



# Le bon chauffage au bon endroit

energie-environnement.ch  
services cantonaux de l'énergie et de l'environnement




*Cette brochure s'adresse à tous ceux qui doivent prendre des décisions concernant le chauffage, que ce soit pour leur propre bâtiment, pour des bâtiments dont ils ont la responsabilité, ou pour planifier une stratégie énergétique au niveau de leur collectivité. Elle ne remplace pas les nombreux documents et prospectus explicatifs ou techniques produits par la Confédération, les services cantonaux, les hautes-écoles, les associations professionnelles et les fabricants. Elle a plutôt pour rôle de les éclairer, en reformulant ce qui est important à considérer du point de vue de l'énergie et de l'environnement, et en insistant sur l'importance du lieu où est implanté le bâtiment qui a besoin de chaleur. Elle vise aussi à faire prendre conscience que le choix d'un chauffage doit sortir de la vision individuelle, car il s'inscrit dans une problématique commune, à prendre en compte dans l'aménagement du territoire et la conception des bâtiments.*

<b>4</b>	<b>Le contexte</b>
<b>6</b>	Pour une stratégie géographique du chauffage
<b>8</b>	La planification énergétique territoriale du chauffage
<b>10</b>	Le MoPEC et les standards Minergie
<b>11</b>	Les besoins de chaleur et le CECB
<b>12</b>	L'énergie de chauffage par personne
<b>13</b>	Les impacts sur l'environnement et la santé
<b>16</b>	<b>À considérer avant de choisir une solution de chauffage</b>
<b>18</b>	À propos de rentabilité
<b>20</b>	4 à 8 mois de chauffage, mais 12 mois d'eau chaude
<b>22</b>	Une bonne isolation donne davantage de choix pour le chauffage
<b>24</b>	Le confort thermique et l'aération
<b>26</b>	Quitter le chauffage électrique
<b>28</b>	<b>Les systèmes de chauffage</b>
<b>30</b>	Sources de chaleur passives
<b>32</b>	Capteurs solaires thermiques pour l'eau chaude
<b>34</b>	Capteurs solaires thermiques pour le chauffage et l'eau chaude
<b>36</b>	Pompes à chaleur (PAC):
<b>38</b>	• Géothermie et PAC « sol-eau »
<b>40</b>	• PAC « eau-eau »
<b>42</b>	• PAC « air-eau »
<b>44</b>	Chaleur à distance (CAD) / réseau de chauffage
<b>46</b>	Mieux utiliser les combustibles: le couplage chaleur-force (CCF)
<b>48</b>	Bois
<b>52</b>	Gaz naturel (non renouvelable) et biogaz (renouvelable)
<b>54</b>	Mazout

# Le bon chauffage au bon endroit

Cette brochure est éditée par energie-environnement.ch,  
plate-forme d'information des services cantonaux de l'énergie et de l'environnement.  
Texte: Communication in Science, Pierre-André Magnin et Mirko Saam.  
Graphisme et illustration: Cédric Siegenthaler.  
Octobre 2012 v5



*» Qu'il faille utiliser les énergies renouvelables, c'est une évidence ! Nos ancêtres les ont toujours maîtrisées. Puis il y a eu ce siècle d'énergie facile, et sa consommation irraisonnée de charbon, de mazout et de gaz naturel. Aujourd'hui on reprend la maîtrise de notre futur en réapprivoisant le renouvelable, mais avec de nouveaux besoins et, surtout, avec de nouveaux savoirs. »*



<b>Pour une stratégie géographique du chauffage</b>	<b>6</b>
<b>La planification énergétique territoriale du chauffage</b>	<b>8</b>
<b>Le MoPEC et les standards Minergie</b>	<b>10</b>
<b>Les besoins de chaleur et le CECB</b>	<b>11</b>
<b>L'énergie de chauffage par personne</b>	<b>12</b>
<b>Les impacts sur l'environnement et la santé</b>	<b>13</b>

# Le contexte

# Pour une stratégie géographique du chauffage

**En Suisse, le chauffage des bâtiments et la production d'eau chaude sanitaire sont responsables de plus de 40% de la consommation d'énergie et des émissions nationales de CO<sub>2</sub> – ce gaz qu'il faut cesser d'accumuler dans l'atmosphère parce qu'il entraîne d'inquiétants changements climatiques. Les ménages représentent 65% de la demande d'énergie de chauffage, les services 25%, et l'industrie 10%.**

Le chauffage alourdit non seulement le budget des ménages et des entreprises, mais aussi la balance commerciale du pays, car le gaz et le mazout doivent être importés. Or, à l'heure de réduire la consommation de ces combustibles fossiles pour protéger le climat, il faut aussi économiser l'électricité, car le Parlement a décidé d'abandonner progressivement l'énergie nucléaire. Quant au bois de nos forêts, énergie renouvelable locale, il n'y en a pas assez pour couvrir l'énorme demande des bâtiments du pays, ce qui en fait une ressource précieuse à utiliser avec discernement.

Ainsi, le chauffage redevient une question centrale dans l'architecture, l'urbanisme et la planification territoriale. Dans les grandes lignes, les objectifs de la Confédération et des cantons en la matière sont les suivants :

- Assainir les bâtiments qui consomment beaucoup trop d'énergie – 60% ont été construits avant la première crise pétrolière et sont particulièrement mal isolés. Diminuer encore les besoins de chaleur des bâtiments neufs, et les amener d'ici 2020 vers l'autonomie pour le chauffage. Placer des capteurs solaires partout où c'est possible.
- Exploiter davantage les énergies renouvelables : soleil ; chaleur du sol, de l'eau et de l'air ambiant ; bois ; déchets de l'agriculture et de l'élevage ; etc. Valoriser tous les rejets de chaleur (eaux usées, processus industriels, air vicié des installations d'aération, etc.)
- Améliorer le rendement énergétique des combustibles. Puisqu'ils dégagent une haute température en brûlant, réserver le mazout, le gaz naturel, le biogaz et le bois à des installations de couplage chaleur-force (CCF) qui produisent simultanément de la chaleur et de l'électricité : en tandem avec des pompes à chaleur, elles peuvent utiliser les combustibles avec un tiers d'efficacité en plus. Se passer totalement des énergies fossiles pour le chauffage d'ici 2050.

- Dans les agglomérations, développer les réseaux de « chauffage à distance », qui relie plusieurs immeubles ou quartiers à un gros producteur de chaleur : usine d'incinération des ordures ménagères, centrale CCF à bois ou au gaz naturel/biogaz, et – à l'avenir – centrale géothermique. L'avantage, c'est que les sources de chaleur peuvent être modifiées ou remplacées sans toucher au réseau de distribution.
- Dans les zones villas et en milieu rural, où le chauffage à distance est peu approprié à cause de la faible densité de l'habitat, favoriser les capteurs solaires, le bois et les pompes à chaleur qui tirent l'énergie du sous-sol, de l'eau ou de l'air et qui utilisent jusqu'à cinq fois moins d'électricité que le chauffage électrique.
- Planifier territorialement le chauffage (et l'énergie en général) à l'échelle d'une collectivité et sur le long terme : profiter de toutes les sources d'énergie renouvelables locales et des activités économiques de la région ; valoriser les rejets de chaleur ; connaître la nature du sous-sol pour identifier les zones et les profondeurs où aller puiser la chaleur (géothermie) ; prévoir où seront implantées les installations productrices d'énergie et les endroits où passeront les canalisations de chauffage à distance, ainsi que les réseaux électriques.

Pour les décennies à venir, les climatologues prévoient davantage d'étés caniculaires, sans exclure des épisodes de grand froid. Les villes, surtout, devront faire face à des problèmes croissants de surchauffe, à prendre en compte autant que le chauffage. Heureusement, de bonnes solutions architecturales et des installations techniques innovantes peuvent rendre les bâtiments confortables autant en hiver qu'en été : certaines pompes à chaleur sont aussi utilisables pour amener la fraîcheur du sous-sol dans les locaux, et les profonds piliers et murs de fondation connus sous le nom de « géostructures énergétiques » peuvent rendre le même service.

Réduire les besoins d'énergie de chauffage des bâtiments et remplacer le gaz naturel et le mazout par des énergies renouvelables ne profitera pas seulement au climat. La santé publique a tout à y gagner, car brûler des combustibles, c'est forcément polluer l'air. Or, cette pollution a lieu même quand la période de chauffage est terminée : durant l'été, trop de chaudières à bois, à gaz ou à mazout continuent de fonctionner pour produire de l'eau chaude, alors que des capteurs thermiques pourraient le faire en profitant de l'énergie du soleil. •

[www.bfe.admin.ch](http://www.bfe.admin.ch)  
[www.suisseenergie.ch](http://www.suisseenergie.ch)  
[www.endk.ch](http://www.endk.ch)  
[www.leprogrammebatiments.ch](http://www.leprogrammebatiments.ch)

# La planification énergétique territoriale du chauffage

Réalisée à l'échelle d'un quartier, d'une commune, d'un canton ou de toute une région, la « planification énergétique territoriale » vise à diminuer les besoins en énergie, à développer l'usage des énergies renouvelables locales pour renoncer progressivement aux énergies fossiles, et à assainir les chauffages les plus polluants.

Afin d'intégrer cette transition énergétique dans la vision politique et les plans d'aménagement du territoire, le travail consiste d'abord à faire deux inventaires qui peuvent être menés en parallèle. Le premier est un état des lieux : quels agents énergétiques utilisent les bâtiments pour le chauffage et l'eau chaude ? Quel est leur état d'isolation et que peut-on gagner en les assainissant ? Où l'énergie est-elle dépensée sur le territoire et par qui – logements, activités économiques, infrastructures ?

Le second consiste à faire l'inventaire de toutes les ressources énergétiques exploitables : sous-sol favorable à la géothermie ; versants des toits et façades bien exposés pour des capteurs solaires ; rivières, lacs et nappes d'eau souterraines pouvant servir de sources de chaleur en hiver et de sources de fraîcheur en été ; activités industrielles productrices de rejets de chaleur ; crêtes de montagne suffisamment ventées pour des éoliennes ; forêts exploitables ; tunnels passant dans le cœur toujours tempéré d'une montagne ; cours d'eau, torrents et sources d'eau potable dont la pression permet de produire de l'hydroélectricité ; collecteurs d'eaux usées dont on peut exploiter la chaleur ; boues d'épuration, et déchets de l'agriculture ou de l'exploitation forestière capables de libérer du biogaz ; etc.

Il faut ensuite intégrer les informations de ces inventaires sur des cartes ou dans un système informatique de gestion du territoire, afin que les autorités et l'administration puissent les prendre en compte lors de l'affectation du sol aux bâtiments, aux infrastructures, aux activités économiques ou aux installations productrices d'énergie (plans directeurs et plans d'aménagements).

On planifiera ainsi la construction d'un quartier d'habitations parcouru par un réseau de chauffage qui le relie à une centrale productrice de chaleur et d'électricité (CCF-couplage chaleur-force). Dans ce cas, le canton ou la commune peuvent obliger les futurs propriétaires à s'y raccorder, ou à laisser passer les conduites sur leurs parcelles. Autre exemple : dans un quartier déjà construit, on saura, au moment de la rénovation des bâtiments, quels toits et quelles façades sont bien orientées pour recevoir des capteurs solaires thermiques ou photovoltaïques, et on pourra informer les propriétaires de ce potentiel.

La planification énergétique territoriale permet aussi de gérer les conflits d'usage, par exemple entre la pose de capteurs solaires et la protection du patrimoine, ou entre l'établissement d'une petite station hydroélectrique et la protection de la nature, ou encore entre la pose d'une éolienne et la protection du paysage.

La cartographie 3D du sous-sol est particulièrement importante pour connaître le potentiel géothermique du territoire. Elle permet d'estimer où sont les couches géologiques intéressantes, jusqu'à quelle profondeur descendre pour obtenir la température souhaitée, et sous quels angles forer pour les atteindre. Avec ces données en main, on peut planifier les infrastructures souterraines (canalisations, fondations profondes, tunnel) sans nuire à ce potentiel énergétique. Ou éviter qu'un forage géothermique mette en danger une nappe d'eau potable souterraine.

