation de chauffage. Les maisons passives (Minergie-P) ne sont toutefois spécialement encouragées que dans les cantons de Berne et de Bâle-Campagne. Le canton de Berne paie par exemple un forfait maximal de 20'000.- CHF jusqu'à une surface de référence énergétique de 250 m² pour la construction ou les transformations conformes au standard "maison passive". Tous les programmes promotionnels dans ces deux cantons figurent au Tableau 25. L'Office fédéral de l'énergie propose une vue d'ensemble de tous les programmes promotionnels cantonaux sous <http://www.e-kantone.ch>. En plus, certains groupes de banques comme la Banque cantonale zurichoise ou la Alternative Bank ABS offrent des conditions de crédit plus avantageuses (prêts écologiques ou crédits promotionnels) pour les bâtiments Minergie.

Une directive fédérale définit une rétribution minimum de 0,15 CHF/kWh pour la réinjection de l'électricité fournie par des installations photovoltaïques dans le réseau. En outre, les différents exploitants de réseaux peuvent conclure des contrats directs avec les exploitants d'installations.²⁴

Tableau 25 : Programmes promotionnels en faveur de mesures énergétiques dans la construction de bâtiments neufs et l'assainissement de bâtiments existants en Suisse²⁵

Canton Programme promotionnel Lien sur Internet	Conditions préalables / mesures faisant l'objet d'une aide	Type d'aide
Berne		
“Minergiebauten“ http://www.be.ch	<ul style="list-style-type: none"> • Au moins 100 m², pour les bâtiments neufs : au moins 4 unités d'habitation (excepté pour les bâtiments Minergie-P) • Bâtiments neufs et assainissements conformes aux directives Minergie et/ou Minergie-P • Jusqu'à 250 m² : aide forfaitaire, ensuite aide au m² ; montants promotionnels différenciés pour les bâtiments neufs et les assainissements 	Subvention, prise en charge de la taxe pour l'obtention du label
“Holzenergie bei Neubauten“ http://www.be.ch	<ul style="list-style-type: none"> • Aménagement et remplacement d'installations de chauffage au bois • Pour les assainissements, il ne faut pas dépasser une valeur limite pour la charge de chauffage (ex. : bâtiments construits après 1980 < 50W/m²) 	Subvention
“Sonnenkollektoren“ http://www.be.ch	<ul style="list-style-type: none"> • Aménagement d'installations solaires thermiques d'une surface d'au moins 10 m² 	Subvention

²⁴ Par exemple, dans le canton des Grisons (région de Sils, Engadine), la EWZ (Société de production d'électricité de Zurich) paie 0,80 CHF par kWh aux exploitants d'installations photovoltaïques. Le courant produit est vendu aux consommateurs au même prix. Au total, il existe 93 exploitants de réseaux de courant électrique dans les Grisons, qui peuvent conclure des contrats individuels.

²⁵ L'Office fédéral de l'énergie offre une vue d'ensemble des programmes promotionnels cantonaux sous <http://www.e-kantone.ch>.

Bâle-Campagne		
"Passivhäuser" http://www.baselland.ch/docs/bud/formulare/form-energie.htm	<ul style="list-style-type: none"> • Bâtiments neufs et assainissements conformes aux directives Minergie-P • Aide en rapport avec la surface de référence énergétique, avec un maximum de 250 m² par unité d'habitation 	Subvention, bon de conseil
"Niedrigenergiebauten" http://www.baselland.ch/docs/bud/formulare/form-energie.htm	<ul style="list-style-type: none"> • Mesures d'isolation thermique améliorées pour les bâtiments neufs et les transformations, impliquant une réduction de 40% des besoins énergétiques pour le chauffage par rapport à la valeur limite fixée • Installations d'aération contrôlée avec récupération de chaleur • Chauffages au bois ou pompes à chaleur (s'il s'agit du système de chauffage primaire) 	Subvention
"Sonnenkollektoren / Photovoltaikanlagen" http://www.baselland.ch/docs/bud/formulare/form-energie.htm	<ul style="list-style-type: none"> • Aménagement d'une installation solaire thermique sur des maisons individuelles et des bâtiments d'habitation (aide forfaitaire) • Aménagement d'une installation photovoltaïque (rétribution annuelle de l'électricité produite, jusqu'à ce que 35% des frais d'investissement soient couverts) 	Subvention, rétribution de l'électricité produite
"Erneuerbare Energien" http://www.baselland.ch/docs/bud/formulare/form-energie.htm	<ul style="list-style-type: none"> • Remplacement d'un chauffage électrique par un chauffage au bois ou une pompe à chaleur • Promotion en rapport avec le nombre de kWh 	Subvention
"Kantonale Bauten und Anlagen"	<ul style="list-style-type: none"> • Recours à des énergies renouvelables et mesures favorables à une utilisation rationnelle de l'énergie 	

9 Potentiel du marché et scénarii

Le taux élevé de journées ensoleillées et le climat largement sans brouillard dans les Alpes sont des facteurs favorisant la construction de maisons passives. Les températures plus basses dues à l'altitude peuvent facilement être compensées par une isolation thermique plus épaisse. En plus, face aux hivers plus froids dans les Alpes, il existe un besoin particulier de profiter des potentiels d'économie dans le domaine du chauffage. Un exemple pour la mise en oeuvre de la construction efficiente sur le plan énergétique dans des emplacements alpins extrêmes, c'est la maison Schiestl am Hochschwab en Autriche. La base alpine à une altitude de 2.153 m est autarcique sur le plan énergétique. Elle a été construite selon le standard de la maison passive.²⁶ Le refuge de Kesch à une altitude de 2.630 m dans les Alpes des Grisons (Suisse) prouve de manière impressionnante que l'utilisation rationnelle de l'énergie est possible presque partout. Les indices de dépense énergétique du refuge du Club alpin sont de 73% inférieurs aux valeurs limites suisses pour la construction de bâtiments neufs et même de 12% inférieurs au standard Minergie.

Grâce à l'utilisation de bois régional comme matériau de construction, on peut faire d'une pierre même plusieurs coups lors de la construction et de l'assainissement. L'architecture bioclimatique est facile à réaliser avec ce matériau de construction, les entreprises de transformation du bois régionales en profitent, des emplois sont conservés ou même créés dans les vallées aux infrastructures rares et menacées du départ de leurs habitants, et les communes alpines peuvent se donner un nouveau profil au moyen d'une architecture moderne et d'une technique d'avenir pour servir de modèle à d'autres régions de montagne.

9.1 Maisons passives dans les pays alpins

En Allemagne, la construction de maisons passives a depuis longtemps quitté la phase de démonstration et des projets pilotes et présente une évolution dynamique sur le marché (Figure 15). Le Passivhaus-Institut à Darmstadt s'attend à des taux de croissance annuels de 100% pour les années à venir [Bühning et al., 2004]. A l'heure actuelle on compte environ 4'000 unités construites selon le standard de la maison passive rien qu'en Allemagne (appartements, maisons individuelles et petits immeubles, bâtiments industriels et commerciaux, bâtiments publics, etc.).

²⁶ Pour des informations plus détaillées, consultez : <http://www.solar4alpin.at/> (de)

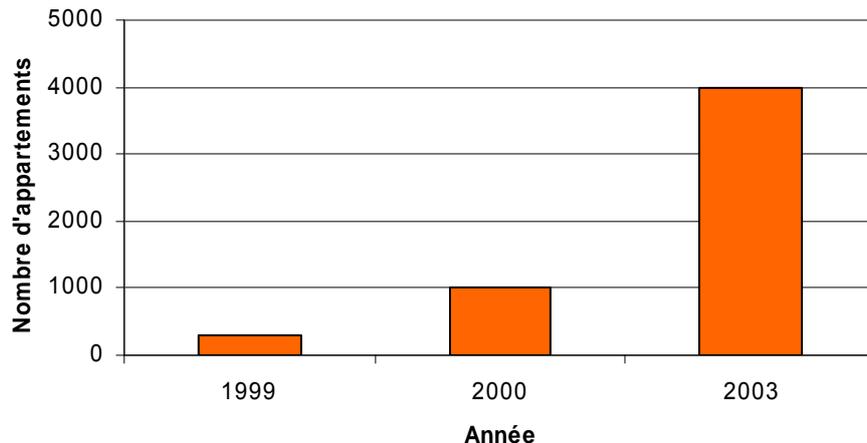


Figure 15 : Evolution du standard "maison passive" à l'exemple des appartements construits en Allemagne (chiffres arrondis) [Zentrum für Bauen und Umwelt, 2004]

En Autriche, l'idée de la maison passive a été lancée au Vorarlberg. Entre temps, elle a des adeptes dans toutes les provinces. La base de données "Haus der Zukunft"²⁷ documente actuellement 200 maisons passives petites et grandes, ce qui correspond à environ 80% de toutes les maisons passives en Autriche (situation en 2003).

En Suisse, le standard Minergie, moins strict sur le plan énergétique, est déjà assez bien établi [Linder Kommunikation, 2002]. Jusqu'ici, environ 2'500 bâtiments ont obtenu le label Minergie.²⁸ Dans quelques régions suisses, ce standard de construction a déjà atteint une part de marché de 10% de tous les bâtiments neufs construits [Binz, 2004]. Par contre, la construction de maisons passives en est encore à ses débuts. Dans la période entre 2002 et 2004, environ 40 maisons passives ont été construites en Suisse (maisons Minergie-P) dont environ la moitié sont certifiées [Andris].

Du fait que la construction de maisons passives a son origine dans les pays germanophones et que la littérature spécialisée n'est encore disponible qu'en langue allemande, la province bilingue du Tyrol du Sud dans le nord de l'Italie assume une sorte de "fonction de pont" pour faire connaître le standard de la maison passive en Italie. Entre 2000 et 2004, vingt maisons passives y ont été construites [Gantioler, 2004].

La première maison passive en bois conforme au standard allemand a été construite cette année en Slovénie. En automne 2004, la première conférence spécialisée consacrée à la construction efficace sur le plan énergétique pour architectes et ingénieurs a été organisée par l'Agence slovène pour l'utilisation efficace de l'énergie et les énergies renouvelables.

²⁷ <http://www.hausderzukunft.at/frame.htm> (de/en)

²⁸ Liste des bâtiments MINERGIE certifiés : <http://www.minergie.ch/download/referenzobjekte.xls>

9.1.1 Appréciation du marché futur pour l'Allemagne, l'Autriche et la Suisse

Le potentiel du marché pour la construction de maisons passives a été évalué dans le cadre d'une étude réalisée par le Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme ISE (à Fribourg en Breisgau, Allemagne). Dans ce contexte, un sondage a été effectué auprès d'architectes, de maîtres d'ouvrage, de fabricants de maisons préfabriquées et de producteurs d'installations d'aération, ainsi que de consultants, de chercheurs et de représentants d'organismes promotionnels en Allemagne, en Autriche et en Suisse. En moyenne, on prévoit qu'en 2010, une maison sur cinq en Allemagne et une maison sur trois en Autriche seront réalisées selon le standard de la maison passive. Pour la Suisse, le potentiel évalué du marché est nettement plus bas. En comparaison avec la construction de bâtiments neufs, l'évaluation du standard de la maison passive est nettement plus réservée pour l'assainissement de bâtiments existants. Ainsi, des représentants de la branche sont d'avis qu'en 2010 seulement entre 11% (petits immeubles) et 14% (maisons individuelles) seront assainis pour atteindre le niveau de maisons à faible consommation énergétique avec des besoins énergétiques pour le chauffage de 30 kWh/m²a [Bühning et al., 2004].