La planification énergétique territoriale permet aussi de limiter l'émission de polluants de l'air dans des zones où les valeurs limites sont régulièrement dépassées. Elle peut par exemple désigner les endroits où les chauffages individuels à bois sont proscrits parce que, même équipés de filtres, ils aggravent la pollution par leurs particules fines.

Elle est aussi un outil pour attribuer les subventions et les allègements fiscaux de manière stratégique, que cela soit pour diminuer les besoins de chaleur des bâtiments (isolation et remplacement des fenêtres), pour encourager l'utilisation de ressources énergétiques renouvelables, ou encore pour remplacer les chauffages électriques. ●

# Le MoPEC et les standards Minergie

**En Suisse, ce sont les cantons qui édictent la législation concernant la consommation d'énergie des bâtiments à construire ou à rénover. Pour harmoniser les lois cantonales, les services de l'énergie des cantons se sont entendus sur un ensemble de mesures destinées à réduire efficacement la consommation d'énergie du parc immobilier du pays, tout en augmentant la part des énergies renouvelables : le MoPEC (Modèle de prescriptions énergétiques des cantons).**

Le MoPEC sert de guide pour la révision des lois cantonales sur l'énergie. En se basant sur la norme SIA 380/1 (2009), il impose notamment que les besoins de chaleur d'un bâtiment neuf – pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire – ne dépassent pas 4,8 litres d'équivalent mazout par m<sup>2</sup> de surface chauffée et par an (c'est 4 à 5 fois moins qu'un bâtiment typique des années 1970). Un bâtiment entièrement rénové ne doit pas dépasser 7,5 litres par m<sup>2</sup>. Le MoPEC s'approche ainsi du standard Minergie, sans les exigences sur l'aération.

L'association Minergie a été créée en 1998 pour faire la promotion de méthodes de construction, de chauffage et d'aération qui nécessitent peu d'énergie – et qui créent peu de nuisances pour l'environnement et le climat. Regroupant la Confédération, les cantons, des acteurs des mondes académiques et économiques ainsi que des membres privés, Minergie n'octroie pas seulement des labels (payants) aux constructions neuves et rénovées. Elle organise aussi des

cours de formation pour les professionnels du bâtiment et du chauffage. Elle édit des guides de construction et de rénovation. Elle établit enfin des modèles pour des matériaux, des fenêtres, des installations techniques, etc.

Il y a plusieurs labels Minergie. Le moins exigeant amène un bâtiment neuf à une consommation de 3,8 litres d'équivalent mazout par m<sup>2</sup> (rénovation : 6 litres) pour le chauffage, la production d'eau chaude sanitaire et le mécanisme d'aération. Avec Minergie-P, la consommation tombe à 3 litres. Avec Minergie-A, le bâtiment ne consomme pas plus d'énergie qu'il en produit (bâtiment « zéro énergie » ou « à énergie positive »). Il existe encore le label Minergie ECO qui s'ajoute aux autres pour garantir que les occupants soient à l'abri des nuisances (bruit, polluants intérieurs, électrosmog) et que la construction et la déconstruction future du bâtiment respectent au mieux l'environnement (pollution et énergie grise).

Les exigences du MoPEC, de même que celles de Minergie, évolueront encore dans les années à venir. ●

[www.endk.ch](http://www.endk.ch)  
[www.minergie.ch](http://www.minergie.ch)

# Les besoins de chaleur et le CECB

**Le calcul des besoins de chaleur d'un bâtiment à rénover ou à construire permet de prévoir, avant les travaux, s'il va remplir les exigences prévues par la loi cantonale sur l'énergie, ou faire mieux jusqu'à atteindre un des standards Minergie. Le calcul permet aussi de définir la puissance du chauffage à installer.**

Se basant sur la norme SIA 380/1 pour un chauffage théorique à 20°C, ce calcul tient compte des plans et des matériaux choisis pour la construction et l'isolation. C'est en grande partie l'isolation, la superficie et la forme du bâtiment (l'enveloppe) qui sont déterminants, mais aussi les conditions météorologiques du lieu. Le calcul prend aussi en compte les gains solaires à travers les vitres, ainsi que la chaleur dégagée par les personnes, l'éclairage et les appareils électriques.

Le CECB (Certificat énergétique cantonal des bâtiments) indique le véritable état énergétique du bâtiment, puisque le spécialiste qui le décerne étudie un bâtiment déjà construit et en usage. Le calcul se base sur la surface chauffée et la consommation d'énergie réelle (factures et relevés de compteurs) pour le chauffage, l'eau chaude et l'équipement technique électrique (aération, éclairage des communs, etc). Le CECB aboutit à deux classements sur une échelle qui va de A (le meilleur) à G (le plus mauvais). Le premier concerne uniquement la performance d'isolation de l'enveloppe du bâtiment, et le second la performance énergétique globale, qui tient compte de toute l'énergie consommée et de la part d'énergie renouvelable.

Ainsi, une maison peut être très bien classée sur la première échelle parce qu'elle est parfaitement isolée, mais mal classée sur la seconde parce qu'elle utilise des radiateurs électriques. Elle serait mieux classée si elle se chauffait avec une pompe à chaleur et un chauffage par le sol, système qui consomme 3 à 4 fois moins d'électricité.

S'il ressemble à une étiquette-énergie, le CECB est bien davantage que cela. Le propriétaire qui le demande reçoit aussi une liste de conseils pour diminuer la consommation d'énergie de son bien.

Dans l'idéal, le CECB est affiché en bonne vue à l'entrée du bâtiment. Il s'agit d'informer les occupants, ou les futurs locataires ou acheteurs, sur l'état énergétique du lieu et sur les charges de chauffage et d'électricité à attendre. Dans certains cantons, il est déjà obligatoire de fournir ce certificat lors d'une transaction immobilière. •

[www.ceb.ch](http://www.ceb.ch)

# L'énergie de chauffage par personne

**Les exigences légales en matière d'isolation des bâtiments et de consommation d'énergie tiennent surtout compte de la surface des étages, et assez peu du nombre de personnes qui peuvent y vivre ou y travailler. Si un bâtiment est doté d'un bon Certificat énergétique cantonal des bâtiments (CECB), cela ne veut pas dire que ses occupants ont – individuellement – moins d'impacts sur l'environnement que ceux d'un bâtiment qui utilise davantage d'énergie de chauffage au mètre carré.**

En effet, lorsqu'on divise la consommation d'énergie de chauffage par les occupants, un bâtiment plus ancien mais densément habité peut s'avérer plus écologique qu'un bâtiment moderne – surtout s'il s'agit d'une résidence secondaire chauffée sans être occupée, ou de bureaux vides les deux tiers du temps.

En règle générale, à qualité de construction égale, les habitants d'une villa consomment plus d'énergie de chauffage que ceux d'un appartement situé dans un immeuble locatif. Parce qu'ils disposent de davantage de surface à chauffer. Parce qu'une installation de chauffage individuelle est moins efficace qu'une collective. Et parce qu'une villa a – par rapport à la surface habitable – davantage de surfaces de murs, de sol et de toit en contact avec le froid extérieur. Bien évidemment, une personne seule dans un appartement de 5 pièces aura davantage d'impact que les membres d'une grande famille logeant en villa.

La consommation énergétique d'un bâtiment dépend aussi beaucoup du comportement de ses habitants. Entre deux immeubles identiques, elle peut aller du simple au double, suivant la manière d'utiliser l'eau chaude, de régler la température intérieure et d'ouvrir les fenêtres en hiver.

C'est justement pour responsabiliser les occupants à leur consommation, et pour ne pas faire payer les excès des plus dépensiers aux plus économes, que le « décompte individuel des frais de chauffage et d'eau chaude (DIFC) » est devenu la règle pour les immeubles nouvellement construits (l'obligation dépend notamment du nombre d'appartements et varie selon les cantons). Il consiste à mettre, dans chaque appartement, des compteurs de chaleur pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire. Le partage des charges tient compte du fait que les logements sont exposés différemment au froid et au soleil. •

# Les impacts sur l'environnement et la santé

**Le climat de la Terre se réchauffe sous l'influence des activités humaines.**

**C'est un fait. Et la question est désormais de savoir si les pays industrialisés laisseront s'élever la température moyenne de leur planète de plus de 2°C, un minimum jugé, hélas, inévitable. En ratifiant le Protocole de Kyoto en 2003, la Suisse s'est engagée à participer aux efforts internationaux en faveur du climat, en agissant surtout sur le CO<sub>2</sub> qui représente plus de 80% des gaz à effet de serre émis par le pays. D'ici à 2020, elle doit diminuer ses émissions d'au moins 20% par rapport à celles de 1990.**

Plus de 40% des émissions helvétiques de CO<sub>2</sub> proviennent du chauffage et de la production d'eau chaude. Trois-quarts des ménages sont chauffés avec des combustibles fossiles : du mazout surtout (54%), et du gaz naturel (21%). La part du mazout baisse régulièrement depuis 30 ans, alors que celle du gaz naturel grimpe.

Les chauffages électriques et les pompes à chaleur (qui fonctionnent avec un compresseur électrique) dégagent aussi du CO<sub>2</sub>, mais indirectement. En effet, bien que la majeure partie du courant produit en Suisse soit tiré de la force hydraulique et de la réaction nucléaire, notre pays importe aussi de l'électricité issue notamment de centrales thermiques dans lesquelles sont brûlés du charbon, du pétrole ou du gaz naturel. Du fait de ces importations, chaque kWh électrique consommé en Suisse dégage en moyenne entre 80 et 110 grammes de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère – c'est l'équivalent

d'un kilomètre parcouru par une petite voiture économe. Certaines soirées d'hiver, lorsque les éclairages et les chauffages électriques sont enclenchés et que la consommation est au plus fort, le kWh distribué par les prises helvétiques peut même tripler ses émissions de CO<sub>2</sub>, avec plus de 300 grammes. Du point de vue climatique, c'est même pire que de se chauffer directement au mazout – à la différence que les polluants de l'air sont émis à l'étranger.

Lorsqu'on brûle un combustible dans une chaudière ou dans une centrale thermique, des polluants de l'air sont émis par le processus de combustion : oxydes d'azote (NOx), monoxyde de carbone (CO), dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>), composés organiques volatils (COV) et poussières fines (PM10). La composition des polluants et leur quantité dépendent non seulement du combustible, mais aussi de la technologie de l'installation (les plus anciennes sont généralement les plus polluantes), de ses réglages et de son état d'entretien.

Les polluants du chauffage s'ajoutent à ceux du trafic motorisé et des activités industrielles. Certains se recombinaient pour former des polluants secondaires. C'est le cas des COV et des NOx qui produisent de l'ozone estival (O<sub>3</sub>) sous l'action de la chaleur et du soleil. En fonction de leurs concentrations dans l'air et de la sensibilité des personnes, ils peuvent provoquer des crises aiguës (détresse respiratoire, accident cardio-vasculaire, accident vasculaire cérébral) ou des maladies chroniques (maladies pulmonaires, asthme, hypertension, maladies cardiaques et vasculaires, cancers). Les

## Les impacts sur l'environnement et la santé

voies respiratoires sont affectées par les particules fines (PM10), les oxydes d'azote, l'ozone et le dioxyde de soufre. Le système cardiovasculaire par les particules très fines ( $>PM_{2,5}$ ), les oxydes d'azote et le monoxyde de carbone. Les particules de suie, le benzène, les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) sont toxiques à partir de doses infimes, et ont des effets cancérogènes.

En Suisse, c'est l'Ordonnance fédérale sur la protection de l'air (OPair) qui dicte les valeurs limites que ces polluants ne doivent pas dépasser dans l'air ambiant (immissions) ou à la sortie d'une installation de chauffage (émissions). Et c'est aux cantons de les faire respecter. Ainsi, chaque deux ans, une chaudière doit être inspectée par un ramoneur ou un technicien qui contrôle le brûleur et les gaz de combustion. Dans les régions où la pollution de l'air est déjà forte, notamment à cause du trafic motorisé, les exigences peuvent même être plus strictes que l'OPair.

La pollution de l'air en Suisse s'est considérablement réduite depuis le milieu des années 1980, bien qu'il y ait davantage de véhicules et de chauffages. On doit ce progrès non seulement à un renforcement de la législation et des contrôles, mais aussi aux améliorations techniques (moteurs, chaudières et processus industriels), à une désulfuration des carburants et des combustibles, à une baisse de la consommation du mazout au profit du gaz naturel, et, enfin, à des taxes et à des subventions. Notre atmosphère bénéficie aussi des mesures prises dans les pays voisins – et de la délocalisation d'industries polluantes vers l'Asie. Mais si l'air est globalement moins pollué qu'il y a 25 ans, on peine toujours à faire respecter les valeurs limites pour l'ozone, les oxydes d'azote et les poussières fines.

La loi fédérale sur la protection des eaux (LEaux) concerne aussi les installations de chauffage. Elle évite qu'on enterre une citerne à mazout trop près d'un captage d'eau potable (zones «S»). Ou qu'on mette en danger une nappe souterraine d'eau potable en installant une sonde géothermique verticale pour une pompe à chaleur.

Le chauffage a aussi des impacts indirects sur l'environnement, dus notamment à l'extraction des combustibles et à leur transport. Pour le mazout, tiré du pétrole, ce sont les nuisances des puits sur terre et des plate-formes en mer, les fumées et les rejets des raffineries, la circulation des pétroliers, des trains et des camions-citernes, et toutes les fuites qui ont lieu tout au long de la chaîne de production et de livraison. L'exploitation du gaz naturel apporte aussi son lot d'atteintes à l'environnement. Le vaste réseau de gazoducs et de conduites a notamment des fuites qui sont rarement prises en compte quand on fait le bilan de ce combustible: le méthane, composant principal du gaz naturel, a un pouvoir d'effet de serre 21 fois plus important que le CO<sub>2</sub>. Même le bois de chauffage (bûches, plaquettes, pellets) participe au réchauffement global, puisqu'il faut des machines et des véhicules à moteur pour les produire et les livrer, mais le bilan de CO<sub>2</sub> du bois reste bien meilleur que celui des combustibles fossiles.

Si on veut comparer objectivement les différents systèmes de chauffage, on doit aussi prendre en compte toute l'énergie (énergie grise) et les atteintes à l'environnement qu'entraînent la fabrication des installations, leur transport, leur mise en place, leur entretien et leur fin de vie. On peut aussi considérer les risques technologiques: marée noire pour le pétrole, explosion pour le gaz naturel, contamination radioactive pour l'électricité d'origine nucléaire... Quel que soit le mode d'évaluation, ce sont les chauffages basés sur les énergies renouvelables et locales qui sont largement en tête du classement: soleil, bois, biomasse et chaleur de l'environnement. ●

Office fédéral de l'environnement  
[www.bafu.admin.ch](http://www.bafu.admin.ch)

Office fédéral de la santé  
[www.bag.admin.ch](http://www.bag.admin.ch)



*Pour reprendre la maîtrise du chauffage, la piste est claire : diminuer les besoins de chaleur, collecter toutes les sources renouvelables, valoriser nos rejets de chaleur, savoir partager, et stocker lorsque l'offre n'est pas simultanée à la demande. Quant au financement, tout montre que les énergies renouvelables sont concurrentielles, mais dans un autre équilibre. Un chauffage électrique ou à combustible fossile demande peu d'investissements au départ, mais l'électricité, le gaz ou le mazout dont il aura besoin au cours des ans ressemblent à une hypothèque incertaine et pleine de risques. Un chauffage basé sur les énergies renouvelables exige certes un plus grand investissement au début, mais pour ensuite profiter d'un service durable à des coûts modérés. »*



À propos de rentabilité	18
4 à 8 mois de chauffage, mais 12 mois d'eau chaude	20
Une bonne isolation donne davantage de choix pour le chauffage	22
Le confort thermique et l'aération	24
Quitter le chauffage électrique	26

# À considérer avant de choisir une solution de chauffage

# À propos de rentabilité

**Au moment de choisir une installation de chauffage, on peut se demander quel système est – économiquement parlant – le plus rentable sur le long terme. La réponse la plus honnête consiste à dire qu'on le saura dans 25 ans. Pour répondre en effet, il faudrait prévoir l'évolution des coûts de l'énergie et des taux d'intérêt hypothécaire.**

Pour le mazout et le gaz, l'état des gisements et l'évolution de la demande mondiale laissent penser que les prix vont avoir une tendance générale à la hausse, même s'ils peuvent connaître des baisses temporaires. Et pour l'électricité aussi, en raison de la fermeture planifiée des centrales nucléaires en Suisse et ailleurs, et de l'accroissement de la demande en Europe.

En fait, l'expérience a montré que les coûts des combustibles (bois, gaz, mazout) et de l'électricité dépendent de facteurs qui varient au cours des ans : demande, offre, subventions, taxes... sans compter les événements catastrophiques et géopolitiques qui peuvent entraîner une baisse d'approvisionnement et agir sur les prix. D'où l'importance de diminuer nos besoins de chaleur – et notre dépendance – en pensant en priorité à l'isolation du bâtiment, à sa capacité d'utiliser passivement le rayonnement du soleil, et à la quantité d'énergie qu'il faut par habitant pour être chauffé – une donnée qui est trop rarement prise en compte actuellement.

Si on considère uniquement les coûts d'investissement, le chauffage le meilleur marché est un poêle à bois. Mais pour une solution qui maintienne automatiquement une température constante dans les locaux, le système le moins cher à l'investissement est le chauffage électrique (radiateurs électriques ou nattes chauffantes au sol) parce qu'il n'a pas besoin d'un circuit d'eau de chauffage. C'est malheureusement une mauvaise technologie pour l'environnement, d'une part parce qu'au coeur de l'hiver, une grande part de l'électricité importée est produite avec des centrales à mazout, au gaz ou au charbon ; et d'autre part parce qu'on peut produire trois à cinq fois plus de chaleur avec la même électricité en utilisant des pompes à chaleur. C'est la raison pour laquelle la plupart des cantons interdisent les nouveaux chauffages électriques (sauf cas spéciaux) et se préparent à remplacer les anciennes installations.

Pour le « chauffage central », c'est-à-dire avec une distribution de la chaleur par un réseau d'eau chaude vers des radiateurs ou des chauffages au sol, la chaudière à gaz est actuellement la moins chère, parce qu'elle est techniquement plus simple qu'une chaudière à mazout ou à bois avec sa réserve de combustible, ou qu'une pompe à chaleur. Il est aussi plus facile d'étendre un réseau de gaz qu'un réseau de chauffage à distance qui demande une double conduite enterrée et très bien isolée.

La chaudière à gaz est actuellement en tête des ventes pour les habitations collectives neuves ou rénovées, alors que la pompe à chaleur a la préférence pour les maisons individuelles. Cela s'explique en partie parce que le réseau de gaz s'étend surtout dans les lieux les plus densément peuplés. Mais l'explication tient aussi dans le fait qu'une bonne partie des bâtiments dans lesquels on installe le gaz sont habités par des locataires et que ce sont eux qui paient (avec leurs charges) le combustible et les frais d'entretien. Alors qu'une maison individuelle est habitée le plus souvent par son propriétaire, qui peut tenir compte non seulement du coût de l'investissement, mais aussi des prix de l'énergie et de l'entretien sur le long terme.

Mais pourquoi se concentrer uniquement sur la rentabilité financière, alors qu'on n'en parle jamais pour une belle voiture, une piscine, ou l'ameublement d'un appartement ? Ainsi, de plus en plus de propriétaires – individu, société ou collectivité – choisissent aussi le chauffage et l'isolation de leur bâtiment selon des critères environnementaux. Parce qu'ils désirent émettre peu de polluants et le moins de CO<sub>2</sub> possible, ils isolent davantage que les normes légales, ajoutent des capteurs solaires, se raccordent à un réseau de chauffage à distance, ou recourent à un spécialiste de la thermique du bâtiment pour rechercher une solution technique originale avec les énergies renouvelables de leur région.

Quelle que soit la solution de chauffage vers laquelle on se tourne, il vaut la peine de s'informer d'abord auprès d'un spécialiste neutre qui ne soit pas le représentant d'une marque ou d'un agent énergétique (bois, gaz, mazout...). Si on bâtit du neuf, les solutions liées à l'architecture – bonne isolation, gains solaires à travers les fenêtres, stockage de la chaleur et de la fraîcheur dans la masse du bâtiment – sont toujours meilleures que celles qui passent par des installations techniques : la simplicité est un gage de rentabilité. On veillera aussi à choisir une installation dont la puissance soit parfaitement adaptée aux besoins du bâtiment, et à la faire mettre en place par une entreprise qui puisse optimiser son fonctionnement et la suivre au fil du temps – et offrir, dans l'idéal, une « garantie de performance ». Il est important que le technicien soit capable de bien régler l'installation, et d'en expliquer les réglages à ceux qui vont l'utiliser. De mauvais paramètres introduits sur un tableau de commande peuvent entraîner du gaspillage pendant plusieurs années. •

[www.garantie-de-performance.ch](http://www.garantie-de-performance.ch)

# 4 à 8 mois de chauffage, mais 12 mois d'eau chaude

**Avec l'amélioration de l'isolation des bâtiments, la part d'énergie dévolue à l'eau chaude ne cesse de croître – justement parce que celle du chauffage diminue spectaculairement. Dans un bâtiment Minergie, par exemple, la production d'eau chaude représente environ 50% des besoins de chaleur, alors qu'elle compte pour moins de 20% dans un bâtiment typique des années 1970, qui consomme 4 à 5 fois plus d'énergie au total.**

La période officielle de chauffage s'étend de la mi-octobre à la mi-mai, soit 7 mois par an. Il faut y ajouter aussi les séries de jours dont la température moyenne ne dépasse pas 12°C, qui sont aussi considérés comme des « jours de chauffage ». Cependant, la période de chauffage n'est pas la même pour tous. Dans un bâtiment mal isolé et qui profite peu du soleil, elle correspond généralement à la définition officielle – en altitude, le chauffage peut même fonctionner pendant plus de 8 mois. Mais dans un bâtiment bien conçu et bien isolé, elle se limite aux 4 ou 5 mois les plus froids.

Par contre, la période de production d'eau chaude pour la cuisine et la salle de bains (eau chaude sanitaire) est la même pour tous les bâtiments: 12 mois par an.

À la sortie du robinet, l'eau chaude sanitaire doit avoir au moins 50°C pour éviter que des microorganismes pathogènes se développent dans les conduites. Il lui faut donc atteindre toute l'année 55-60°C au sortir du chauffe-eau, ou davantage si elle doit parcourir un long chemin dans une tuyauterie mal isolée.

En hiver, dans un bâtiment peu performant, l'eau qui circule dans la tuyauterie du chauffage central est à peu près à la même température que l'eau chaude du robinet (50-60°C). La chaudière fonctionne donc au même régime quand elle travaille pour les radiateurs ou pour les robinets. Alors que dans un bâtiment économe en énergie, la température de l'eau de chauffage est beaucoup plus basse que celle de l'eau chaude: 30-35°C suffisent pour des chauffages par le sol ou des radiateurs modernes de très grande surface.

Ainsi, dans le choix d'une installation de chauffage, on a intérêt à réfléchir « chauffage » ET « eau chaude sanitaire » comme deux sujets séparés – même s'ils sont liés. On verra alors que l'option des capteurs solaires thermiques s'impose bien souvent pour l'eau chaude. Car plus on va vers les beaux jours, et plus les capteurs peuvent assumer seuls la production, même par ciel voilé: une fois terminée la saison de chauffage, le bâtiment produit son eau chaude en ne

dégageant ni pollution, ni CO<sub>2</sub>; s'il est relié à un réseau de chauffage à distance, il contribue à la baisse des besoins de chaleur de l'ensemble.