Tableau 26 : Evaluation de la proportion de maisons passives dans la construction de bâtiments neufs, par des représentants de la branche, pour l'année 2010 en Allemagne, en Autriche et en Suisse [Bühning et al., 2004]

	Maisons individuelles	Petits immeubles
Allemagne	19,5%	12,5%
Autriche	28,4%	25,3%
Suisse	9,3%	5,2%

Sur la base des sondages réalisés et de pronostics pour l'activité de construction future, l'Institut ISE a élaboré des scénarii pour l'évolution quantitative sur le marché de la construction de maisons passives et à faible consommation énergétique. Dans un scénario consacré aux tendances, les parts de marché citées au Tableau 26 ont été utilisées pour calculer le taux de construction de bâtiments neufs en supposant que les conditions générales relatives au prix de l'énergie, au niveau des coûts, aux subventions et aux règlements resteront inchangées. Selon ce scénario, plus de 137'000 unités d'habitation en Allemagne seraient construites conformément au standard de la maison passive jusqu'à la fin 2010. 30'000 unités supplémentaires viendraient s'ajouter en Autriche et en Suisse [Bühning et al., 2004].

9.1.2 Facteurs pour la promotion de maisons passives

Comme facteurs déterminants pour l'augmentation de la part de marché des maisons passives, on trouve notamment les économies d'énergie de chauffage, les subventions et les dispositions législatives [Bühning et al., 2004]. Selon l'étude réalisée par le Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme ISE, les critères suivants sont les plus importants pour le succès du lancement sur le marché :

- Campagnes ciblées concentrées sur l'image de marque et activités stratégiques de sensibilisation du grand public
- Amélioration des stratégies de vente pour les éléments de construction de maisons passives

- Intégration et formation continue des acteurs importants : architectes, Chambres de l'artisanat, sociétés de construction de logements, maîtres d'ouvrage, fabricants de maisons préfabriquées
- Construction et assainissement à des coûts avantageux, notamment par la préfabrication d'éléments de construction et les nombres plus élevés dans la production des éléments
- Augmentation massive des subventions pour établir la construction de maisons passives sur le marché

9.2 Proportion des maisons construites en bois dans les pays alpins

Alors qu'en Norvège ou en Nouvelle-Zélande la proportion des bâtiments en bois s'élève à 95%, les chiffres pour l'Europe centrale sont nettement inférieurs. En Allemagne, la part de marché des bâtiments en bois dans le secteur des maisons individuelles pour une et deux familles a doublé au cours des dernières années et atteint actuellement 14% [Holzabsatzfonds, 2004].

En Autriche, la proportion était de 6% [pro Holz, 2003] pour la construction de nouveaux logements (maisons individuelles et petits immeubles) en 2000 [pro Holz, 2003], mais il ne faut pas négliger les grandes différences régionales. Pour les bâtiments neufs efficaces sur le plan énergétique, la part du bois est supérieure à 50%, donc nettement plus élevée [Objektdatenbank Österreich, 2004]. Ce pourcentage élevé est dû au fait que la construction selon le standard de la maison passive est surtout réalisée dans le domaine des maisons individuelles pour une et deux familles, où la part du bois est généralement un peu plus importante.

En Suisse, la part du bois dans la construction de nouveaux logements est de 10%, mais 30% des bâtiments Minergie sont déjà construits en bois [OFEFP (1), 2004].

A ce jour, la France n'a pas de tradition importante dans la construction en bois [Contal, 2003]. La proportion pour maisons individuelles est d'environ 4% [pro Holz, 2004].

9.3 Le jeu des scénarii

Dans les Alpes, nous comptons à peu près 5,5 millions d'appartements²⁹ (situation en 2004), dont env. 90% ont été construits avant 1990. Viennent s'ajouter de nombreux bureaux, bâtiments administratifs, écoles, jardins d'enfants, halls de fabrication et autres bâtiments commerciaux et industriels. La plus grande partie de l'effectif de bâtiments ont été construits sans concept énergétique particulier et présentent des besoins énergétiques élevés pour le chauffage. Même des bâtiments plus récents ont souvent été construits selon des méthodes "conventionnelles", c'est-à-dire en construction massive, sans tenir compte de l'énergie grise contenue dans les matériaux de construction et des bases d'une construction efficiente sur le plan énergétique. En supposant un taux de bâtiments neufs de 1%, 55'000 nouveaux appartements sont construits chaque année dans les Alpes, dont environ 50% sont des maisons individuelles pour une ou deux familles. A peu près le même nombre d'appartements dans des bâtiments existants est probablement assaini chaque année. Les appartements sont le plus souvent chauffés au gaz naturel ou au mazout, le bois ne jouant

²⁹ Les Alpes ont une population de 13 millions d'habitants. Le nombre moyen de personnes par ménage est de 2,4, ce qui donne un effectif actuel estimé à 5,5 millions d'appartements.

pas un rôle important dans la production de chaleur. Le taux des bâtiments en bois est également encore relativement faible.

Et si tous les nouveaux appartements étaient construits selon le standard de la maison passive et équipés de chauffages au bois pour assurer une production de la chaleur résiduelle nécessaire sans incidences sur le climat ? Et si le taux d'assainissement passait de 1% à 2% ou même 4%, si l'assainissement efficient sur le plan énergétique devenait la norme et si dans ces bâtiments, la production de chaleur était aussi réalisée par des chauffages au bois ? Et si on utilisait davantage de bois régional pour la construction de bâtiments neufs ? Les effets sur le marché de l'emploi et l'économie régionale seraient sans doute positifs, mais ils sont très complexes et difficiles à chiffrer. Au chapitre 9.3.3 nous avons examiné à titre d'exemple les effets de l'utilisation accrue de bois régional pour la construction de maisons individuelles sur les emplois dans le secteur de la transformation du bois. Un autre effet positif se manifesterait toutefois aussi au niveau des émissions de CO₂, car la réduction nette des besoins énergétiques pour le chauffage et le recours à des sources d'énergie renouvelables permettrait d'économiser des quantités considérables de mazout et de gaz naturel, ce qui entraînerait automatiquement une réduction du CO₂ rejeté dans l'atmosphère. Cela pourrait fournir une contribution à la réalisation des objectifs de protection du climat dans les Etats alpins, qui se sont engagés à réduire les gaz à effet de serre jusqu'en 2010 conformément au Protocole de Kyoto. Mais de quelles dimensions parlons-nous ? Pour répondre à cette question, différents scénarii ont été étudiés jusqu'en 2010, année fixée pour la réalisation des objectifs de Kyoto. Les éléments suivants sont à la base de ces considérations :

Bases pour les scénarii "Bâtiments neufs 1 + 2" et "Assainissements 1 - 3"

- La population des Alpes est de 13 millions d'habitants. Il n'est pas possible de savoir combien de CO₂ devrait être économisé sur l'ensemble de l'Arc alpin parce que nous ne disposons que des valeurs caractéristiques pays par pays. Pour avoir tout de même un point de repère, le potentiel d'économie de CO₂ à l'échelle alpine est comparé aux objectifs de réduction de la Suisse et de l'Autriche. La Suisse (7 millions d'habitants) veut réduire ses émissions de CO₂ de 4,25 millions de tonnes d'équivalents de CO₂³⁰ jusqu'en 2010 par rapport à l'année de référence 1990, conformément au Protocole de Kyoto. L'Autriche (8 millions d'habitants) veut faire des économies de 10 millions de tonnes d'équivalents de CO₂ jusqu'en 2010.
- 100 litres de mazout ou 100 m³ de gaz naturel ou 0,55 m³ de bois sont nécessaires pour la production de 1000 kWh.
- La combustion de 100 litres de mazout dégage 260 kg de CO₂, la combustion de 100 m³ de gaz naturel 200 kg de CO₂. La combustion de bois n'a pas d'incidences sur le climat puisqu'il s'agit d'un circuit de CO₂ fermé (voir le chapitre 4.3).

³⁰ A part le CO₂, le Protocole de Kyoto stipule la réduction de cinq autres gaz à effet de serre dont les taux sont convertis en équivalents de CO₂.

9.3.1 Et si le standard de la maison passive était davantage pris en compte dans la construction de bâtiments neufs ?

La proportion des bâtiments efficients sur le plan énergétique sur le volume des bâtiments neufs n'est actuellement que de quelques pour mille (situation en 2004). Mais un maître d'ouvrage qui évalue de manière réaliste l'évolution sur le marché du pétrole ne pourra pas ignorer à la longue le thème de la construction efficiente sur le plan énergétique. Car lorsqu'on construit aujourd'hui, on fixe les aiguillages pour les trente, cinquante ou même cent prochaines années. Un bâtiment qui consomme une quantité trop élevée d'énergie pour le chauffage sera plus difficile à commercialiser ou à financer à l'avenir qu'un bâtiment avec une bonne performance énergétique. La construction efficiente sur le plan énergétique jouera donc un rôle toujours plus important. Dans le premier scénario on suppose un taux de 20% pour les maisons passives, alors que dans le deuxième tous les nouveaux appartements sont construits selon le standard de la maison passive. Les hypothèses suivantes ont été définies pour les deux scénarii :

Hypothèses pour les scénarii "Bâtiments neufs 1 + 2"

- Au début de 2005, l'effectif des appartements dans l'espace alpin est de 5,5 millions.
- Le taux des bâtiments neufs se situera à un niveau constant de 1% jusqu'en 2010. Pour 2005, cela signifie que 55'000 nouveaux appartements seront construits, ce qui fera passer l'effectif à 5'555'000 en 2006. C'est sur cette base qu'on détermine le nombre de nouveaux appartements pour 2006. Les années suivantes sont calculées de manière analogue. 57'800 appartements seraient construits à l'échelle alpine en 2010.
- Les nouveaux appartements ont une surface habitable moyenne de 100 m².
- Les besoins énergétiques pour le chauffage en exécution "conventionnelle" sont de 100 kWh/m²a. Pour un bâtiment construit selon le standard de la maison passive, ils se réduisent à 15 kWh/m²a.
- Le chauffage pour l'exécution "conventionnelle" se fait à 50% au mazout, à 45% au gaz naturel et à 5% au bois. Les besoins en chaleur résiduelle pour les maisons passives seront couverts au bois à 100%.

Scénario Bâtiments neufs 1 :

"20% de tous les bâtiments neufs dans l'espace alpin seront réalisés selon le standard de la maison passive et équipés d'un chauffage au bois pour couvrir les besoins en chaleur résiduelle."

En 2005, 11'000 sur les 55'000 nouveaux appartements seront construits selon le standard "maison passive". Du fait que les besoins énergétiques pour le chauffage de ces appartements sont nettement inférieurs à ceux en construction "conventionnelle" et que le chauffage se fera entièrement au bois, les économies annuelles possibles seront de 5,5 millions de litres de mazout et de 4,9 millions de m³ de gaz naturel. Cela entraînera une réduction de 24'200 tonnes de CO₂ rejeté dans l'atmosphère. En 2006, 11'110 nouveaux appartements seront construits selon le standard "maison passive", ce qui permettra une économie annuelle supplémentaire de 24'440 tonnes de CO₂. Jusqu'en 2010 il y aura à l'échelle alpine 67'700 nouveaux appartements réalisés selon le standard "maison passive" qui permettront des économies annuelles de 150'000 tonnes de CO₂ (Figure 16). Les besoins en chaleur résiduelle de ces appartements s'élèveront à 101 millions de kWh, ce qui exigerait 56'000 m³ de bois par année.

Scénario Bâtiments neufs 2 :

"100% de tous les bâtiments neufs dans l'espace alpin seront réalisés selon le standard de la maison passive et équipés d'un chauffage au bois pour couvrir les besoins en chaleur résiduelle."

En 2005, 55'000 nouveaux appartements seront construits selon le standard "maison passive". Du fait que les besoins énergétiques pour le chauffage de ces appartements sont nettement inférieurs à ceux en construction "conventionnelle" et que le chauffage se fera entièrement au bois, les économies annuelles possibles seront de 28 millions de litres de mazout et de 25 millions de m³ de gaz naturel. Cela entraînera une réduction de 121'000 tonnes de CO₂ rejeté dans l'atmosphère. En 2006, 55'500 nouveaux appartements seront construits selon le standard "maison passive", ce qui permettra une économie annuelle supplémentaire de 122'210 tonnes de CO₂. Jusqu'en 2010 il y aura à l'échelle alpine 338'400 nouveaux appartements réalisés selon le standard "maison passive" qui permettront des économies annuelles de 744'400 tonnes de CO₂ (Figure 16). Les besoins en chaleur résiduelle de ces appartements s'élèveront à 508 millions de kWh, ce qui exigerait 282'000 m³ de bois par année.