À l'exception des petits systèmes à gaz qui s'enclenchent au moment où le robinet s'ouvre, l'eau chaude sanitaire est généralement produite dans un gros cylindre bien isolé qu'on appelle « chauffe-eau », « ballon », « bouilleur » ou « boiler ». Ce cylindre sert à la fois de marmite et de thermos de stockage (accumulateur isolé). À l'intérieur, il peut renfermer un ou plusieurs échangeurs de chaleur. Le plus simple est une résistance électrique, dont l'efficacité énergétique est très mauvaise – d'où la tendance à en restreindre ou interdire l'usage. Si le chauffe-eau est associé à une chaudière ou à une pompe à chaleur, c'est un serpent d'eau de chauffage qui transmet indirectement sa chaleur à l'eau potable. Et lorsqu'il y a des capteurs solaires thermiques, le chauffe-eau comporte deux serpentins (on dit qu'il est « bivalent »): un premier, en bas, qui amène la chaleur des capteurs, et un second, en haut, qui achève de monter la température de l'eau avec la chaudière ou la pompe à chaleur (appoint de chaleur).

Il existe aussi des chauffe-eau indépendants, c'est-à-dire non couplés au système de chauffage, qui intègrent une pompe à chaleur. Dénommés « CEPAC », ils consomment trois fois moins d'électricité qu'un chauffe-eau électrique ordinaire (voir page 27).

Le choix des robinets et des pommeaux de douche a une grande influence sur la quantité d'eau chaude (et froide) consommée. Une étiquette-énergie permet désormais de comparer les dispositifs les plus efficaces d'après leur débit. De même, en choisissant un lavabo ou une baignoire, on se renseignera sur le volume d'eau qu'il faut y verser pour faire la vaisselle ou se baigner. •

[www.swissolar.ch](http://www.swissolar.ch)

[www.pac.ch](http://www.pac.ch)

[www.etiquetteenergie.ch](http://www.etiquetteenergie.ch)

# Une bonne isolation donne davantage de choix pour le chauffage

**Un bâtiment bien isolé peut se contenter d'un chauffage à basse température (30-35°C). Il offre ainsi deux grands avantages à son installation de chauffage : elle subit moins de pertes d'énergie, notamment sur le parcours de la tuyauterie ; et elle peut profiter avec une efficacité maximale de sources de chaleur renouvelables, que se soit en captant le soleil hivernal ou en soutirant de la chaleur de l'environnement avec une pompe à chaleur.**

En Suisse, la moyenne d'âge des bâtiments est de plus de 45 ans et leur durée de vie dépasse largement 100 ans. Plus de la moitié sont mal isolés, au niveau des murs, du toit, du plancher et des fenêtres ; ils sont pour la plupart chauffés au mazout. Lorsque la chaudière prend de l'âge, beaucoup de propriétaires se demandent s'il ne faudrait pas opter pour un chauffage plus économique et plus écologique.

La mesure la plus efficace sur le plan de l'énergie et de l'environnement est l'isolation du bâtiment et le changement de fenêtres. Car la demande d'énergie va baisser de manière beaucoup plus spectaculaire qu'en ajoutant des panneaux solaires ou une pompe à chaleur à un bâtiment qui reste en l'état.

On recommande d'isoler les bâtiments neufs et rénovés par l'extérieur, à l'exception de ceux dont les façades ont un intérêt historique ou patrimonial. Parce que l'isolation par l'extérieur n'a que des avantages sur le plan thermique : elle maintient la masse du bâtiment au chaud en hiver et au frais en été, lui permettant de mieux compenser les variations météorologiques et de moins solliciter son installation de chauffage (et de climatisation). Par rapport à l'isolation intérieure, elle évite les problèmes de condensation d'humidité dans le matériau isolant et dans les murs (ce qui réduit la performance d'isolation) ; et – surtout – elle évite les pertes de chaleur par les « ponts thermiques ».

Les ponts thermiques sont des passages privilégiés pour la chaleur. Ce sont les zones extérieures du bâtiment qu'une isolation par l'intérieur ne parvient pas à couvrir, telles les extrémités des dalles prises dans la façade, les paliers de porte ou les embrasures de fenêtre. On les repère facilement durant les nuits froides avec une caméra thermique.

Laine de verre, laine de roche, laine de bois, plaques de polystyrène expansé, de polyuréthane, de chanvre, de paille... Les différents matériaux d'isolation du marché ont des performances variables, mais il n'y a pas de miracle : même le plus résistant au transfert de chaleur doit avoir une épaisseur minimale de 16 cm pour être conforme au MoPEC\* (équivalent à environ 20 cm de laine de verre). Contrairement à ce que disent les publicités, les isolants multicouches minces ne permettent pas d'isoler efficacement.

\* Voir page 10

Seuls les nouveaux matériaux à base d'aérogel (2 à 3 fois plus isolants que la laine de verre) et les « PIV-panneaux isolants sous vide » (4 à 6 fois plus isolants que la laine de verre) offrent actuellement une bonne isolation pour une faible épaisseur. Mais ces matériaux sont encore très chers et peu écologiques. De surcroît, les PIV ne doivent pas être découpés, ni percés.

Dans le choix du matériau isolant, on peut privilégier sa performance d'isolation en fonction de son épaisseur, son prix, sa durée de vie ou encore son impact environnemental (lors de sa fabrication, de son transport et de son élimination). Mais il n'existe pas de matériau idéal. Ceux qui sont annoncés comme naturels (chanvre, laine de mouton, laine de bois, etc.) sont souvent traités contre les insectes, la moisissure et l'incendie. Le mieux est donc de se fier aux normes officielles, plutôt qu'aux déclarations commerciales.

Dans un bâtiment, on isole bien sûr les façades et le toit (plat ou pentu), mais aussi certains murs, plafonds et plancher qui séparent des locaux chauffés de locaux non chauffés (garage, grenier, cave) ou peu chauffés (atelier, réduit, garde-manger).

Si le toit est plat, il faut envisager de le « végétaliser », c'est-à-dire de l'isoler, de l'étanchéifier, de le couvrir de gravier et de terre, et d'y planter des espèces sauvages indigènes. La végétalisation permet de limiter la surchauffe estivale du bâtiment, de ralentir l'écoulement des eaux de pluie (moins de risques d'inondation), et de rafraîchir le climat urbain – sans oublier ses effets positifs sur la survie de la nature en milieu habité.

Avant d'effectuer des travaux, il est très important de s'intéresser à la « valeur U » prévue pour les façades, le toit ou les fenêtres à double ou triple-vitrage. Plus la valeur U est petite, et moins l'élément laissera perdre de chaleur lorsque le froid sévira dehors ; il résistera aussi d'autant mieux à la pénétration de la chaleur durant la canicule. On aura d'ailleurs toujours intérêt à se demander si on peut atteindre une valeur U plus petite que les exigences légales, car cette valeur est directement liée à la facture de chauffage et aux nuisances à l'environnement (CO<sub>2</sub> et polluants de l'air). •

Subventions :

[www.leprogrammebatiments.ch](http://www.leprogrammebatiments.ch)

# Le confort thermique et l'aération

**Le confort ressenti dans une pièce ne dépend pas seulement de la température de l'air indiquée par le thermomètre. Il est aussi tributaire des températures des parois, du sol et du plafond, car le corps humain y est très sensible. L'humidité ambiante, les polluants intérieurs et les courants d'air jouent aussi un rôle important.**

En hiver, si l'atmosphère est « crue » dans un bâtiment mal isolé, c'est justement parce que les vitres et les murs qui donnent sur l'extérieur peuvent avoir une température bien inférieure à 20°C, même si le thermomètre indique 24°C au centre de la pièce. Par exemple, lorsqu'il fait 0°C au dehors, la surface intérieure d'un simple vitrage n'est qu'à environ 5°C, ce qui se ressent désagréablement si on est assis près de la fenêtre. De plus, la basse température des parois et des vitrages entraîne d'imperceptibles mouvements d'air qui accroissent le sentiment d'inconfort – sans parler de l'air froid qui s'insinue directement par les défauts de jointure des fenêtres et des portes.

Un bâtiment bien isolé, et muni de fenêtres étanches et isolantes à double ou triple-vitrage, offre une ambiance très homogène au niveau des températures : les murs extérieurs sont quasiment à la température indiquée par le thermomètre, et les vitres n'ont que deux ou trois degrés de moins. Lorsqu'on est entouré de surfaces et de meubles aux mêmes températures, on peut se sentir à l'aise à 19°C – même près des fenêtres.

Isoler un ancien bâtiment et changer ses fenêtres permet donc des économies d'énergie non seulement parce qu'on réduit les pertes de chaleur, mais aussi parce qu'on remonte la température des vitrages et des murs qui donnent sur l'extérieur, si bien que les occupants peuvent se sentir à l'aise à des températures moins élevées.

Vivre à des températures plus basses en hiver règle aussi en partie le problème de sécheresse de l'air, car l'humidité de l'air et sa température sont liées. Si l'humidité d'une pièce chauffée à 25°C est à 30% – ce qui est déjà trop sec pour une personne ayant des difficultés respiratoires – le fait de descendre la température à 20°C permet de remonter l'humidité à 45%, et donc d'accroître le sentiment de confort.

Si l'air doit être régulièrement renouvelé dans un bâtiment, ce n'est pas pour compenser l'oxygène consommé par les occupants (il y en a toujours assez), mais pour évacuer les polluants intérieurs : gaz carbonique (CO<sub>2</sub>) et humidité expirés par les personnes, vapeurs de cuisine, poussières, émanations de substances synthétiques issues des peintures, des meubles, des produits d'entretien, etc.

Dans les anciens bâtiments, l'installation d'aération est généralement succincte : des grilles d'extraction tirent l'air vicié au niveau de la cuisine, des WC et de la salle de bains par simple effet « cheminée » ou avec un extracteur mécanique. L'air neuf qui le remplace pénètre à l'intérieur par les défauts de jointure des fenêtres et de la porte. Ce système peut gaspiller beaucoup d'énergie, car on ne contrôle ni la quantité d'air chaud qui est évacuée, ni celle d'air froid qui entre.

Lorsqu'on remplace les vieilles fenêtres d'un bâtiment par des fenêtres modernes – et donc étanches – on coupe les entrées d'air. S'il n'y a pas d'autres apports, l'évacuation se fait mal et l'humidité s'accumule. En hiver, si le bâtiment n'est pas bien isolé, l'humidité condense sur les murs les plus froids, favorisant le développement des moisissures.

Un changement de fenêtres devrait donc être pensé conjointement à l'aération. L'idéal sur le plan du confort et de l'énergie est une aération dite « à double flux », comportant un échangeur de chaleur qui récupère la chaleur de l'air sortant pour la transmettre à l'air entrant – elle réduit les pertes jusqu'à 90% par rapport à l'entrée d'air froid. C'est l'un des éléments-clés des maisons Minergie.

Lorsque l'aération reste limitée au mécanisme d'extraction, on peut opter pour des fenêtres dont le cadre est muni d'un clapet d'aération. Et si on ne prévoit pas de nouvelles entrées d'air, il faut informer les occupants qu'ils doivent prendre l'habitude d'aérer les locaux plusieurs fois par jour, mais quelques minutes seulement pour ne pas refroidir les murs, le sol et les meubles.

L'air entrant peut être tempéré en passant par un « puits canadien » (appelé aussi « puits provençal »), c'est-à-dire être conduit sur plusieurs dizaines de mètres dans une canalisation enterrée entre 1,5 et 2 m sous terre, afin d'être réchauffé (en hiver) ou rafraîchi (en été), avant d'arriver dans le bâtiment.

En matière d'énergie de chauffage, de confort et d'hygiène, l'aération est un élément très important. Son flux doit être adapté aux nombres de personnes et à leurs activités. Une aération trop importante gaspille non seulement de l'énergie, mais peut assécher désagréablement l'air intérieur durant les grands froids ; elle peut aussi provoquer du bruit et des courants d'air inconfortables. •

# Quitter le chauffage électrique

**Dans la plupart des cantons, le chauffage électrique est interdit dans les constructions neuves, ou soumis à de fortes restrictions. Parce que l'électricité est une énergie précieuse qui trouve un meilleur emploi pour faire fonctionner des appareils, des lampes ou des véhicules. Et parce qu'avec l'électricité nécessaire à un seul bâtiment, on peut en servir 3 ou 4 autres (dans le même état d'isolation), s'ils sont équipés de pompes à chaleur.**

En Suisse, environ 5% des ménages sont chauffés à l'électricité. Et 25% utilisent de l'eau chaude sanitaire chauffée à l'électricité. Dans les années à venir, il faudra non seulement mieux isoler les bâtiments vétustes, mais aussi remplacer les chauffages et les chauffe-eau électriques déjà installés, car le pays doit utiliser judicieusement le courant, que ce soit pour assurer son autonomie ou pour remplir ses engagements internationaux sur le CO<sub>2</sub>.

Le chauffage électrique des locaux peut être « direct », c'est-à-dire réalisé à l'aide de radiateurs à résistance qui convertissent directement le courant en chaleur (petits radiateurs très chauds, convecteurs qui élèvent la température de l'air qui les traverse, accumulateurs qui diffusent lentement leur chaleur) ou à l'aide de « nattes chauffantes », à savoir des fils métalliques intégrés dans la chappe. Chauffé de la sorte, le bâtiment n'a pas besoin de chaufferie, ni de cheminée, ni de tuyaux de chauffage (réseau hydraulique).

Le chauffage électrique peut aussi être « indirect », et utiliser un réseau hydraulique qui distribue de l'eau chaude dans des radiateurs ou des chauffages au sol. Généralement, une telle installation possède un grand accumulateur d'eau, afin de profiter du tarif de nuit de l'électricité pour constituer une réserve de chaleur pour la journée qui suit. Le chauffage indirect a été encouragé dans les années 70-80, période où les centrales nucléaires se sont multipliées, engendrant durant la nuit un excès de production d'électricité.

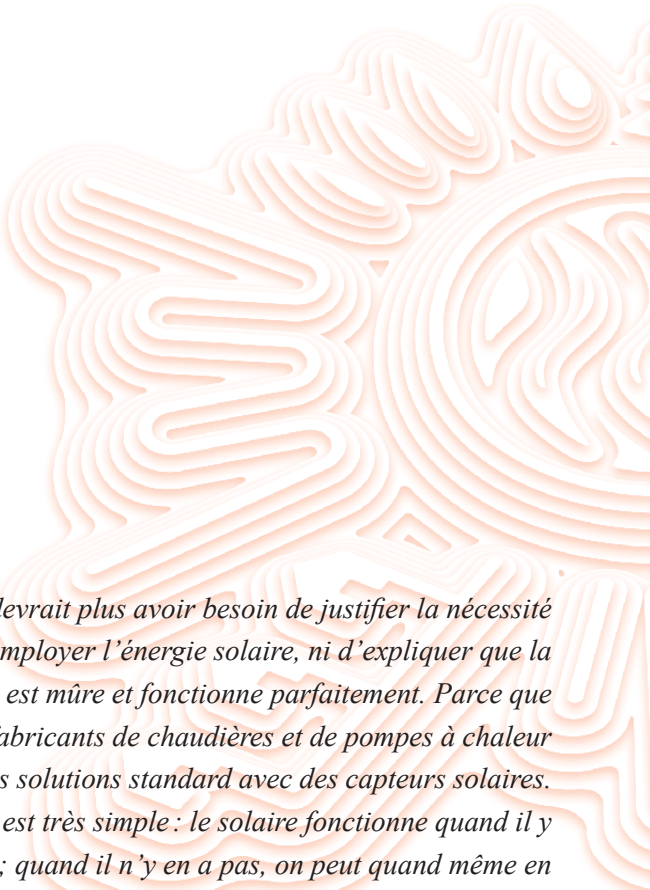
Aujourd'hui, pour un propriétaire qui veut – ou qui doit – remplacer son chauffage électrique, le problème n'est pas toujours simple, faute d'avoir un réseau hydraulique déjà en place et un local pour la nouvelle installation. Mais de plus en plus d'entreprises savent trouver des solutions. Elles passent généralement par la mise en place d'un réseau hydraulique avec une diffusion de chaleur par des radiateurs (plus ils ont une grande surface, plus on peut chauffer à basse température), des plinthes chauffantes

qui entourent les pièces, ou un chauffage par le sol – c'est l'idéal mais ce n'est pas évident à réaliser sur toute les surfaces de plancher. Il existe notamment une technique de « rainurage » qui crée un long sillon tortueux dans le béton ou le carrelage. On y dépose ensuite un serpentin (tuyau de chauffage) puis le tout est noyé sous une chape de béton d'environ 2 cm d'épaisseur.

Avant de remplacer le chauffage électrique, l'idéal est bien sûr d'isoler le bâtiment, de remplacer ses vieilles fenêtres et de mettre en place un système d'aération qui récupère la chaleur de l'air rejeté à l'extérieur. Ces travaux permettent déjà de diviser par deux ou trois la consommation d'électricité.

Indépendamment de l'isolation, on peut remplacer le chauffe-eau électrique par un CEPAC, autrement dit un chauffe-eau à pompe à chaleur. Un CEPAC s'installe dans une cave, un garage ou un local technique – des endroits non chauffés mais dont la température est au moins à 8°C. Il peut soutirer directement la chaleur de l'air où il est installé et y rejeter de l'air refroidi et plus sec. L'air soutiré et l'air rejeté peuvent aussi se situer dans deux locaux différents. Ainsi, en plus de produire de l'eau chaude, un CEPAC peut servir à refroidir et assécher une cave ou une buanderie. C'est une bonne solution pour remplacer un chauffe-eau électrique, car il consomme trois fois moins d'électricité. Il faut cependant évacuer l'eau de condensation produite par la pompe à chaleur, et veiller à ce que le bruit du compresseur ne se propage pas dans les locaux habités. Un CEPAC peut être associé à des capteurs solaires thermiques.

Le problème auquel font face les propriétaires de chauffage électrique révèle l'intérêt d'une vision territoriale du chauffage, plutôt que de laisser chaque bâtiment face à un choix individuel: « gaz? mazout? bois? pompe à chaleur? ». Par exemple, il est plus rationnel d'installer une seule centrale CCF (couplage chaleur-force) à bois ou à gaz naturel pour tout un quartier – en tandem avec des pompes à chaleur – plutôt que d'équiper chaque immeuble avec sa chaudière. La collectivité est aussi gagnante sur le total des émissions de CO<sub>2</sub>, même si la centrale en dégage beaucoup. Globalement aussi, l'ensemble polluera moins. •



» On ne devrait plus avoir besoin de justifier la nécessité d'employer l'énergie solaire, ni d'expliquer que la technologie est mûre et fonctionne parfaitement. Parce que tous les fabricants de chaudières et de pompes à chaleur proposent des solutions standard avec des capteurs solaires. Et la règle est très simple : le solaire fonctionne quand il y a du soleil ; quand il n'y en a pas, on peut quand même en profiter si on a su stocker sa chaleur. Sinon on est condamné à brûler des combustibles ou à utiliser de l'électricité. »



Sources de chaleur passives	30
Capteurs solaires thermiques pour l'eau chaude	32
Capteurs solaires thermiques pour le chauffage et l'eau chaude	34
Pompes à chaleur (PAC) :	36
• Géothermie et PAC « sol-eau »	38
• PAC « eau-eau »	40
• PAC « air-eau »	42
Chaleur à distance (CAD)/réseau de chauffage	44
Mieux utiliser les combustibles : le couplage chaleur-force (CCF)	46
Bois	48
Gaz naturel (non renouvelable) et biogaz (renouvelable)	52
Mazout	54

# Les systèmes de chauffage

# Les sources de chaleur passives

**En hiver, l'installation de chauffage n'est pas seule à produire de la chaleur dans un bâtiment. Il y a aussi d'autres sources : le soleil, surtout, qui entre par les fenêtres; les appareils électroniques et électroménagers qui chauffent en fonctionnant (même le frigo et le congélateur); les ampoules et les lampes allumées; et le corps des personnes qui y vivent.**

Un bâtiment bien conçu exploite ces sources au maximum et perd très lentement la chaleur par son enveloppe (toit, murs, fenêtres et plancher). Pour compenser les fluctuations de température qui ont lieu entre le jour et la nuit, il est aussi capable de stocker la chaleur dans ses dalles et ses murs faits de matériaux lourds (béton, briques, pierres) ou ses murs légers intégrant des matériaux accumulateurs de chaleur (paraffine, par exemple). Dans l'idéal, il est aussi étanche aux infiltrations d'air (défauts de fermeture des fenêtres et des portes, vent fort), et il possède des entrées d'air calibrées pour renouveler l'atmosphère intérieure en fonction des activités des occupants.

En été, à l'inverse, le bâtiment doit protéger ses occupants contre le rayonnement direct du soleil, stocker du froid pendant la nuit pour tempérer les pièces durant le jour, évacuer le mieux possible la chaleur produite par les sources passives, et éviter de laisser entrer de l'air trop chaud. Dans un bâtiment bien pensé et bien construit, les solutions techniques qui permettent le confort hivernal avec peu d'énergie servent aussi à maintenir le confort durant les chaleurs estivales. Par exemple, lorsqu'un bâtiment est bien isolé par l'extérieur, le rayonnement solaire qui frappe la façade ne provoque pas de surchauffe, car l'isolation freine aussi la transmission de chaleur dans l'autre sens.

Même si les fabricants ont fait d'énormes progrès, les fenêtres d'un bâtiment construit aux normes actuelles sont environ 5 fois moins isolantes que les murs qui les portent. Cependant, contrairement aux murs, les vitrages laissent entrer de l'énergie solaire, ce qui fait que leur bilan « pertes de chaleur de chauffage » peut être amélioré par les « gains solaires ». Sur l'ensemble de la saison de chauffage, certaines fenêtres situées au sud peuvent même laisser entrer davantage d'énergie qu'elles en perdent.

En hiver, puisque le soleil reste bas sur l'horizon, seules les fenêtres exposées au sud et sans ombrage peuvent vraiment contribuer au chauffage. À condition que leurs vitrages soient très isolant et assez transparents au rayonnement du soleil (dont la moitié n'est pas visible). En été, par contre, le soleil atteint toutes les façades, et le bâtiment peut surchauffer

s'il n'est pas équipé de protections solaires : avant-toit, casquette au-dessus des fenêtres sud, stores extérieurs assez résistants pour pouvoir rester abaissés en cas de vent. Les vitrages exposés à l'Est et à l'Ouest sont plus difficiles à garder à l'ombre, car le soleil les atteint sous un angle plus bas sur l'horizon que les fenêtres tournées au Sud. Ainsi, une règle pratique conseille de ne pas dépasser :

- 50% de vitrage sur les façades sud (un bon compromis pour profiter de l'énergie solaire en hiver sans trop subir de surchauffe en été).
- 20% de vitrage sur les façades est et ouest (pour éviter les pertes en hiver et la surchauffe en été).
- 10% de vitrage sur les façades nord (pour éviter les pertes de chaleur en hiver en recevant quand même de la lumière).

Les vitrages se distinguent notamment par trois caractéristiques qui influencent leur performance énergétique (isolation et transparence au rayonnement solaire), le confort visuel et leur prix :

- Le pouvoir isolant = **valeur U**, plus elle est petite, plus le vitrage est isolant.
- La capacité à laisser entrer le rayonnement solaire = **valeur g**, plus elle est grande, plus le vitrage laisse entrer d'énergie).
- La transparence à la lumière visible = **transmission lumineuse**, plus elle est grande, plus le vitrage est lumineux.

Pour profiter au maximum de la chaleur du soleil, c'est-à-dire l'accumuler pendant le jour et la restituer en soirée, les pièces ensoleillées n'ont idéalement pas de moquette, et les murs et les plafonds sont dépourvus de revêtement (pour faciliter la pénétration de la chaleur dans la masse du bâtiment). Les sols sont en béton ou en carrelage – et clairs pour réfléchir la chaleur et la répartir dans toute la pièce. Les radiateurs ont des vannes thermostatiques, afin que leur robinets se ferment dès que le soleil élève la température. Et le chauffage au sol, prévu avec un thermostat dans chaque pièce, est conçu pour réagir assez vite à la présence ou à l'absence du soleil. Avec un serpentin de chauffage aux « aller et retour » resserrés, on peut chauffer plus vite la pièce quand le froid s'installe.