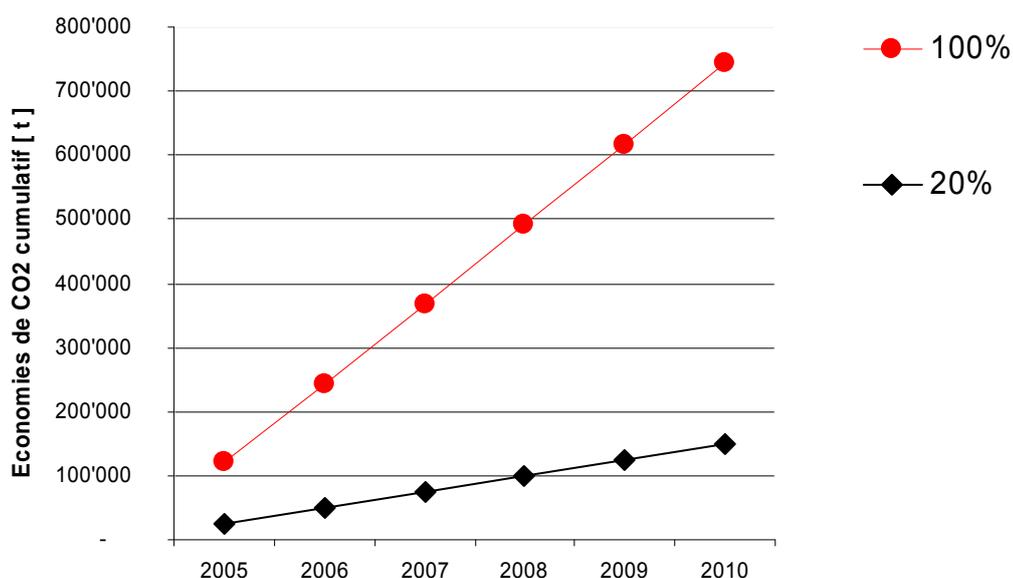


Figure 16 : Economies de CO₂ (cumulatives) jusqu'en 2010 pour des taux de maisons passives de 20% resp. 100% du volume de bâtiments neufs.

Les deux scénarii montrent le potentiel d'économie de CO₂ réalisable grâce à l'augmentation du nombre de bâtiments construits selon le standard de la maison passive. Si seulement 20% de tous les bâtiments neufs étaient réalisés selon le standard de la maison passive, on pourrait économiser à partir de 2010 **150'000 tonnes de CO₂ par année** à l'échelle alpine. 150'000 tonnes de CO₂ correspondraient à 3,5% de l'objectif de réduction en Suisse et à 1,5% de l'objectif de réduction en Autriche. Ces chiffres ne sont peut-être pas très impressionnants à première vue, mais "les petits ruisseaux font de grandes rivières".

Un effet beaucoup plus important pourrait être atteint si la "maison passive" devenait le standard général. En construisant tous les nouveaux immeubles de logement dans les Alpes selon le standard "maison passive", on pourrait faire des économies annuelles de plus de 100'000 tonnes de CO₂ (Figure 16). Jusqu'en 2010, la quantité de CO₂ économisée atteindrait **700'000 tonnes par année**. Lorsqu'on étudie les Alpes avec leurs 13 millions d'habitants, cela correspond à 17% de l'objectif de réduction pour toute la Suisse avec plus de 7 millions d'habitants et à 7% de l'objectif de réduction pour toute l'Autriche avec plus de 8 millions d'habitants.

Par la mise en œuvre d'une politique énergétique judicieuse dans le domaine de la construction de bâtiments neufs, les pays alpins pourraient bel et bien réaliser un potentiel considérable d'économie de CO₂. L'approvisionnement en bois de chauffage de tous les nouveaux appartements réalisés selon le standard de la "maison passive" ne rencontrerait en principe pas de problèmes : 0,3 millions de m³ de bois seraient nécessaires pour l'approvisionnement, et l'accroissement annuel du bois dans les Alpes atteint 37 millions de m³.

9.3.2 Et si tous les assainissements thermiques étaient exécutés de manière optimale, avec une augmentation du taux des assainissements ?

L'effectif des bâtiments existants présente en moyenne des besoins énergétiques pour le chauffage de 220 kWh/m²a (voir Figure 6). Un assainissement thermique optimisé permettrait pratiquement d'abaisser sans problèmes les besoins énergétiques pour le chauffage de ces bâtiments à 50-70 kWh/m²a. Cela entraînerait déjà l'économie de quantités énormes de mazout et de gaz naturel. Si l'assainissement comprenait simultanément la conversion à un chauffage au bois, cela équivaldrait à une réduction de 100% des émissions de CO₂ grâce à l'assainissement. Dans les trois scénarii suivants, nous avons calculé quels seraient les effets de l'augmentation du taux des assainissements sur les émissions de CO₂. Les hypothèses suivantes ont été définies pour les trois scénarii :

Hypothèses pour les scénarii " Assainissements " 1-3 :

- Au début de 2005, l'effectif des appartements dans l'espace alpin est de 5,5 millions.
- Les nouveaux appartements ont une surface habitable moyenne de 100 m².
- Les besoins énergétiques pour le chauffage avant l'assainissement sont de 220 kWh/m²a. Après l'assainissement thermique, ils se réduisent à 15 kWh/m²a.
- Le chauffage avant l'assainissement se fait à 50% au mazout, à 45% au gaz naturel et à 5% au bois. Après l'assainissement, les besoins énergétiques pour le chauffage seront couverts au bois à 100%.

Scénario Assainissement 1 :

"Le taux d'assainissement atteint 1% à l'échelle alpine. Jusqu'en 2010, 6% de l'effectif de bâtiments auront bénéficié d'un assainissement thermique et seront équipés d'un chauffage au bois pour couvrir les besoins énergétiques pour le chauffage."

En 2005, 55'000 appartements dans des bâtiments existants seront assainis. Du fait que les besoins énergétiques pour le chauffage de ces appartements seront nettement réduits et que le chauffage se fera entièrement au bois, il sera possible d'économiser chaque année 60 millions de litres de mazout et 55 millions de m³ de gaz naturel. Cela permettra de réduire de 266'000 tonnes le CO₂ rejeté dans l'atmosphère. En 2006, 55'550 appartements seront assainis, ce qui permettra une réduction annuelle supplémentaire de 269'000 tonnes de CO₂. Jusqu'en 2010, 338'400 appartements auront bénéficié d'un assainissement thermique, ce qui entraînera une réduction annuelle de 1'638'000 tonnes de CO₂ (Figure 17). Les besoins énergétiques pour le chauffage de ces appartements s'élèveront à 2 milliards de kWh pour lesquels il faudra chaque année 1,1 million de m³ de bois.

Scénario Assainissement 2 :

"Le taux d'assainissement atteint 2% à l'échelle alpine. Jusqu'en 2010, 12% de l'effectif de bâtiments auront bénéficié d'un assainissement thermique et seront équipés d'un chauffage au bois pour couvrir les besoins énergétiques pour le chauffage."

En 2005, 110'000 appartements dans des bâtiments existants seront assainis. Du fait que les besoins énergétiques pour le chauffage de ces appartements seront nettement réduits et que le chauffage se fera entièrement au bois, il sera possible d'économiser chaque année 121 millions de litres de mazout et 109 millions de m³ de gaz naturel. Cela permettra de réduire de 532'000 tonnes le CO₂ rejeté dans l'atmosphère. En 2006, 111'100 appartements seront assainis, ce qui permettra une réduction annuelle supplémentaire de 538'000 tonnes de CO₂. Jusqu'en 2010, 676'700 appartements auront bénéficié d'un assainissement thermique, ce qui entraînera une réduction annuelle de 3'275'000 tonnes de CO₂ (Figure 17). Les besoins énergétiques pour le chauffage de ces appartements s'élèveront à 4,1 milliards de kWh, pour lesquels il faudra chaque année 2,3 millions de m³ de bois.

Scénario Assainissement 3 :

"Le taux d'assainissement atteint 4% à l'échelle alpine. Jusqu'en 2010, plus d'un cinquième de l'effectif de bâtiments auront bénéficié d'un assainissement thermique et seront équipés d'un chauffage au bois pour couvrir les besoins énergétiques pour le chauffage."

En 2005, 220'000 appartements dans des bâtiments existants seront assainis. Du fait que les besoins énergétiques pour le chauffage de ces appartements seront nettement réduits et que le chauffage se fera entièrement au bois, il sera possible d'économiser chaque année 242 millions de litres de mazout et 218 millions de m³ de gaz naturel. Cela permettra de réduire de 1'065'000 tonnes le CO₂ rejeté dans l'atmosphère. En 2006, 222'200 appartements seront assainis, ce qui permettra une réduction annuelle supplémentaire de 1'075'000 tonnes de CO₂. Jusqu'en 2010, 1'353'400 appartements auront bénéficié d'un assainissement thermique, ce qui entraînera une réduction annuelle de 6'550'000 tonnes de CO₂ (Figure 17). Les besoins énergétiques pour le chauffage de ces appartements s'élèveront à 8,1 milliards de kWh, pour lesquels il faudra chaque année 4,5 millions de m³ de bois.

Si, à un taux d'assainissement de 1% tel qu'on le prévoit actuellement pour l'espace alpin, tous les assainissements permettent d'abaisser les besoins énergétiques moyens pour le chauffage de 220 à 60 kWh/m²a et d'utiliser du bois pour l'approvisionnement en chaleur, il serait possible de réduire les émissions de **CO₂ de 1,6 millions de tonnes**. Cela équivaut à 39% de l'objectif de réduction en Suisse et à 16% de l'objectif de réduction en Autriche. En doublant le taux d'assainissement à 2%, on pourrait réduire chaque année les émissions de CO₂ de **3,3 millions de tonnes** à partir de 2010.

En faisant passer le taux d'assainissement à 4% et par l'aménagement systématique de chauffages au bois dans le cadre de l'assainissement thermique des bâtiments existants, on pourrait réduire les émissions annuelles de **CO₂ de 6,6 millions de tonnes**. Pour l'ensemble des Alpes, cela correspond à 54% de l'objectif de réduction de la Suisse (non seulement les Alpes) ou à 66% de l'objectif de réduction de l'Autriche. Ces chiffres démontrent l'énorme potentiel réalisable dans le cadre de l'assainissement thermique de bâtiments existants.

En supposant un taux d'assainissement de 4%, les besoins énergétiques annuels pour le chauffage des appartements anciens assainis jusqu'en 2010 atteindraient 8,1 milliards de kWh. Pour produire cette quantité de chaleur il faudrait 4,5 millions de m³ de bois. Le taux d'accroissement annuel du bois à l'échelle alpine est de 37 millions de m³. Il serait donc possible d'approvisionner en bois tous les appartements existants assainis.

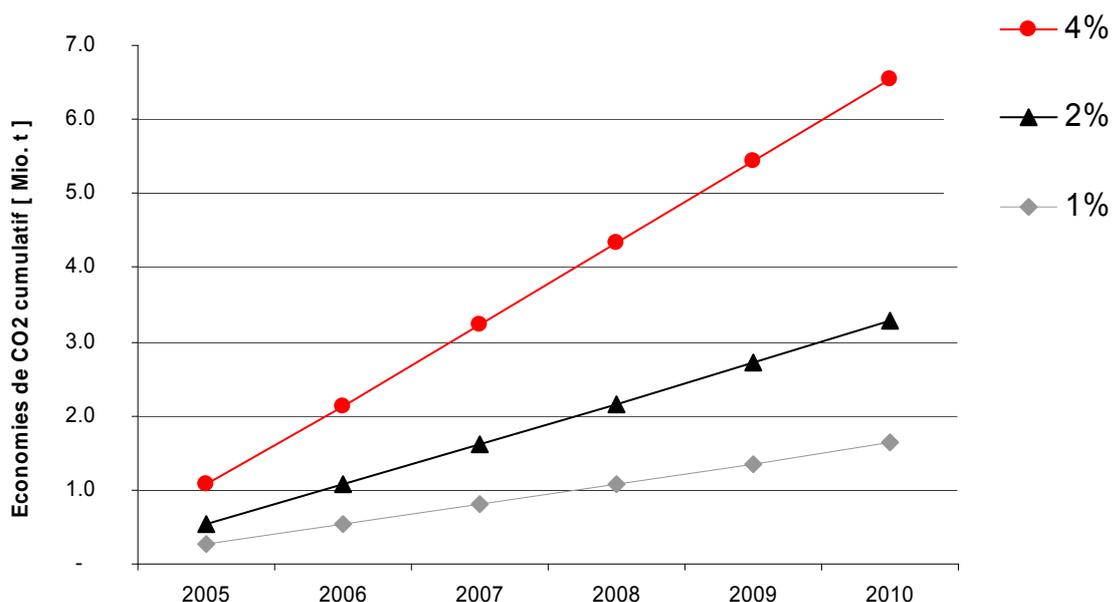


Figure 17 : Economies de CO₂ (cumulatives) jusqu'en 2010 pour des taux d'assainissement de 1%, 2% et 4%.

9.3.3 Et si la construction de bâtiments neufs en bois atteignait une proportion plus élevée ?

La proportion des bâtiments en bois sur le volume des bâtiments neufs est actuellement inférieure à 10%. Le bois est surtout utilisé pour la construction de maisons individuelles pour une et deux familles. Puisqu'une évaluation du volume de bois nécessaire est relativement simple dans ce cas, les scénarii suivants sont limités aux maisons individuelles pour une et deux familles. L'évaluation des retombées sur le marché de l'emploi causées par une augmentation du recours au bois sur les chantiers est très complexe. D'une part, de nouveaux emplois sont créés, par exemple dans le domaine de la charpenterie, d'autre part des emplois disparaissent dans d'autres secteurs du bâtiment, par exemple chez les maçons, car pour chaque maison construite en bois, il y a une maison en maçonnerie en moins. Le travail nécessaire pour la construction d'une maison individuelle en maçonnerie est à peu près le même que pour l'exécution d'une telle maison en construction légère en bois. C'est pourquoi ces travaux n'ont pas été pris en compte dans les scénarii suivants.

Le bois pousse à proximité immédiate de presque tous les chantiers potentiels dans les Alpes et pourrait donc être mis à disposition sans difficultés à l'échelle régionale. Cela toutefois à condition d'avoir les premières étapes de la filière de valorisation du bois sur place, notamment les bûcherons et les scieries. Quelles seraient donc les incidences de l'augmentation du recours au bois sur les emplois régionaux dans la transformation du bois ? Les hypothèses suivantes ont été définies pour les trois scénarii :

Hypothèses pour les scénarii "Utilisation de bois 1 - 3" :

- Chaque année, 22'500 maisons individuelles avec une surface habitable moyenne de 130 m² sont construites dans les Alpes.
- Pour une maison individuelle construite en bois avec une surface habitable de 130 m² il faut entre 35 et 75 m³ de bois. Nous utilisons un chiffre de 50 m³ comme base pour nos calculs.
- Une entreprise de travaux forestiers peut récolter environ 3'000 m³ de bois rond par année et par ouvrier dans les Alpes.
- Une scierie a besoin de 1 m³ de bois rond pour produire 0,45 m³ de bois scié.
- Une scierie produit chaque année environ 1'000 m³ de bois scié par ouvrier.
- On n'utilise que du bois régional transformé par une scierie sur le terrain.

Scénario Utilisation de bois 1 :

"La proportion des maisons individuelles construites en bois atteint 5%."

Sur les maisons individuelles construites chaque année dans les Alpes, 1'125 seront réalisées en bois, ce qui exigera 56'250 m³ de bois scié. Pour produire ces quantités de bois scié, il faudra 56 travailleurs au niveau des scieries (Figure 18). Pour la mise à disposition de 56'250 m³ de bois scié, il faudra 125'000 m³ de bois rond, ce qui nécessitera une main d'œuvre de 42 bûcherons. Dans l'ensemble, un taux de 5% d'utilisation de bois sur le volume de maisons individuelles neuves permettra de créer environ cent emplois régionaux à l'échelle alpine.

Scénario Utilisation de bois 2 :

"La proportion des maisons individuelles construites en bois atteint 50%."

Sur les maisons individuelles construites chaque année dans les Alpes, 11'250 seront réalisées en bois, ce qui exigera 562'500 m³ de bois scié. Pour produire ces quantités de bois scié, il faudra 563 travailleurs dans la scierie (Figure 18). Pour la mise à disposition de 562'500 m³ de bois scié, il faudra 1'250'000 m³ de bois rond, ce qui nécessitera une main d'œuvre de 417 bûcherons. Dans l'ensemble, un taux de 50% d'utilisation de bois sur le volume de maisons individuelles neuves permettra de créer environ 980 emplois régionaux à l'échelle alpine.

Scénario Utilisation de bois 3 :

"La proportion des maisons individuelles construites en bois atteint 100%."

Toutes les maisons individuelles seront réalisées en bois, ce qui exigera 1'125'000 m³ de bois scié. Pour produire ces quantités de bois scié, il faudra 1'125 travailleurs dans la scierie (Figure 18). Pour la mise à disposition de 1'125'000 m³ de bois scié, il faudra 2'500'000 m³ de bois rond, ce qui nécessitera une main d'œuvre de 833 bûcherons. Dans l'ensemble, un taux de 100% d'utilisation de bois sur le volume de maisons individuelles neuves permettra de créer environ 1960 emplois régionaux à l'échelle alpine.

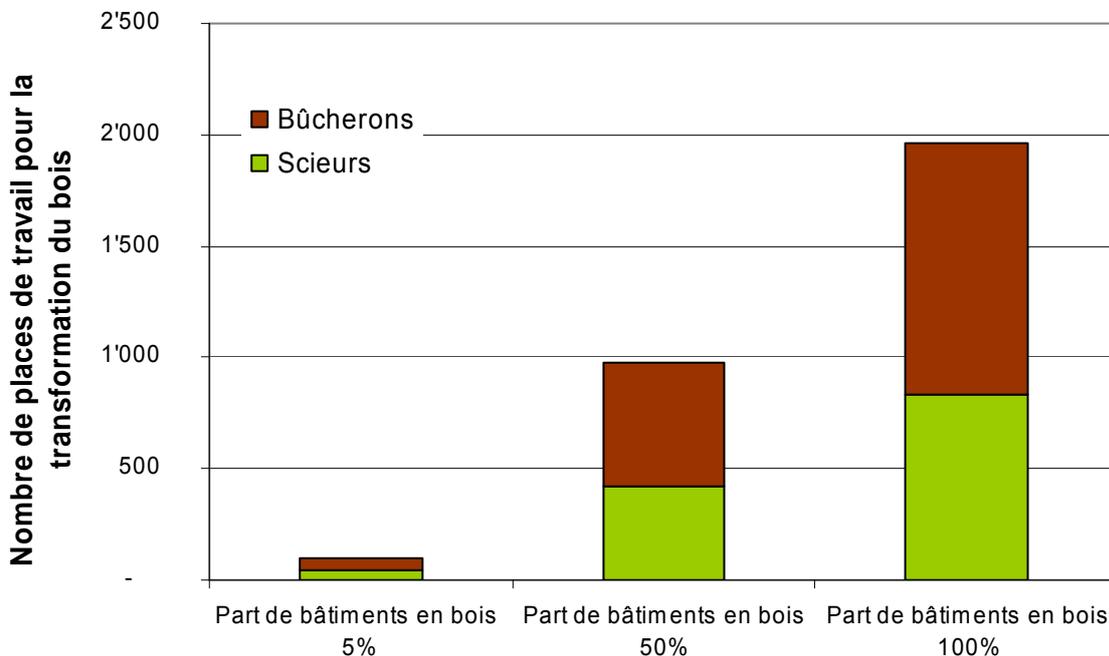


Figure 18 : Incidences de l'augmentation de l'utilisation de bois sur les postes de travail régionaux dans le secteur "Transformation du bois"

Le scénario 3 démontre le potentiel de l'utilisation de bois comme matériau de construction pour le marché de l'emploi régional. Si à l'avenir toutes les maisons individuelles étaient construites en bois, on pourrait créer presque 2'000 nouveaux emplois régionaux rien que pour la mise à disposition de bois pour la construction. La construction en bois de toutes les maisons individuelles neuves semble à première vue assez peu réaliste. Car après tout, tout le monde n'a pas envie de vivre dans une maison en bois. Mais notamment dans les complexes immobiliers à plusieurs étages, le bois n'est pas encore utilisé suffisamment comme matériau de construction, et son potentiel est loin d'être épuisé. Le secteur du bâtiment dans son ensemble est un employeur important dans les régions loin des centres. Plus on construit avec des matériaux indigènes, et plus il sera possible de conserver ou de créer des emplois à l'échelle locale.

Pour construire 22'500 maisons individuelles, il faudrait mettre à disposition 2,5 millions de m³ de bois rond à l'échelle alpine. La disponibilité du bois comme matière première dans ces dimensions ne constitue en principe pas un problème, car le taux d'accroissement annuel du bois dans les Alpes atteint 37 millions de m³. Les "déchets de bois" produits lors de la transformation du bois dans la scierie s'élèvent à 1'375'000 m³ et pourraient être utilisés sans difficultés pour le chauffage des maisons neuves.

Il n'est pas question de voir la forêt dans l'espace alpin exclusivement comme capital économique, mais plutôt de la gérer de manière durable et dans le respect de la nature. Mais il est tout de même possible d'augmenter l'exploitation écologique du bois. Face à la mondialisation croissante et à des périodes de dépression économique, le renforcement des circuits économiques régionaux et l'identification avec une région deviendront toujours plus importants.

9.3.4 Conclusions sur la base des scénarii étudiés

Les trois considérations évoquées au chapitre 9.3 "Le jeu des scénarii" démontrent que de grands potentiels peuvent être réalisés par une mise en oeuvre cohérente des méthodes de construction et d'assainissement efficaces sur le plan énergétique et par l'utilisation de bois régional comme matériau de construction. La construction à 100% de tous les nouveaux logements selon le standard de la maison passive et un taux d'assainissement de 4% peuvent sembler peu probables et peu réalistes aujourd'hui. Mais pour atteindre les objectifs de la politique climatique il est indispensable d'identifier les potentiels et de mettre en pratique les mesures aussi vite que possible. Si, à l'échelle alpine, on ne construisait plus que des bâtiments efficaces sur le plan énergétique jusqu'en 2010, année de référence pour le Protocole de Kyoto, on pourrait (à un taux d'assainissement de 1%) **réduire les émissions annuelles de CO₂ de 2,4 millions de tonnes**. Lorsqu'on tient compte de l'ensemble des Alpes avec environ 13 millions d'habitants, cela équivaut tout de même à 56% de l'objectif de réduction pour la Suisse avec plus de 7 millions d'habitants ou à 24% des économies prévues pour l'Autriche avec plus de 8 millions d'habitants. L'augmentation du taux d'assainissement à 2% et la construction de tous les nouveaux logements selon le standard de la maison passive permettrait de réduire dès 2010 **les émissions de CO₂ de 4 millions de tonnes** à l'échelle alpine, ce qui correspondrait à 95% de l'objectif de réduction de la Suisse et à 40% de l'objectif de réduction de l'Autriche.