Pour que les sources passives et le phénomène d'accumulation de la chaleur dans le bâtiment puisse apporter des économies d'énergie, il faut idéalement chauffer peu (19-20°C) et accepter des variations de température dans les pièces. •

# Capteurs solaires thermiques pour l'eau chaude sanitaire

**L'eau chaude sanitaire demande une température de plus de 50°C qui est difficile à atteindre avec des capteurs solaires thermiques durant les jours froids et gris d'hiver. Par contre en été, ils peuvent monter la température jusqu'à 80°C et fournir de l'eau chaude en abondance. Dans la plupart des installations, l'eau sanitaire ne passe pas dans les capteurs : elle est chauffée indirectement par un circuit fermé d'eau et d'antigel (liquide caloporteur) qui circule entre les capteurs et le chauffe-eau.**

Lorsque les capteurs sont destinés uniquement à produire de l'eau chaude au robinet, l'installation est généralement conçue pour couvrir entre 30 et 70% de la chaleur nécessaire annuellement (pour une couverture à 100%, voir page 34). La chaleur d'appoint doit être fournie par une autre source : pompe à chaleur, chaudière à combustible (bois, gaz, mazout) ou résistance électrique.

L'appoint de chaleur est surtout nécessaire durant la saison de chauffage. D'avril à octobre, la production d'eau chaude se fait le plus souvent sans l'aide de la chaudière ou de la pompe à chaleur : pas de cheminée qui fume ou très peu d'électricité consommée.

On compte entre 0,5 et 1 m<sup>2</sup> de capteur solaire thermique par personne pour un immeuble locatif, et entre 1 et 1,5 m<sup>2</sup> pour une maison familiale (on y pose généralement entre 4 et 6 m<sup>2</sup>). La performance de l'installation dépend de l'ensoleillement, de l'altitude (plus on monte, plus l'ensoleillement est fort), de la surface et du type des capteurs (non vitrés, vitrés, sous-vide, tubes), et de leur orientation. Elle dépend aussi de la taille du chauffe-eau : un grand volume de stockage permet de profiter des jours ensoleillés pour compenser le manque des jours maussades.

Une installation solaire thermique a aussi besoin d'électricité pour alimenter le boîtier électronique qui la pilote et la pompe qui fait tourner le liquide caloporteur, mais la quantité est minime par rapport à l'énergie collectée (moins de 1%). La plupart des chaudières et des pompes à chaleur modernes sont conçues pour travailler en tandem avec des capteurs et un chauffe-eau solaires. Tous leurs fabricants proposent d'ailleurs des solutions solaires.

On peut prévoir l'énergie reçue annuellement par un toit à l'aide d'un calculateur d'exposition solaire ([www.swissolar.ch](http://www.swissolar.ch)). •

---

## Des capteurs solaires pour la production de l'eau chaude sanitaire sont au bon endroit :

- Dans toutes les situations géographiques, en plaine comme en altitude. Et n'importe où : sur un pan de toit, sur un toit plat, en remplacement d'une partie de la couverture du toit, sous ou devant un balcon, en façade, sur un garage, sur un talus, dans un jardin... pourvu que les capteurs puissent recevoir directement le soleil. Les orientations les plus favorables sont entre le Sud-Est et le Sud-Ouest. Quand on s'écarte davantage du Sud, le rendement baisse, mais il est encore possible d'aller jusqu'à l'Est et l'Ouest, surtout avec des capteurs-tube sous vide. L'inclinaison des capteurs sur la hauteur détermine leur performance au cours de la saison. Si on cherche la performance hivernale, ils doivent regarder idéalement le Sud/Sud-Ouest, être dressés entre 45 et 60°, et éviter l'accumulation de neige.
  - Si les capteurs sont munis de la certification « Solar Keymark », et, dans l'idéal, si l'installateur peut produire une « Garantie de performance ».
  - Si le circuit de liquide caloporteur et le chauffe-eau sont bien isolés.
  - Si on ne gaspille pas l'eau chaude : robinets et pommeaux de douche économes ; baignoire isolée et de faible volume pour prendre de longs bains avec peu d'eau.
  - Si on peut utiliser l'excès de chaleur produit durant la belle-saison : machines à laver le linge et la vaisselle branchées sur l'eau chaude.
  - Si l'installation est régulièrement suivie, et si on ne laisse pas le chauffe-eau s'entartre.
- Sur n'importe quel bâtiment, même s'il n'est pas bien isolé. Cependant, pour le même coût qu'une installation solaire, des travaux d'isolation apportent une économie d'énergie souvent plus grande.
  - Si une autorisation a été accordée (elle peut être refusée pour des raisons de sauvegarde du paysage ou du patrimoine).
  - Si le chauffe-eau est prévu pour cet usage (au moins 80 litres par m<sup>2</sup> de capteur).

[www.swissolar.ch](http://www.swissolar.ch)  
[www.garantie-de-performance.ch](http://www.garantie-de-performance.ch)

Installer des capteurs soi-même :  
[www.sebasol.ch](http://www.sebasol.ch)

# Capteurs solaires thermiques pour le chauffage et l'eau chaude

**Le chauffage par capteurs solaires thermiques est le système qui émet le moins de polluants et le moins de CO<sub>2</sub> pour sa fabrication et son fonctionnement. Pour couvrir 100% des besoins de chaleur avec le solaire, il faut une installation importante car elle doit assurer le chauffage même lors des hivers les plus froids. La plupart des installations visent donc une couverture moindre (jusqu'à 80%), et ont une autre source de chauffage pour faire l'appoint de chaleur.**

En Suisse, quelques maisons individuelles et immeubles locatifs de démonstration couvrent – uniquement avec le soleil – 100% de leurs besoins en chauffage et en eau chaude. Pour y parvenir, ils sont non seulement très bien isolés et équipés d'une vaste surface de capteurs thermiques, mais ils abritent aussi un très grand cylindre-accumulateur d'eau chaude qui traverse les étages (par exemple, plus de 200 m<sup>3</sup> pour 8 appartements). Un grand volume de stockage, très isolé, permet d'emmagasiner de la chaleur solaire en fin d'automne pour l'utiliser au coeur de l'hiver.

Des bâtiments à l'architecture moins extraordinaire, ou même rénovés, peuvent profiter du chauffage solaire sans viser l'autonomie, à condition d'avoir une autre source de chaleur pour faire l'appoint: poêle à bois, pompe à chaleur ou chaudière à combustible. La surface de captage doit être évidemment plus grande que pour la seule production d'eau chaude, et représenter environ 10 à 20% de la surface habitable.

Pour que les capteurs puissent bien contribuer au chauffage, on les redresse généralement pour les mettre en face du soleil d'hiver qui reste bas sur l'horizon. Dans ce cas, les capteurs seront moins efficaces en été lorsque le soleil est haut, mais leur grande surface suffit à la production d'eau chaude.

Même pour un bâtiment qui ne couvre qu'une partie de son chauffage avec le soleil, l'installation dans la chaufferie est plus compliquée et plus volumineuse que pour la seule production d'eau chaude solaire. Une solution consiste à s'équiper d'un grand chauffe-eau qui sert, à la fois, de réserve pour le chauffage des locaux et de bain-marie pour un autre compartiment où se prépare l'eau chaude pour les robinets. Les fabricants proposent des systèmes standard, aujourd'hui bien rodés.

Les capteurs produisent surtout de la chaleur en milieu de journée – au moment où l'énergie du soleil pénètre aussi à l'intérieur par les vitrages. D'où l'intérêt de bien concevoir le chauffage au sol. Une chappe épaisse (12 à 18 cm) permet de décaler le moment où la chaleur va

rayonner dans la pièce, et donc d'apporter du confort en soirée, au moment où les capteurs ne collectent plus rien (déphasage thermique). Lorsque le circuit des capteurs passe directement dans le sol (plancher solaire), il peut aussi servir de climatiseur en été : en faisant tourner le circuit des capteurs pendant la nuit, on peut stocker du froid dans le plancher (free-cooling).

Si le bâtiment utilise, comme chauffage d'appoint, une pompe à chaleur qui tire son énergie du sol avec des sondes géothermiques, on peut concevoir le système pour faire du stockage de chaleur saisonnier (si l'environnement géologique est favorable) : durant la belle saison, la chaleur excédentaire des capteurs solaires est envoyée dans le sous-sol, pour être récupérée durant l'hiver. •

---

### **Des capteurs solaires pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire sont au bon endroit :**

- Si le bâtiment est bien exposé au soleil d'hiver et si on peut poser une surface de capteurs équivalent à au moins 10-20% de la surface habitable.
- Si le bâtiment est bien isolé pour se contenter d'un chauffage à basse ou très basse température (25°C-35°C) : chauffage par le sol (éventuellement par un plancher solaire) ou par des radiateurs ayant une grande surface d'échange de chaleur.
- S'il y a une autre source de chauffage d'appoint dans le cas où le solaire ne couvre pas 100% des besoins.
- Si l'installation est munie d'une «Garantie de performance» et qu'on vérifie son bon fonctionnement au fil des ans.
- Si on ne gaspille pas l'eau chaude, notamment grâce à des robinets et des pommeaux de douches économes et des baignoires de faible volume.
- Si on peut utiliser l'excès de chaleur produit durant la belle-saison : machines à laver le linge et la vaisselle branchées sur l'eau chaude ; partage de la chaleur avec un bâtiment voisin pour produire son eau chaude ; stockage saisonnier de la chaleur solaire dans le sol pour la géothermie.

[www.swissolar.ch](http://www.swissolar.ch)  
[www.garantie-de-performance.ch](http://www.garantie-de-performance.ch)

Exemples de bâtiments chauffés jusqu'à 100% avec le soleil :

[www.jenni.ch](http://www.jenni.ch)

# Les pompes à chaleur (PAC)

**Par rapport au chauffage électrique, une pompe à chaleur (PAC) permet d'obtenir autant de chaleur en utilisant théoriquement jusqu'à cinq fois moins d'électricité. Mais si la PAC travaille dans de mauvaises conditions, elle peut consommer presque autant de courant qu'un chauffage électrique.**

La pompe à chaleur (PAC) porte bien son nom : car elle « pompe » littéralement des calories dans le milieu extérieur – sol, air ou eau – pour les restituer à l'intérieur du bâtiment : en résumé, elle refroidit l'extérieur pour réchauffer l'intérieur. Pour faire ce travail, elle utilise un compresseur électrique\* et un circuit rempli de gaz synthétique (comme dans un frigo), de propane ou de CO<sub>2</sub> qui passe de l'état gazeux à l'état liquide en fonction de la pression.

Les différents modèles de PAC sont dénommés en fonction des deux milieux où sont puisés et transmis la chaleur. Une PAC « air-eau » prend la chaleur dans l'air extérieur et chauffe l'eau du circuit de chauffage central. Une PAC « sol-eau » prend la chaleur dans le sol et chauffe l'eau du circuit de chauffage. Et une PAC « eau-eau » prend la chaleur dans un lac, une rivière ou une nappe d'eau souterraine et chauffe l'eau du circuit de chauffage.

La PAC « air-air », qui prend la chaleur dans l'air extérieur et insuffle de l'air chaud à l'intérieur est très peu efficace, car l'échange de chaleur avec un circuit d'air se fait beaucoup moins bien qu'avec un circuit d'eau. Elle n'est donc pas recommandée pour les bâtiments d'habitation ou de bureaux.

Le rendement d'une PAC dépend de sa technologie et de la différence de températures entre la source extérieure et celle du circuit de chauffage. Plus l'écart de température est petit, meilleur est le rendement. Ainsi, les différents modèles de PAC se distinguent par leur « coefficient de performance » (COP) qui donne le rapport entre l'électricité consommée et la chaleur produite, pour une certaine différence de température. Par exemple, lorsque la documentation de la pompe indique « COP 4,5 (B0/W35) », cela signifie que, pour une température du sol de 0°C et une température de l'eau de chauffage de 35°C, la PAC produit 4,5 kWh de chaleur pour 1 kWh d'électricité – c'est 4,5 fois plus efficace qu'avec un chauffage électrique direct. Mais, d'avantage que le COP, il faut considérer le COPA, autrement dit la performance de la pompe à chaleur sur toute une année. En effet, durant les jours très froids, le rendement d'une PAC peut devenir très mauvais, surtout s'il s'agit d'un modèle « air-eau ».