L'assainissement thermique de bâtiments existants permet de réaliser le plus grand potentiel d'économie. Il n'offre pas seulement la possibilité de réduire les émissions de CO₂, mais crée aussi des emplois en nombres nettement supérieurs par rapport aux mesures de construction de bâtiments neufs. Un assainissement énergétique de haute qualité des bâtiments existants permettrait par exemple de créer 430'000 nouveaux emplois en Allemagne jusqu'en 2020 [Wuppertalinstitut, 1999]. Ce chiffre prend déjà en compte les pertes d'emplois dues à la réduction des besoins énergétiques. Cette augmentation nette

dans le secteur de l'emploi est surtout due au fait que les mesures d'assainissement exigent une main d'œuvre importante : environ deux tiers des coûts y sont causés par le facteur travail, alors que le travail ne représente qu'un tiers dans la construction de bâtiments neufs [Wuppertalinstitut, 1999].

L'évolution future de la construction efficiente sur le plan énergétique sur la base de matériaux de construction régionaux dépend de plusieurs facteurs : de l'évolution du prix de l'énergie, des programmes promotionnels des Etats et du caractère contraignant des économies d'énergie moyennant des règlements et des lois, qui permettrait aux maisons passives de devenir la norme [Bühning et al., 2004]. En principe, il faut aussi prendre en considération des particularités nationales : alors que dans la province autrichienne du Vorarlberg une majorité des habitants vivent dans leur propre maison individuelle et que le taux de logements en propriété privée est élevé, les Suisses sont plutôt un peuple de locataires (70% vivent dans des appartements loués). Au Vorarlberg il est donc parfaitement logique d'avoir un programme promotionnel destiné aux propriétaires de maisons individuelles, alors qu'en Suisse il s'agit plutôt d'intégrer les propriétaires et les sociétés de construction de logements dans le développement de la maison passive.

Les pouvoirs publics jouent un rôle particulièrement important puisqu'ils peuvent créer des conditions cadres appropriées (programmes promotionnels, définition de standards pour les bâtiments neufs et les bâtiments existants, ainsi que taxation progressive des énergies fossiles), mais aussi comme maîtres d'ouvrage qui contribuent à faire de la construction efficiente sur le plan énergétique la norme de construction de l'avenir [Haum und Nill, 2004].

10 Revendications politiques

A côté des mesures relatives à la politique des transports, la promotion de méthodes de construction et d'assainissement efficaces sur le plan énergétique est le moyen le plus important pour réaliser des réductions drastiques des émissions de CO₂ à des coûts justifiables [Schmittknecht, 1998]. Le potentiel de loin le plus élevé est offert par l'assainissement de l'effectif de bâtiments existants. L'établissement du standard de la maison passive en bois régional comme standard de construction et d'assainissement pour l'avenir exige toutefois une démarche politique active. Les méthodes de construction et d'assainissement efficaces sur le plan énergétique ne constituent pas seulement un potentiel énorme pour la réduction des émissions de CO₂, elles servent aussi à promouvoir l'indépendance des Etats alpins par rapport aux importations de pétrole en provenance de régions en crise. Le renforcement des circuits économiques régionaux et nationaux est un autre avantage important. Tous ces aspects doivent être identifiés par les responsables politiques et mis en oeuvre au travers de mesures à effet incitatif.

10.1 Promotion de méthodes de construction et d'assainissement efficaces sur le plan énergétique

Des mesures prises par l'Etat sont indispensables pour un lancement massif sur le marché des méthodes de construction et d'assainissement efficaces sur le plan énergétique. Un premier pas doit consister à introduire sur l'ensemble du territoire un certificat de performance énergétique qui fixe les caractéristiques thermiques d'un bâtiment sur le plan technique. C'est une condition indispensable pour l'évaluation énergétique d'un bâtiment dans le cadre de mesures promotionnelles. En plus, il faut une promotion ciblée des méthodes de construction et d'assainissement efficaces sur le plan énergétique. La promotion peut prendre la forme de paiements directs et de prêts avantageux et/ou de mesures fiscales pénalisant les bâtiments inefficaces sur le plan énergétique et les énergies non renouvelables.

Les modèles promotionnels développés jusqu'ici dans quelques pays alpins devront être soumis à un examen critique. En Autriche, par exemple, les moyens mis à disposition pour subventionner les logements sont utilisés à 80% pour la construction de nouveaux logements et seulement à 20% pour l'assainissement de bâtiments existants. La répartition devrait être modifiée en faveur de l'assainissement au moyen d'une promotion plus efficace [Guschlbauer-Hronek, Grabler-Bauer, et al., 2004]. Jusqu'ici, les bâtiments industriels et commerciaux efficaces sur le plan énergétique ne sont pas non plus subventionnés de manière ciblée. Mais d'une manière générale il faudrait aussi réaliser des contrôles de la qualité après la fin des travaux lorsqu'une subvention a été accordée, en vue de vérifier si les standards définis préalablement ont été respectés.

A part les subventions, les campagnes d'information ciblées destinées à améliorer le degré de notoriété et une communication claire des nombreux avantages économiques et écologiques des méthodes de construction et d'assainissement efficaces sur le plan énergétique à l'intention du grand public sont des instruments importants.

Les pouvoirs publics doivent eux-mêmes assumer un rôle de modèle en faisant construire systématiquement les bâtiments neufs par des méthodes efficaces sur le plan énergétique. Le nouveau gouvernement du Land de Haute Autriche a fait un premier pas dans cette direction par la conclusion d'un accord gouvernemental stipulant que tous les bâtiments

publics à l'échelle du Land et des communes devront être construits selon le standard de la maison passive dans la mesure du possible. Cette déclaration de volonté politique doit être suivie par des actions. Il ne s'agit toutefois pas seulement de construire les bâtiments neufs de manière efficace sur le plan énergétique, mais aussi de soumettre les bâtiments existants à un "contrôle énergétique". Lorsqu'on prévoit l'assainissement de bâtiments publics, la performance énergétique doit devenir un critère standard.

Les Etats alpins sont appelés à introduire à l'échelle nationale un certificat de performance énergétique pour les bâtiments existants et neufs, à promouvoir des méthodes de construction et d'assainissement efficaces sur le plan énergétique directement (subventions) et/ou indirectement (taxation des bâtiments inefficaces sur le plan énergétique), à réaliser des campagnes d'information ciblées pour attirer l'attention du grand public et à construire et/ou assainir les bâtiments publics par des méthodes efficaces sur le plan énergétique.

10.2 Promotion de l'utilisation du bois

"L'augmentation des ventes de bois ne sera possible que si un consensus social général en faveur de l'accroissement de l'utilisation du bois peut être établi dans le cadre du développement durable." [Lüghausen, 2004]

Dans la plupart des pays il faudra agir en priorité sur les prescriptions en matière de construction. Très souvent le caractère "non inflammable" est encore utilisé comme critère pour l'appréciation de la sécurité de matériaux de construction. Le bois est par principe un matériau inflammable, et dans les règlements relatifs à la construction cela se traduit par le fait que la construction d'un bâtiment en bois n'est autorisée qu'avec des restrictions et des dispositions de sécurité élevées. La construction de complexes immobiliers à plusieurs étages n'est pas ou seulement difficilement possible dans la plupart des pays. Au cours des dernières années, de nouvelles expériences ont été faites dans le domaine de la protection contre les incendies et de l'insonorisation et appliquées dans des projets pilotes. Il a été démontré que désormais toutes les catégories de résistance au feu peuvent être atteintes sans problèmes dans la construction en bois. Les nouveaux développements techniques doivent aussi avoir des retombées sur les règlements relatifs à la construction. En Scandinavie, par exemple, la construction d'immeubles à six étages en bois est déjà devenue la norme [Frisch, 2003]. Il ne faut pas que les Etats rendent inutilement difficile et coûteuse la construction de bâtiments en bois, simplement parce que les règlements sont surannés. Parallèlement à de telles adaptations, il faut toutefois aussi faire un travail d'information et de sensibilisation auprès des maîtres d'ouvrage et des architectes pour lutter contre les préjugés envers le bois comme matériau de construction.

La construction de bâtiments publics représentatifs à bonne performance énergétique en bois régional est un moyen pour attirer l'attention des maîtres d'ouvrage potentiels souhaitant construire ou assainir des bâtiments sur ce matériau de construction écologique. L'établissement de méthodes de construction en bois efficaces sur le plan énergétique dans la formation des architectes et ingénieurs est également une mesure efficace pour sensibiliser le grand public. De même, la création d'un Prix pour la construction en bois pourrait avoir des effets positifs sur la proportion des bâtiments construits.

Les propriétaires de forêts eux-mêmes sont également appelés à agir : le morcellement de la propriété forestière a des effets négatifs aussi bien au niveau de la gestion des exploitations (structures d'exploitation peu rentables) que de la vente du bois [Ley, 1998]. Il faut développer et soutenir des concepts de marketing indépendamment des conditions de

propriété pour permettre d'augmenter la compétitivité du bois comme matière première sur le marché. Les pouvoirs publics peuvent également apporter leur soutien si les exploitants des forêts domaniales développent une stratégie de commercialisation du bois en coopération avec les propriétaires privés de forêts.

Les Etats alpins sont appelés à rendre les règlements relatifs à la construction "plus favorables au bois" là où cela s'impose, à promouvoir l'utilisation du bois par des mesures de construction et d'assainissement de bâtiments représentatifs, par l'établissement de méthodes de construction en bois efficaces sur le plan énergétique dans la formation des architectes, par des campagnes d'information ciblées et des stratégies de commercialisation modernes dans le secteur forestier.

10.3 Internalisation des coûts réels dans la production des matières premières et le transport

La production de bois remplit les exigences les plus rigoureuses en matière de durabilité comme pratiquement aucune autre matière première ou source d'énergie. Alors que l'exploitation durable des forêts ne permet de récolter que la quantité de bois qui repousse, d'autres matières premières sont exploitées et consommées sans que leur reproduction soit assurée. Ajoutons que la production d'autres matières premières et sources d'énergie cause des retombées négatives nettement plus importantes sur l'environnement. Les "prestations secondaires" fournies gratuitement par la forêt dans le domaine de la qualité de l'air, de la protection de la nappe phréatique, de la protection contre les avalanches et les éboulements, ainsi que les prestations d'intérêt général (repos et loisirs) ne sont jusqu'ici pas suffisamment prises en compte sur le plan financier.

Le refus d'imputer les coûts réels dans le domaine des nuisances écologiques et des transports a entraîné par le passé une situation de concurrence déloyale aux dépens du bois comme matériau de construction et source d'énergie. Les importations de bois sur des distances de 1'000 ou même 10'000 km nécessitent un réseau routier bien aménagé, créent du bruit et des émissions de polluants et peuvent causer des accidents de la route, mais elles restent économiquement rentables tant que le principe du pollueur payeur n'est pas mis en oeuvre de façon cohérente.

Dans l'espace alpin, il y a suffisamment de forêts à disposition, dont l'exploitation basée sur le développement durable et le respect de l'environnement peut couvrir les besoins accrus de matériaux de construction et de bois de chauffage. Le bois indigène ne deviendra toutefois compétitif par rapport aux importations provenant de l'étranger que si l'on impute les coûts réels dans le secteur des transports.

Les Etats alpins sont appelés à imputer les coûts réels dans l'extraction, la production et l'utilisation de matériaux de construction et de combustibles. En plus, le principe du pollueur payeur doit être appliqué dans le secteur des transports.

10.4 Mesures législatives en matière de construction

Les communes et les villes doivent davantage tenir compte des aspects énergétiques et écologiques dans les règlements relatifs à la construction et les plans d'occupation des sols. L'orientation des bâtiments au sud, l'occupation intelligente des sols, la réalisation d'un indice de dépense énergétique conforme à la technique la plus récente et l'utilisation de matériaux écologiques sans effets nocifs pour la santé doivent devenir une évidence. Les plans d'occupation des sols sont un excellent instrument pour mettre en oeuvre ces aspects.