Pour qu'une pompe à chaleur soit efficace, on a donc intérêt à avoir un bâtiment bien isolé, et si possible avec un chauffage par le sol, car la température de l'eau de chauffage peut y être plus basse (35°C) que dans des radiateurs

\* Il existe aussi des PAC à gaz, voir page 53

conventionnels (50 ou 70°C) – parce que la surface d'échange des radiateurs est plus petite que celle d'un plancher. Ainsi, lorsqu'on rénove un bâtiment muni de radiateurs et qu'on veut le chauffer à basse température, il faut soit changer les radiateurs pour des modèles de plus grande surface, soit ajouter des radiateurs pour augmenter la surface totale d'échange.

Avec une PAC, on a aussi intérêt à ce que la température de la source de chaleur extérieure soit, au coeur de l'hiver, la plus haute possible. Il est important que le modèle de la PAC et sa puissance soient adaptés aux besoins de chaleur du bâtiment et aux températures nécessaires à son circuit de chauffage.

Même si ce n'est pas souhaitable, il est possible d'installer une PAC dans un ancien bâtiment mal isolé. Mais comme il faudra une température d'eau de chauffage élevée, et beaucoup de chaleur, la consommation d'électricité sera très grande.

Une PAC de chauffage sert généralement aussi à produire l'eau chaude sanitaire. Dans une maison bien isolée, elle va dépenser sur l'année environ autant d'électricité pour produire cette eau chaude que pour le chauffage, puisque l'eau du robinet est, toute l'année, à une température plus élevée que celle de l'eau du circuit de chauffage. D'où l'intérêt d'associer la PAC à des capteurs solaires thermiques. Cependant, beaucoup de propriétaires équipés de tels capteurs ne sont pas attentifs à la météo. Ils gardent toute l'année les mêmes réglages

pour piloter leur installation : durant la nuit, ils laissent leur PAC profiter du tarif de nuit de l'électricité pour accumuler de l'eau chaude dans le chauffe-eau. Si bien que lorsque survient le jour et le soleil, les panneaux solaires thermiques ne servent plus à grand chose. C'est la raison pour laquelle il est plutôt recommandé d'adjoindre des panneaux photovoltaïques (producteur d'électricité) avec une pompe à chaleur.

Dans l'idéal, bien sûr, un bâtiment comporte à la fois des panneaux solaires thermiques et des panneaux photovoltaïques pour participer à la production décentralisée d'électricité ; et son installation est réglée pour économiser l'électricité et tirer le meilleur parti du soleil. C'est d'ailleurs avec ces deux types de panneaux solaires qu'un bâtiment Minergie-A peut, sur l'ensemble de l'année, produire davantage d'énergie qu'il en consomme. •

[www.pac.ch](http://www.pac.ch)

## Géothermie et PAC « sol-eau »

**La géothermie se réfère à la température du sous-sol. Plus on descend profondément vers le centre de la Terre, plus la température s'élève.**

**À 100 mètres de profondeur, elle est – toute l'année – à environ 12°C.**

**À 300 mètres, elle atteint environ 20°C. Vers 400 mètres, elle est**

**suffisante pour chauffer directement un bâtiment, sans pompe à chaleur.**

**Et vers 5000 mètres, elle permet de produire de la vapeur sous pression pour générer de l'électricité avec une turbine. Ce sont là des ordres de grandeur : la température atteinte, et la quantité de chaleur qu'on peut soutenir, dépendent de la nature géologique du terrain et de la présence d'eau.**

La plupart des forages réalisés pour chauffer des bâtiments descendent entre 50 et 200 mètres pour exploiter une chaleur de 8 à 15 °C – c'est de la géothermie « à basse température ». A priori, il vaudrait mieux forer plus bas pour atteindre la température nécessaire pour le chauffage, mais la profondeur choisie est le plus souvent un compromis entre le prix du forage et de la sonde, et la quantité d'électricité nécessaire à faire tourner la pompe qui ramène la chaleur du sous-sol.

Pour une maison familiale bien isolée, un seul forage entre 120 et 150m suffit généralement. On y enfle et on y scelle une sonde géothermique verticale, autrement dit un double-tuyau qui descend et remonte, et dans lequel circule un liquide caloporteur (eau + sel ou antigel) qui va se charger de chaleur en profondeur pour la ramener à la surface. Si on ne

peut pas forer assez profondément, où si le sous-sol offre peu de chaleur, deux sondes doivent être installées. Pour des bâtiments plus grands, on insère davantage de sondes (champ de sondes).

Le liquide caloporteur circule grâce à une pompe électrique (circulateur). Lorsque sa température n'est pas assez élevée pour le chauffage, le circuit de la sonde géothermique passe par une pompe à chaleur « sol-eau » située dans le bâtiment. La PAC soutire la chaleur géothermique et la transfère au circuit du chauffage à une température plus élevée. La même pompe à chaleur sert généralement à chauffer l'eau chaude sanitaire.

Là où on ne peut pas forer profondément, il est quand même possible de soutirer la chaleur du sol, si une grande surface de terrain est disponible. Le système consiste à poser à faible profondeur (entre 1,5 et 4 m) un très long tuyau qui forme des spirales en trois dimensions (corbeilles géothermiques).

Les grands bâtiments construits sur un terrain peu stable peuvent recourir aux « géostructures énergétiques », de profonds piliers ou murs de fondation qui servent en même temps de sondes géothermiques.

Pour les sondes et les géostructures énergétiques qui ne descendent pas en dessous de 200m, la température du sol est plus fraîche que celle de l'air en été. L'installation peut donc aussi servir à refroidir le bâtiment durant l'été (géocooling), en faisant tourner uniquement la pompe du liquide caloporteur. Du même coup, elle recharge le sous-sol avec la chaleur de la surface. ●

---

## Une PAC « sol-eau » est au bon endroit:

- Si ce chauffage est en accord avec la planification énergétique territoriale.
- Si le bâtiment est bien isolé pour être chauffé à basse température.
- Si le chauffage se fait par le sol (idéal) ou par des radiateurs modernes de très grande surface.
- Si l'installation des sondes géothermiques (ou des géostructures énergétiques, ou des corbeilles géothermiques) est autorisée par la commune et/ou le canton (puiser la chaleur peut nuire à d'autres utilisateurs).
- Si une étude hydrogéologique indique que le forage ne met pas en danger une nappe d'eau potable.
- Si le potentiel exploitable est suffisant: des sondes sont-elles déjà installées à proximité? L'environnement géologique donne-t-il assez de chaleur? Le sous-sol subit-il des mouvements de cisaillement qui peuvent endommager la sonde?
- Si l'entreprise de forage est certifiée, afin d'éviter qu'un mauvais scellement de la sonde dans le trou de forage crée une voie de contamination depuis la surface vers une nappe d'eau souterraine.
- S'il y a assez de puissance électrique dans le bâtiment pour faire fonctionner la PAC (en général: 3 x 400V)
- Si la PAC est munie d'un certificat de qualité (D-A-CH), et si l'entreprise peut produire une « Garantie de performance ».
- Si on installe aussi des capteurs solaires thermiques et/ou des capteurs photovoltaïques.
- Si l'installation est régulièrement suivie, et si on ne laisse pas le chauffe-eau s'entartrer.

[www.geothermie.ch](http://www.geothermie.ch)

[www.pac.ch](http://www.pac.ch)

[www.garantie-de-performance.ch](http://www.garantie-de-performance.ch)

## PAC « eau-eau »

**Cette installation de chauffage fonctionne selon le même principe que la PAC « sol-eau » à sonde géothermique, à la différence que le circuit est généralement ouvert: il puise directement de l'eau dans une nappe souterraine, un lac ou une rivière, puis l'amène à la PAC qui prélève sa chaleur, avant de rejeter l'eau refroidie.**

Pour tirer l'eau d'une nappe souterraine, il faut creuser un puits de captage (généralement entre 5 et 30m de profondeur), et y installer une pompe immergée qui va pousser l'eau depuis le bas vers la surface. Après le passage dans la pompe à chaleur, l'eau refroidie est infiltrée dans le terrain, mais à un autre endroit que le captage afin de ne pas refroidir la source de chaleur.

Le pompage dans une nappe souterraine est toujours délicat. Parce que le forage perce des couches géologiques qui servent de filtre naturel: on crée alors un lien direct entre la surface et la nappe, par où peuvent s'infiltrer les polluants de la surface. Le forage peut aussi créer des connexions entre des nappes d'eau qui étaient indépendantes jusqu'ici: cela pourrait changer le régime de pression d'une source d'eau potable, ou modifier la quantité de chaleur disponible pour d'autres pompes à chaleur implantées dans les environs.

L'eau peut aussi provenir d'un lac ou d'une rivière. La présence d'organismes aquatiques (algues et mollusques) et de sédiments en suspension nécessite des filtres et de l'entretien pour éviter un encrassement du circuit de pompage.

On peut aussi se servir des rejets de chaleur des eaux usées tièdes qui circulent dans les égouts, ou des eaux de rejet des stations d'épuration et des sites industriels. Dans ces cas, l'eau ne passe pas directement dans le circuit qui va à la PAC: la chaleur est prélevée indirectement par un échangeur de chaleur.

Une autre technique, qui utilise aussi des échangeurs de chaleur, consiste à desservir plusieurs bâtiments par un grand circuit d'eau pompée puis rejetée dans la profondeur d'un lac ou d'une nappe phréatique souterraine. Comme l'eau du circuit reste toute l'année aux mêmes températures, des pompes à chaleur peuvent y prélever des calories en hiver, et, en été, des circuits de rafraîchissement peuvent climatiser les locaux. Étant donné qu'il n'y a pas de contact direct entre les installations des bâtiments et l'eau du circuit, on minimise les risques de pollution.

Les PAC « eau-eau » peuvent avoir un excellent rendement énergétique, car la source de chaleur est rapidement renouvelée. Comme toutes les PAC, l'installation fonctionne idéalement en tandem avec des capteurs solaires. •

---

## Une PAC « eau-eau » est au bon endroit :

- Si ce chauffage est en accord avec la planification énergétique territoriale.
- Si le bâtiment est bien isolé pour être chauffé à basse température.
- Si le chauffage se fait par le sol (idéal) ou par des radiateurs de très grande surface.
- Si le captage d'eau est autorisé par le canton ou la commune.
- Si un hydrogéologue étudie le site et produit un rapport de faisabilité.
- Si la source de chaleur est suffisante et si on ne menace pas un écosystème en l'exploitant.
- Si le captage est mis en place par une entreprise certifiée, afin d'éviter la pollution de l'eau souterraine, ou des problèmes avec d'autres utilisateurs de l'eau souterraine.
- S'il y a assez de puissance électrique dans le bâtiment pour faire fonctionner la PAC (en général : 3 x 400V).
- Si la PAC est munie d'un certificat de qualité (D-A-CH), et si l'entreprise qui l'installe peut produire une « Garantie de performance ».
- Si on installe aussi des capteurs solaires thermiques et/ou des capteurs photovoltaïques.
- Si l'installation est régulièrement suivie, et si on ne laisse pas le chauffe-eau s'entartre.

[www.pac.ch](http://www.pac.ch)

[www.geothermie.ch](http://www.geothermie.ch)

[www.garantie-de-performance.ch](http://www.garantie-de-performance.ch)

## PAC « air-eau »

**Comme elle soutire la chaleur directement dans l'air extérieur, cette PAC est moins chère à installer que les PAC « sol-eau » ou « eau-eau ». Son rendement peut être très bon en mi-saison, mais il devient mauvais au coeur de l'hiver, car la température de l'air extérieur est la plus froide justement au moment où le bâtiment a le plus besoin de chaleur. C'est pourquoi on la déconseille pour des bâtiments situés trop haut en altitude ou dans un climat très froid, comme c'est le cas dans certaines vallées du Jura.**

La limite d'utilisation d'une PAC « air-eau » dépend des modèles. Certains peuvent encore travailler avec de l'air à -20°C. Mais lorsque la PAC peine à pomper suffisamment de chaleur dans l'air froid, elle recourt à un corps de chauffe électrique. De plus, pour éviter la formation de glace, son évaporateur (le radiateur muni d'un ventilateur) possède un système de dégivrage. Ainsi, lors des jours froids, la consommation électrique peut être très élevée – surtout si le bâtiment est mal isolé et nécessite une haute température de chauffage pour ses radiateurs. Même dans un bâtiment bien isolé, la PAC peinera à élever la température de l'eau chaude sanitaire à 55°C sans recourir au chauffage électrique direct.