La construction de maisons à faible consommation énergétique ou Minergie devrait être établie comme standard minimum pour les bâtiments neufs. Ce standard peut être atteint sans difficultés aujourd'hui, à condition toutefois que les architectes et ingénieurs se penchent davantage sur cette thématique.

Les communes et les villes des Etats alpins sont appelées à prendre davantage en considération les aspects énergétiques et écologiques dans leurs plans d'occupation des sols. L'orientation des bâtiments au sud et la réalisation d'un indice de dépense énergétique conforme au standard de faible consommation d'énergie et/ou Minergie doivent devenir un élément indispensable des plans de zonage. Le recours à des matériaux de construction écologiques devrait être encouragé de manière ciblée.

10.5 Mesures dans le cadre de l'aménagement du territoire

Dans le contexte de l'utilisation croissante des surfaces, il devient toujours plus important de baser l'aménagement du territoire sur la durabilité. Le premier objectif doit consister à conserver l'effectif de bâtiments existants, à les optimiser et à les revaloriser sur le plan énergétique. Il faut encourager la revitalisation des villes. Les friches commerciales, industrielles et militaires doivent être soumises à une nouvelle exploitation – bien sûr après examen de la situation relative au sol (ex. : sols anciennement pollués). Le "débordement" supplémentaire des villes vers la campagne environnante doit être remplacé par une croissance vers l'intérieur. La délimitation de zones à bâtir doit être accompagnée d'un développement cohérent des transports publics, car il ne sert à rien de construire une maison passive si le parcours quotidien pour aller au travail doit être fait en voiture. En Basse Autriche, nous observons le plus grand nombre de maisons passives en comparaison avec le reste de l'Autriche, mais en même temps cette province a la consommation d'essence par habitant la plus élevée [VCÖ, 2004]. La "politique des distances courtes" – logement, travail, approvisionnement et loisirs – doit être mise en oeuvre de manière cohérente dans les plans d'aménagement du territoire et des paysages.

Les Etats alpins sont appelés à baser les plans d'aménagement des territoires et des paysages sur le développement durable en vue de réduire l'utilisation des surfaces et d'encourager la croissance à l'intérieur. La délimitation de zones à bâtir doit être accompagnée d'un développement des transports publics.

10.6 Mesures transnationales

Une cause qui prévient la propagation des méthodes de construction et d'assainissement efficaces sur le plan énergétique à l'échelle alpine réside dans le fait qu'une grande partie de la littérature n'existe qu'en langue allemande. Et les échanges entre architectes, bureaux d'études, maîtres d'ouvrage et entreprises de construction au-delà des frontières sont encore trop rares en raison des barrières linguistiques.

Pour une propagation des méthodes de construction et d'assainissement efficaces sur le plan énergétique à l'échelle alpine, il faudrait dans un premier temps traduire les ouvrages en langue allemande les plus importants en français, en italien et en slovène (voir Tableau 27). Lorsqu'il s'agit d'ouvrages techniques très spécifiques, les traductions peuvent constituer un travail bien plus important que prévu à l'origine. Par exemple, le "Passivhaus-Projektierungs-Paket 2004", nécessaire pour la certification de maisons passives, nécessite des données climatiques régionales indispensables au calcul des indices. Il n'est donc pas suffisant de traduire simplement le texte du manuel, il faut en même temps mettre à disposition les données climatiques de la région. Pour l'Italie du nord, le manuel est disponible à partir de novembre 2004. La traduction vers d'autres langues n'est pas prévue à l'heure actuelle.

L'échange d'expériences entre maîtres d'ouvrage, bureaux d'études, architectes et politiques au-delà des frontières devrait être encouragé par l'organisation de colloques, de manifestations d'information, de conférences et d'excursions.

Les Etats alpins sont appelés à encourager la publication d'ouvrages en plusieurs langues et à soutenir la traduction de la littérature spécialisée en langue allemande consacrée aux méthodes de construction et d'assainissement efficaces sur le plan énergétique. Il conviendrait de promouvoir l'organisation de conférences avec traduction simultanée et d'excursions.

Tableau 27 : Aperçu des ouvrages de référence les plus importants consacrés aux méthodes de construction et d'assainissement efficaces sur le plan énergétique

Ouvrages spécialisés consacrés aux méthodes de construction et d'assainissement efficaces sur le plan énergétique	de	fr	it	sl	en
BINE Informationsdienst (2004): „Energieeffiziente Altbauten - Durch Sanierung zum Niedrigenergiehaus“ Fachinformationszentrum Karlsruhe (Ed.) TÜV-Verlag, Köln (D)	x				
FEIST, Wolfgang (Hrsg.) (2004): „Passivhaus-Projektierungs-Paket 2004“, 6. überarbeitete Auflage, Handbuch und CD-Rom, Passivhausinstitut Darmstadt (D)	x		x ¹		
GRAF, Anton (2003): „Neue Passivhäuser“ Callwey-Verlag, München (D)	x				
GRÜTZMACHER, Bernd (2002): „Niedrigenergie-Häuser aus Holz“ Callwey-Verlag, München (D)	x				
HUMM, Ottmar (Hrsg.) (2000): „Niedrigenergie- und Passiv-Häuser“, ökobuch Verlag, Staufen bei Freiburg (D)	x				
KRAPMEIER, Helmut und DRÖSSLER, Eckart (2001): „CEPHEUS - Wohnkomfort ohne Heizung / Living comfort without heating“ Springer-Verlag, Wien/A	x				x
OEHLER, Stephan (2004): „Grosse Passivhäuser“, Kohlhammer, Stuttgart (D)	x				
WINKE, Uwe (2002): „Manuale di bioedilizia“, ISBN: 8849649525			x		

¹ A commander auprès de Z-Consulting OHG info@zconsulting.it ou l'organisation environnementale nationale PAEA www.paea.it à partir de novembre 2004

11 Littérature (la liste est consultable sous www.alpmedia.net)

ANDRIS, Tom: Das Passivhaus und Marketing, Beitrag zum IEA SHC Task 28 „Solar Sustainable Housing“

ARBEITSKREIS FLUGVERKEHR (2003): Der Traum vom Fliegen. Für ganze 20 Euro., Informationsbroschüre zu beziehen bei: BUND Bundesgeschäftsstelle, Am Köllnischen Park 1, 10171 Berlin oder unter <http://www.umwelt.org/robin-wood/german/verkehr/fg/faltblatt-robin-wood-verkehr-flug2.pdf>

ARBEITSKREIS ÖKOLOGISCHER HOLZBAU (Hrsg.) (2002): Das AktivHaus AKÖH : Das Haus mit der besseren Energiebilanz, Bezug über <http://www.aktivhaus.net/buch.htm>

BACHMANN, Peter (1998): Stellung der Holzproduktion in einer multifunktionalen Waldnutzung, in: Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL), Birmensdorf (Hrsg.) Forum für Wissen 1998: Optimierung der Produktionskette Holz

BASLER UND HOFMANN INGENIEURE UND PLANER AG (1996): Messprojekt Direktgewinnhaus Trin, Untersuchung im Auftrag des Bundesamtes für Energiewirtschaft (CH)

BIEGER, Thomas et al. (2003): Beitrag zur strukturellen und regionalökonomischen Entwicklung der Frostwirtschaft in Berggebieten, Studie des Instituts für Öffentliche Dienstleistungen und Tourismus, St. Gallen, Bezug: <http://www.idt.unisq.ch/org/idt/main.nsf/>

BINE Informationsdienst (2003): Energieeffiziente Einfamilienhäuser mit Komfort, Themeninfo II/03, Fachinformationszentrum Karlsruhe (Hrsg.) <http://www.bine.info>

BINE Informationsdienst (2004): Energieeffiziente Altbauten - Durch Sanierung zum Niedrigenergiehaus, Fachinformationszentrum Karlsruhe (Hrsg.), TÜV-Verlag, Köln

BINZ, Armin (2004): Passivhäuser in der Nordwestschweiz, in: Tagungsband 8. Europäische Passivhaustagung, Krems, Hrsg: Zentrum für Bauen und Umwelt, Donau-Universität Krems (A)

BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit) (2004): Strom von der Sonne sorgt für neue Arbeitsplätze, Pressemitteilung BMU Nr. 234/04, vom 06.08.2004 <http://www.bmu.de/de/1024/js/base/>

BMWI (Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie) (2000): Jetzt erneuerbare Energien nutzen, Informationsratgeber für Verbraucher, Bonn (D)

BRÄUCHLE, Ralf (1998): Energiekonzept für ein Studentenwohnheim, Arbeit an der Fakultät für Bauingenieur- und Vermessungswesen der Universität Karlsruhe, Institut für Massivbau und Baustofftechnologie, Abt. Baustofftechnologie, Karlsruhe, Bezug über: http://www.oeko.de/service/gemis/files/doku/g3_baeuchle.pdf

BURTSCHER, Josef, GMEINER, Harald und SCHLADER, Wilhelm (2003): Neue Energien für alte Häuser, Energieinstitut Vorarlberg (Hrsg.), Dornbirn (A)

BUWAL (Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft) (2003): Wald und Holz in der Schweiz - Jahrbuch 2003, Bezug über: <http://www.umwelt-schweiz.ch/buwald/de/>

BUWAL (Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft) (2004): Holzenergie-Facts, Bezug: http://www.umwelt-schweiz.ch/buwal/de/fachgebiete/fg_wald/rubrik2/holzinfos/index.html#top

BUWAL (1) (Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft) (2004): Innovative Architektur baut auf Holz, Faktenblätter zum Internationalen Tag des Waldes, Schweiz

BUWAL (2) (Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft) (2004): Holz versteckt sich überall, Faktenblätter zum Internationalen Tag des Waldes, Schweiz

BUWAL (3) (Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft) (2004): Holz ist heiss, Faktenblätter zum Internationalen Tag des Waldes, Schweiz

BUWAL (4) (Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft) (2004): Medienmitteilung zum Internationalen Tag des Waldes, 20.03.2004 in Landquart/CH, Pressedienst BUWAL

BÜHRING, Andreas et al. (2004): Marktpotenzial für Passivhäuser und 3-Liter-Häuser, Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme (Hrsg.), Bezug über <http://www.ise.fhg.de>

CIPRA (Hrsg.) (2001): 2. Alpenreport, Eigenverlag der Internationalen Alpenschutzkommission CIPRA, Bezug: <http://www.cipra.org>

CONTAL, Marie-Hélène (2003): „Konstruktive Provokation - Neues Bauen in Vorarlberg“, Interview mit dem Vorarlberger Architekturinstitut am 10.04.2003, Bezug über: http://www.v-a-i.at/news/paris/Interview_Contal_030425_english.doc

DIANE ÖKO-BAU (1995): Gesamtenergie-Buchhaltung von drei Gebäuden, Büro für Umweltchemie, Zürich/CH, Veröffentlichung im Rahmen des Aktionsprogramms Energie 2000, Schweiz

DOSCH, Klaus und RANFT, Fred (1999): Was sie schon immer über Holzhäuser wissen wollten, aber nie zu fragen wagten, Aachener Stiftung Kathy Beys, Informationen zum Holzbau, <http://www.aachener-stiftung.de>

ECONUM GmbH (Hrsg.) (1998): Graue Energie von Baustoffen, 2. Auflage, Bezug über econum GmbH, St. Gallen/CH, info@dconum.ch

ENERGIEINSTITUT VORARLBERG (Hrsg.) (2003): Neue Energie für alte Häuser - Ein Leitfaden zur energieeffizienten und ökologischen Wohnbausanierung, Bezug über <http://www.energieinstitut.at>

ENERGIEINSTITUT VORARLBERG (Hrsg.) (2003a): Berührungen 2001-2002, Jahresbericht, Eigenverlag, Dornbirn (A)

FEIST, Wolfgang (keine Angabe): Kostengünstige Passivhäuser in Mitteleuropa: Ein kurzer Bericht, <http://www.passivhaus-institut.de>

FEIST, Wolfgang (1999): Stadtplanerische Instrumente zur Umsetzung von Passivhäusern, Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser Phase II, Protokollband Nr. 19, Bezug: <http://www.passivhaus-institut.de>

FEIST, Wolfgang (2003): Einsatz von Passivhaustechnologie bei der Altbau-Modernisierung, Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser Phase III, Protokollband Nr. 24, Bezug: <http://www.passivhaus-institut.de>

FORUM VAUBAN (Hrsg.) (1997): Einführung in das Bauen mit Holz - Ein alter Werkstoff wird neu entdeckt, Freiburg

FRISCH, Evelyn C. (2003): Mehrgeschossiger Holzbau, in: Waldwirtschaft Schweiz (Hrsg.), Wald und Holz 1/03, Solothurn (CH)

GANTIOLER, Günther (2004): Passivhäuser in Italien, in: Tagungsband 8. Europäische Passivhaustagung, Krems, Hrsg: Zentrum für Bauen und Umwelt, Donau-Universität Krems (A)

Graf, Anton (2003): Neue Passivhäuser, Callwey-Verlag, München/D

GREMINGER, Peter (2004): Die Zukunft der Schutzwälder, in: Waldwirtschaft Schweiz (Hrsg.): Wald und Holz 4/04, Solothurn/CH

GRÜNENFELDER, Thomas (2004): Holzenergie Schweiz, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft Schweiz (Hrsg.), Bezug: http://www.umwelt-schweiz.ch/imperia/md/content/forstdirektion/wh_waldundholz/wh20_factsfigures/wh20_007_holz-infos/3.pdf

GUSCHLBAUER-HRONEK, Katharina, GRABLER-BAUER, Gertraud et al. (2004): Altbausanierung mit Passivhauspraxis, Strategien zur Marktaufbereitung für die Implementierung von Passivhauskomponenten in der Althausanierung, Endbericht, im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie, Österreich. Bezug über <http://www.nachhaltigwirtschaften.at/>

GÜTEGEMEINSCHAFT NIEDRIGENERGIE-HÄUSER (Hrsg.) (2002): Güte- und Prüfbestimmungen für die Planung und Bausausführung von Häusern in besonders energiesparender Bauweise, Bezug über: <http://www.quetezeichen-neh.de>

HAUM, Rüdiger und NILL, Jan (2004): Zeitstrategien ökologischer Innovationspolitik bei Wohngebäuden, Institut für ökologische Wirtschaftsforschung GmbH (Hrsg.), <http://www.ioew.de/home/downloaddateien/ZeitstrategienInnovationspolitik.pdf> (de)

HASTINGS, Robert und ENZ, Daniela (2003): Nachhaltige Solar-Wohnbauten IEA: SHC 28/BCS 38, Jahresbericht 2003 im Auftrag des Bundesamts für Energie, Schweiz

HOFER, Peter et al. (2003): Der Gebäudepark der Schweiz als Holzlager und CO₂-Senke, Tagungsband 12. Schweizerisches Status-Seminar 2002 "Energie- und Umweltforschung im Bauwesen" 12./13. Sept. 2002 an der ETH Zürich

HOLZABSATZFONDS (2004): Vorurteile sind widerlegt, Schrot und Korn (Hrsg.) spezial: Wohnen in Holz, Ausgabe 06/2004

HOLZENERGIE SCHWEIZ: Im Wald wächst Wärme, Informationsbroschüre, Bezug über: <http://www.holzenergie.ch>

HOLZINDUSTRIE SCHWEIZ (2004): Schweizer Holz wird zu wenig genutzt, <http://www.holz-bois.ch/frames/content.asp?langID=1&lev1ID=1&lev2ID=37&lev3ID=487>

HUMM, Ottmar (Hrsg.) (2000): NiedrigEnergie- und Passiv-Häuser, ökobuch Verlag, Staufen bei Freiburg/D

IG METALL (2003): Die Europäische Holzwerkstoff- und Sägereiindustrie – Sachstand, Perspektiven und Handlungspositionen, Frankfurt/D. Bezug: <http://www.igmetall.de/>

IBO-ÖSTERREICHISCHES INSTITUT FÜR BAUBIOLOGIE UND -ÖKOLOGIE (Hrsg.) (1999): Ökologischer Bauteilkatalog, Springer-Verlag, Wien

JAAKKO PÖYRY CONSULTING (2004): Struktur- und Potenzialanalyse der Schweizer Sägeindustrie, Abschlussbericht, Bezug: http://www.holz21.ch/index2_d.htm

JONAS, Anton und HANEDER, Herbert (2001): Energie aus Holz, Landeswirtschaftskammer Niederösterreich (Hrsg.), St. Pölten/A

KESSLER, F.M. (1999): Schweizerische Holzenergiestatistik Folgeerhebung für das Jahr 1998, Basler & Hofmann, Zürich, im Auftrag des Bundesamtes für Energie, Schweiz

KRAPMEIER, Helmut (2004): Das Passivhaus - Wohnkomfort im Europaformat, Skript zum Vortrag am Energieinstitut Vorarlberg, Dornbirn/A

KRAPMEIER, Helmut und DRÖSSLER, Eckart (2001): CEPHEUS - Wohnkomfort ohne Heizung, Springer-Verlag, Wien

Landespressestelle Vorarlberg (2004): Ressourcenschonendes Bauen weiter auf dem Vormarsch, Pressemitteilung vom 12.08.2004, <http://www.vorarlberg.at/presse>

LANG, Mathias und Lang, Günther (2002): Das Passivhaus, Planungs-, Bau- und Kalkulationsgrundlagen, LANG consulting (Hrsg.), Wien/A

LALIVE D'EPINAY et al. (2004): Ökologische Optimierung von Solargebäuden über deren Lebenszyklus, Schlussbericht IEA SHC Task 28 / EC BCS Annex 38, im Auftrag des Bundesamtes für Energie, Schweiz

LINDER KOMMUNIKATION (2002): Marketing- und PR-Strategie Minergie und Passivhaus, Schlussbericht im Auftrag des Bundesamtes für Energie, Schweiz

LEY, Christian (1998): Probleme und Bedürfnisse aus der Sicht des Praktikers, in: Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL), Birmensdorf (Hrsg.) Forum für Wissen 1998: Optimierung der Produktionskette Holz

LIGNUM: Holzbulletin 64/2002 - Hallen und Hüllen, Zürich/CH.

LÜGHAUSEN, A. (2004): Perspektiven für die Holzvermarktung, Vortragsunterlagen im Rahmen des Holz-Forum Osnabrück, 19.02.2004; <http://www.ris-naro.net>

MEISTER, Franz (2000): Life Cycle Umweltbilanz von österreichischen Heizsystemen, Tagungsbeitrag zur Fachtagung und Kooperationsbörse Erneuerbare Energieträger, 26.-28.04.2000, St. Pölten (A)

MORDZIOL, Christoph (2003): Begriffe und Höhen der Leerlaufverluste, in: „Neues zum Thema Leerlaufverluste“ Ausgabe 13, Pressestelle des Umweltbundesamtes, Berlin (Hrsg.), Bezug über: <http://www.umweltbundesamt.de/leerlauf/neues/>

MORDZIOL, Christoph (2004): persönliche Mitteilung per email vom 29.07.2004, Geschäftszeichen: I 2.6-72256-2/1 (K3372) (A.2033)

OBERÖSTERREICHISCHER ENERGIEEINSPARVERBAND, Linz/A, info@energieeinsparverband.at

OBJEKTDATENBANK ÖSTERREICH (2004): 1000 Passivhäuser in Österreich - Interaktives Dokumentations- Netzwerk Passivhaus, Statistiken unter: <http://www.passivehouse.at/>

ÖKOENERGIE (2003): Magazin zur Förderung erneuerbarer Energie, Ausgabe 53-2003/2004, Ökosoziales Forum Österreich (Hrsg.) Bestellung: <http://www.oesfo.at/at/publikationen/oekoenergie.htm>

OEKONEWS (2004): Verdopplung der Mitarbeiterzahl in Wels durch Solarförderung in Deutschland, Mitteilung vom 25.09.2004, Bezug: http://www.oekonews.at/index.php?mdoc_id=1005591

OZINGA, Saskia (2001): Behind the logo, an environmental and social assessment of forest certification schemes, FERN 1C Fosseway Business Centre (Hrsg.) Bezug unter: <http://www.fern.org/pubs/reports/behind/btlrep.pdf>

PREGIZER, Dieter (2002): Grundlagen und Bau eines Passivhauses, C. F. Müller Verlag, Heidelberg

PROHOLZ (Hrsg.) (2002): Mehrgeschossiger Holzbau in Österreich -Holzskelett- und Holzmassivbauweise, Eigenverlag, Bezug über <http://www.proholz.at>

PROHOLZ (Hrsg.) (2003): Der Beitrag Holz zum Klimaschutz, Arbeitsheft 3/03 (d/e), Eigenverlag, Bezug über <http://www.proholz.at>

PROHOLZ (Hrsg.) (2004): Der Holzmarkt Frankreich, Arbeitsheft 5/04, Eigenverlag, Bezug über <http://www.proholz.at>

REISS, Johann: Energetische Sanierung von Wohngebäuden und Schulen, Beispiele und Lösungen, Fraunhofer Institut für Bauphysik, Stuttgart/D

RONDO SPEZIAL (2002): Holzbau auf der Überholspur, Informationsbroschüre von proholz Austria, Wien und Der Standard, Wien

SCHMITTKNECHT, Isabel (1998): Kommunale Massnahmen zur Förderung der Niedrigenergie-Bauweise, Klima-Bündnis, Frankfurt <http://www.klimabuendnis.org>

SCHUSTER, Gerhard (2004): Wohnbau-Fördermodelle für Einfamilienhäuser in Passivhausbauweise in Österreich im Vergleich, in: Zentrum für Bauen und Umwelt (Hrsg.): 8. Europäische Passivhaustagung, Tagungsband, Krems/A

SCHWARZ, Peter and RANDALL, Doug (2003): An Abrupt Climate Change Scenario and its Implications for United States National Security, http://www.ems.org/climate/pentagon_climatechange.pdf

SPESSCHA, Otmar (2002): Sind Passivhäuser bezahlbar, Tagungsband/Vortragsunterlage, Bezug über Empa - Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt <http://www.empa.ch>

Statistik Austria (2000):

Stark, S. (2003): Holz als Werkstoff im Baubereich: Tipps zum Schutz vor Umwelteinflüssen, Die Umweltberatung Niederösterreich (Hrsg.), Bezug: <http://www.umweltberatung.at>

UMWELTDATENBANK (Deutschland): <http://www.umweltdatenbank.de/lexikon/heizoel.htm>

UVS (Unternehmensvereinigung Solarwirtschaft) (2004): Infographiken für die Presse, Bezug über: <http://www.solarwirtschaft.de>

VCÖ Verkehrsclub Österreich (2004): Jeder Österreicher spart durch autofreie Mobilität 492 kg Kohlendioxid pro Jahr ein!, Pressemitteilung vom 21.09.2004, <http://www.vcoe.at>

WEIZSÄCKER, Ernst Ulrich von, LOVINS, Amory und LOVINS L. Hunter (1995): Faktor vier: Doppelter Wohlstand-halbierter Naturverbrauch, Droemer Knaur, München weitere Infos zu dem Gebäude der International Netherlands Group unter: <http://www.rmi.org/sitepages/pid208.php>

WICKI, Daniel (2003): Nachhaltige Regionalwirtschaft - Holzprodukte aus der Unesco Biosphäre Entlebuch, Vortrag im Rahmen des Workshops „Zukunft Bergwald“ des Instituts für Öffentliche Dienstleistungen und Tourismus, St. Gallen 26.11.2003

WINTER, Stefan und KEHL, Daniel (2004): Holzhäuser - Werthaltigkeit und Lebensdauer, Holzbauhandbuch Reihe 3, Teil 1, Folge 2, Bezug: <http://www.uni-leipzig.de/~holzbau/>

WITZEL, Walter und SEIFRIED, Dieter (2004): Das Solarbuch, ökobuch Verlag, Staufen bei Freiburg/D

WUPPERTALINSTITUT (1999): Gebäudesanierung - eine Chance für Klima und Arbeitsmarkt, Studie im Auftrag der IG Bau und Greenpeace e.V., Bezug: http://archiv.greenpeace.de/GP_DOK_3P/BAU/SEITEN/BAUPRO.HTM

WYER, Marc (1997): Die regionale Wertschöpfung des Holzes und die Auswirkungen auf die Arbeitsplätze, in: Pro Holz Lignum Oberwallis: Regionale Wertschöpfung und neue Techniken des Holzeinsatzes im Bau- und Energiebereich, Tagungsband, 3.09.1997, Brig/CH

ZENTRUM FÜR BAUEN UND UMWELT (Hrsg.), Donau-Universität Krems (2004): 8. Europäische Passivhaustagung, Tagungsband und Presseinformationen, 16./17.04.2004 in Krems/A

12 Glossaire

Barrière / écran pare-vapeur

Dispositif empêchant la vapeur d'eau de pénétrer de l'intérieur des pièces dans le matériel d'isolation, de s'y condenser et de provoquer des dommages liés à l'humidité. On utilise comme barrière ou écran pare-vapeur des feuilles et des papiers spéciaux, mais aussi des panneaux de matériau dérivé du bois, posés sur l'isolation du côté de la pièce. Il est indispensable que l'écran pare-vapeur n'ait aucun trou. On peut aussi utiliser un écran pare-vapeur pour obtenir une étanchéité à l'air.

Besoins en chaleur de chauffage

Les besoins en chaleur resp. en énergie d'une maison durant la saison de chauffage, déterminés sur la base de calculs. L'énergie nécessaire pour la préparation de l'eau chaude n'est pas prise en compte. Les besoins en chaleur de chauffage sont indiqués en kilowattheures par année (kWh/a).

Charge de chauffage

La charge de chauffage désigne la quantité de chaleur nécessaire pour chauffer suffisamment une pièce lorsqu'il fait particulièrement froid. Elle est indiquée en watts par mètre carré (W/m²).

CO₂ (dioxyde de carbone)

Le dioxyde de carbone est un gaz résultant de tous les processus de combustion. De l'oxygène est consommé et du CO₂ se constitue en libérant de l'énergie. Le CO₂ est un composant naturel de l'atmosphère. Avec d'autres gaz à effet de serre, il empêche une trop grande réverbération de chaleur dans l'univers et il assure ainsi le maintien de températures indispensables à la vie sur Terre. En raison d'activités humaines, la concentration en CO₂ a fortement augmenté au cours des dernières décennies et l'on craint un réchauffement climatique global. Durant leur phase de croissance, les plantes prélèvent du CO₂ dans l'atmosphère et le stockent sous forme de composés organiques. De par leur longue durée de vie, les arbres constituent des puits de CO₂.

Coefficient de transmission de chaleur

Mesure de la capacité d'une structure (par ex. un élément de construction, une paroi de briques, des espaces vides, un toit en bois, des tuiles, de l'isolation, etc.) à conduire la chaleur ; indique la quantité de chaleur qui pénètre en une seconde à travers 1m² de surface d'élément de construction, lorsque la différence de température de l'air est de 1K des deux côtés de l'élément de construction. Unité : watt par mètre carré et Kelvin (W/m² K).

Construction bio

La construction bio s'intéresse, de manière interdisciplinaire, à l'environnement habité et à son influence sur la vie et la santé de l'être humain.

Diffusion

Pénétration de vapeur d'eau ou de gaz à travers des matériaux.

Ecobiologie

L'écobiologie évalue la compatibilité écologique des matériaux de construction. Elle prend en compte la production des matières premières, la fabrication, le transport, la possibilité de recyclage et l'élimination de ces matériaux. Le matériau de construction est considéré et évalué de manière globale, pendant toute sa période d'utilisation et d'élimination.

Effet de serre

Le dioxyde de carbone et d'autres gaz de l'atmosphère sont presque entièrement perméables à la lumière visible (rayonnement de courtes longueurs d'ondes), mais ils absorbent les rayons infrarouges. Ils agissent comme un filtre perméable dans un seul sens, en laissant passer la lumière visible jusqu'à la Terre mais en absorbant les rayons infrarouges réfléchis par la surface de la terre.

Emission

Libération de matières dans l'atmosphère. Le lieu ou la surface où cette libération de matières a lieu est appelé source d'émission. Le terme d'émission désigne la matière qui s'échappe et son étendue. Il peut aussi être utilisé pour le bruit, la chaleur, etc

Énergie grise

Le terme d'énergie grise désigne toute l'énergie nécessitée par des sources d'énergie non-renouvelables (pétrole, gaz naturel, charbon, uranium, hydroélectricité) pour l'ensemble des processus de fabrication, de transport et de transformation, depuis la dégradation de la matière brute jusqu'au produit fini.

Énergies fossiles

Énergie formée il y a des millions d'années à partir de substances organiques et stockée dans la croûte terrestre (mazout, gaz naturel, charbon, hydrocarbures, etc.). Cette énergie n'est pas renouvelable et ne peut être produite à l'infini. La combustion d'énergies fossiles entraîne l'émission de CO₂ dans l'atmosphère.

Énergies renouvelables

Énergie provenant de sources qui, autant que l'on puisse en juger, ne peuvent être épuisées resp. qui se renouvellent constamment, par ex. l'énergie solaire, l'énergie éolienne, l'énergie tirée de plantes (le bois, le biogaz), l'énergie géothermique.

Étanchéité à l'air

Il est important pour le fonctionnement d'une maison efficace sur le plan énergétique que l'enveloppe du bâtiment soit imperméable à l'air, c'est-à-dire qu'il n'y ait pas d'échange d'air entre l'intérieur et l'extérieur. Au cours de la planification, il convient donc d'élaborer un concept d'étanchéité à l'air qui tienne compte de toute l'enveloppe du bâtiment, y compris l'ensemble des joints et des éléments traversants. Comme chaque raccord et chaque prise électrique interrompent l'étanchéité, il est recommandé de prévoir un plan intérieur d'installation pour que tous les câbles et les conduites soient disposés au même endroit.

Formes de consommation d'énergie

On distingue trois formes de consommation d'énergie : L'"*énergie primaire*" désigne l'énergie sous la forme où elle apparaît dans la nature, par ex. le pétrole brut. A partir de cette énergie primaire, on produit par transformation ce qu'on appelle l'"*énergie finale*". On fabrique par ex. du mazout à partir de pétrole brut dans les raffineries. On presse de la sciure et des copeaux de bois pour former des granulés ou pellets ou encore on produit de l'électricité à partir d'énergie hydraulique. La conversion en énergie finale s'accompagne de déperditions dont l'importance varie en fonction de l'agent énergétique. Deux tiers du contenu énergétique original se perdent par exemple lors de la transformation d'énergie primaire en électricité et lors de sa distribution. L'énergie effectivement utilisée par les consommateurs sous forme de chaleur ou de lumière est appelée "*énergie utile*". Elle est produite sur place chez le consommateur à partir de l'énergie finale, à savoir le mazout, par exemple. Pour le chauffage, cela implique la conversion du mazout en chaleur au moyen d'une chaudière. Une partie du contenu énergétique se perd également au cours de ce processus, sous forme de déperdition de chaleur.

Granulés de bois ou pellets

Pour fabriquer des granulés de bois ou pellets, on presse des copeaux déchiquetés ou de la sciure pour former de petits cylindres, sans adjonction de liants. Leur taille est celle d'un filtre de cigarette et ils présentent un pouvoir calorifique élevé en raison de leur faible teneur en eau. Les granulés sont rangés dans des sacs ou transportés en vrac dans des camions, jusqu'au consommateur. Les poêles à granulés sont équipés d'un allumage automatique et leur puissance thermique peut se réguler confortablement au moyen d'un thermostat situé dans la pièce à chauffer. L'utilisation de granulés de bois permet de créer un tout nouveau débouché pour du bois considéré jusqu'ici comme un déchet. Les granulés constituent surtout une bonne solution en ville où il est difficile de stocker des bûches.

Indice de dépense énergétique (IDE)

Tout comme la consommation d'essence est donnée aux 100 km, on peut indiquer les besoins en chaleur de chauffage d'un bâtiment en kilowattheures par mètre carré de surface de référence énergétique et par année (kWh/m²a).

Indice de dépense énergétique pour la chaleur

Dans le standard suisse MINERGIE, l'"indice de dépense énergétique pour la chaleur" prend en compte la consommation d'énergie pour le chauffage des pièces mais aussi pour le chauffage de l'eau et le fonctionnement électrique de l'installation d'aération. Il n'est pas possible de comparer directement l'"indice de dépense énergétique pour la chaleur" et l'indice de dépense énergétique.

Ouvert à la diffusion

Une construction est dite ouverte à la diffusion lorsqu'elle laisse s'échapper la vapeur d'eau ou les gaz et qu'elle fonctionne donc à l'inverse d'un pare-vapeur. Normalement, il ne se crée pas de condensation dans les constructions ouvertes à la diffusion car elles se caractérisent par un potentiel d'évaporation élevé, qui garantit ainsi la sécurité de toute la construction. Lorsqu'il se forme une vapeur d'eau importante, par ex. quand on cuisine ou qu'on se douche, le mieux est de l'éliminer en aérant. Règle à observer : tant qu'un miroir situé dans la même pièce que la source de vapeur se couvre, même légèrement, de buée, l'humidité de l'air est trop élevée et il est nécessaire d'aérer.

Pont thermique

Les ponts thermiques sont des endroits dans l'enveloppe du bâtiment où l'on constate une déperdition de chaleur élevée par rapport aux éléments de construction environnants. Il s'agit généralement d'un joint d'élément de construction ou d'un angle du bâtiment, où l'isolation continue de la maison est interrompue ou affaiblie et la perte de chaleur accrue. Une dalle de balcon en béton ou un linteau en béton armé constituent des ponts thermiques classiques.

Surface de référence énergétique (SRE)

Par surface de référence énergétique, on entend la surface de toutes les pièces chauffées. En Autriche et en Suisse, les parois sont prises en compte ("surface au sol brute") tandis qu'en Allemagne, la SRE correspond à la surface habitable sans les parois ("surface au sol nette"). Si l'on veut comparer des indices de dépense énergétique en Allemagne et en Suisse, il faut donc rajouter env. 15% aux valeurs suisses.

Taux de renouvellement d'air

Le taux de renouvellement d'air indique combien de fois le volume d'air des pièces est entièrement renouvelé en une heure. Un taux de renouvellement d'air de 0,5 signifie que l'air du bâtiment est entièrement renouvelé toutes les 2 heures.

Valeur g

La valeur g désigne la perméabilité énergétique totale des fenêtres et elle indique le pourcentage de lumière solaire pénétrant à travers le vitrage. Plus la valeur g est élevée, plus le gain en termes de rayonnement et de chaleur est important. Les triples vitrages actuels ont une valeur de 0,8 ce qui signifie que 80 % de l'énergie solaire pénètre dans la pièce.

Valeur U

La valeur U (autrefois valeur k) indique la quantité de chaleur passant en une heure à travers 1m² de surface extérieure d'un élément de construction, avec une différence de température de 1°C ou Kelvin (K) entre l'intérieur et l'extérieur. L'unité est le watt par mètre carré et le Kelvin (W/m²K). Plus cette valeur est petite, meilleure est l'isolation thermique de l'élément de construction et moins il se perd de chaleur.