Par rapport aux PAC qui soutirent la chaleur du sol ou de l'eau, la PAC « air-eau » profite mal du tarif de nuit de l'électricité, car c'est justement pendant la nuit qu'il fait le plus froid et que son rendement est le moins bon.

Les PAC « air-eau » se divisent en plusieurs familles :

- Les modèles compacts à installer dans la chaufferie du bâtiment (il faut alors une entrée d'air et une sortie d'air refroidi, ainsi qu'une évacuation pour l'eau de condensation).
- Les modèles compacts à installer à l'extérieur du bâtiment.
- Les modèles « split » en deux parties, un évaporateur à l'extérieur et un compresseur à l'intérieur.

Il faut citer encore les CEPAC (Chauffe-Eau à Pompe À Chaleur), composé d'un accumulateur d'eau chaude couplé à une pompe à chaleur intégrée. Ce chauffe-eau ne dépend pas du système de chauffage du bâtiment (voir page 27).

Le marché propose de nouveaux modèles de PAC « air-eau » dites « à puissance régulée », qui adaptent leur rythme au lieu de fonctionner en mode « tout ou rien ». Leur rendement est bien meilleur, car elles ont moins besoin de recourir au dégivrage électrique. Mais, pour être efficace, il faut que la PAC soit parfaitement dimensionnée aux besoins du bâtiment, et très bien réglée.

Une PAC « air-eau » peut profiter de rejets de chaleur, par exemple en aspirant l'air tiède à la sortie d'une aération de bâtiment, d'un tunnel, d'un garage souterrain ou d'un processus industriel.

Si la PAC n'a pas besoin d'un grand débit d'air, son rendement peut être amélioré si l'air passe au travers d'un « puits canadien » (long circuit d'aération enterré à 1,5-2 m sous terre). •

---

### Une PAC air-eau est au bon endroit :

- Si ce chauffage est en accord avec la planification énergétique territoriale.
  - Si le bâtiment ne se situe pas dans un climat trop froid.
  - Si le bâtiment est bien isolé pour être chauffé à basse température.
  - Si le chauffage se fait par le sol (idéal) ou par des radiateurs de très grande surface.
  - S'il y a assez de puissance électrique dans le bâtiment pour faire fonctionner la PAC (en général : 3 x 400V).
  - Si la puissance de la PAC est adaptée aux besoins de chaleur du bâtiment (dimensionnement). Un modèle « à puissance régulée » sera plus efficace.
  - Si la PAC est munie d'un certificat de qualité (D-A-CH), et l'ensemble de l'installation d'une « Garantie de performance ».
- Si le bruit de l'installation et les rejets d'air refroidi ne dérangent pas le voisinage.
  - Si on installe aussi des capteurs solaires thermiques et/ou des capteurs photovoltaïques.
  - Si l'installation est régulièrement suivie, et si on ne laisse pas le chauffe-eau s'entartrer.

[www.pac.ch](http://www.pac.ch)  
[www.garantie-de-performance.ch](http://www.garantie-de-performance.ch)

# Chaleur à distance (CAD), réseau de chauffage

**Environ 3% des bâtiments du pays sont chauffés par un réseau de « chaleur à distance » (CAD). Un tel réseau peut être alimenté par une usine d'incinération des ordures ménagères, une grande chaudière à bois, une centrale de couplage chaleur-force (CCF) alimentée au gaz naturel/biogaz ou au bois, un site industriel qui a des rejets de chaleur à valoriser, etc.**

On peut se représenter un réseau de chauffage à distance comme un immense chauffage central, avec ces deux conduites « aller et retour » enterrées et bien isolées, dont les bâtiments sont les radiateurs. Il y a des petits réseaux qui alimentent quelques bâtiments, et des très grands qui parcourent plusieurs quartiers dans une agglomération. Certains sont même interconnectés pour une meilleure gestion de l'énergie sur l'année.

L'immeuble ou la maison individuelle reliée au réseau de chaleur à distance n'a besoin ni de chaudière, ni de cheminée, ni de citerne : les conduites souterraines lui amènent directement de l'eau très chaude (de 60 à 135°C et jusqu'à une pression de 15 bars, suivant les réseaux). La température est généralement plus élevée en hiver qu'en été.

Sauf dans les tout petits réseaux, le bâtiment n'utilise pas directement l'eau chaude que lui amène la canalisation ; il est équipé d'un échangeur relié à son propre circuit de radiateurs (ou de chauffage par le sol) et d'eau chaude sanitaire. La facturation se fait sur la base d'un compteur de chaleur et d'un contrat qui lie le propriétaire du bâtiment pendant plusieurs années à l'organisme qui gère le réseau (collectivité, groupe « public-privé » ou société privée).

Le chauffage à distance a beaucoup d'avantages. Il limite le nombre d'installations productrices de chaleur, ainsi que le nombre de cheminées et leurs émissions de polluants et de CO<sub>2</sub>. Pour les bâtiments reliés, c'est un gain de place, car le dispositif d'échange de chaleur est peu encombrant. Plusieurs immeubles peuvent d'ailleurs se partager une même station d'échange de chaleur. On évite aussi le trafic routier lié aux livraisons de combustible et aux interventions d'entretien. Et il y a moins de risque d'accidents et de pollution des eaux et du sol qu'avec les réseaux de gaz et les citernes à mazout.

D'autre part, un réseau de chaleur est mis en place pour des dizaines d'années – jusqu'à 100 ans. Au fil du temps et de son extension, d'autres centrales productrices de chaleur peuvent s'y ajouter ou remplacer les centrales existantes. On peut imaginer, par exemple, qu'une grande centrale géothermique, qui puise de la vapeur à quatre ou cinq kilomètres dans le sous-sol pour faire tourner un générateur d'électricité, prenne un jour le relais d'une centrale à gaz... Ainsi les CAD permettent de passer progressivement à certaines énergies renouvelables que seules de grosses installations peuvent exploiter.

En attendant, la plupart des usines d'incinération des ordures ménagères (UIOM) du pays valorisent déjà leur chaleur en

produisant de l'électricité, de la vapeur utilisable par l'industrie, et de la chaleur pour le chauffage à distance. Mais on pourrait encore doubler les possibilités pour le chauffage, et multiplier par un facteur encore plus grand les bâtiments raccordés, si tous étaient mieux isolés.

Les grands réseaux de chauffage sont particulièrement intéressants dans les agglomérations à forte densité d'habitat. Ils le sont beaucoup moins dans les zones où l'habitat est peu dense (zones villas et zones rurales), car la demande de chaleur est faible par rapport à la longueur des conduites à installer – surtout si les maisons sont bien isolées. Suivant le lieu d'implantation, le raccordement d'un bâtiment au réseau de chauffage peut être obligatoire. •

---

### Un CAD est au bon endroit:

- S'il est intégré dans la planification énergétique territoriale.
- S'il remplace des installations polluantes et/ou émettrices de CO<sub>2</sub> (mazout, gaz, chauffage électrique, bois) et permet un gain d'énergie sur l'ensemble du réseau.
- S'il permet de valoriser des rejets de chaleur produits dans tous les cas (rejets industriels, UIOM).
- Si la densité de bâtiments raccordés est grande.
- S'il prévoit de s'adapter à l'évolution des énergies renouvelables (géothermie, gaz de bois, biogaz).

- Si ses conduites sont très bien isolées et si ses pompes de circulation ont un très bon rendement (classe A).
- Si, par son abondance de chaleur à distribuer, il ne dé motive pas le processus d'assainissement des bâtiments (meilleure isolation) et leur équipement avec des capteurs solaires.

[www.chauffage-a-distance.ch](http://www.chauffage-a-distance.ch)  
[www.swisscontracting.ch](http://www.swisscontracting.ch)

# Mieux utiliser les combustibles : le couplage chaleur-force (CCF)

**Un bâtiment consomme de la chaleur et de l'électricité. Et c'est pendant les jours gris et très froids d'hiver qu'il en a le plus besoin – et des deux en même temps. Or, l'hiver, c'est aussi la saison où le soleil est le moins présent pour donner de l'énergie aux capteurs thermiques et photovoltaïques. Et c'est aussi la saison où les centrales hydroélectriques et nucléaires du pays ne suffisent pas à couvrir la demande accrue de courant : la Suisse doit importer de l'étranger (surtout d'Allemagne) de l'électricité produite notamment dans des centrales thermiques qui brûlent des combustibles fossiles et dégagent donc beaucoup de pollution et de CO<sub>2</sub>. Comme ce courant provient de loin, il subit des pertes sur la longueur des lignes de transport.**

En Suisse, la très grande majorité des bâtiments sont chauffés avec des chaudières à mazout ou à gaz. Ces chaudières ont fait de gros progrès techniques au cours des dernières années pour tirer meilleur parti de leur combustible. Malgré tout, brûler du mazout, du gaz naturel – ou même du bois – pour chauffer un bâtiment reste un gaspillage sur le plan de la thermodynamique : le processus de combustion passe par une flamme à plus de 1000°C pour transférer finalement de l'énergie à un circuit d'eau de chauffage qui n'en demande pas autant : 30 à 70°C suffisent suivant le bâtiment.

Pour tirer le meilleur parti d'un combustible, il vaut théoriquement mieux l'utiliser dans une installation qui produit simultanément de la chaleur et de l'électricité (CCF, couplage chaleur-force), et utiliser une partie de cette électricité pour actionner une (des) pompe(s) à chaleur. Au bilan final, c'est comme si la chaudière fournissait, en plus de la chaleur, un tiers gratuit d'énergie électrique.

Ainsi une installation CCF peut avoir un bilan énergétique et environnemental bien meilleur que si on produit séparément de la chaleur avec une chaudière à combustible en Suisse, et de l'électricité à l'autre bout de l'Europe avec une centrale thermique. Mais, dans la pratique, les besoins de chaleur et d'électricité ne sont pas toujours synchrones, si bien qu'une CCF est rarement une bonne solution individuelle. Par contre, elle peut être très efficace si elle est bien gérée au sein d'un parc de bâtiments reliés par un réseau de chaleur à distance.

Le principe du « couplage chaleur-force » (CCF) est connu depuis longtemps, et un millier d'installations différentes en taille et en technologie existent dans le pays. Elles fonctionnent avec un moteur à pistons ou une turbine à vapeur (au mazout, au diesel, au bois, au gaz naturel/biogaz) couplé à un générateur d'électricité. La chaleur du moteur et des gaz d'échappement est récupérée pour servir au chauffage des bâtiments, à la production d'eau chaude ou à des processus industriels. Des installations CCF équipent notamment des stations d'épuration ou de compostage : elles consomment le biogaz produit par la fermentation des boues et des déchets végétaux.

Pour des raisons de rentabilité économique, une grande installation CCF doit tourner de 3000 à 5000 heures dans l'année, soit un temps plus long que la période de chauffage. On la dimensionne généralement pour couvrir les besoins en chaleur de base des bâtiments et non pas la totalité – ce qui lui permet de tourner à un régime constant. D'autres sources de chaleur sont donc nécessaires pour couvrir les pics de demande.

Pour profiter pleinement des avantages des installations CCF, il faut donc une bonne planification énergétique territoriale qui prenne en compte les besoins

en chauffage et en électricité, tout en considérant les impacts sur l'environnement. Une vision d'ensemble est d'autant plus nécessaire que le marché propose désormais des petites installations CCF au gaz naturel/biogaz et à pellets de bois pour les petits immeubles ou les maisons individuelles : les « chaudières électrogènes » (l'électricité est produite par un mouvement mécanique ou avec des piles à combustible). Si le courant n'est pas utilisé dans le bâtiment, il peut être injecté dans le réseau, selon un contrat de rachat avec la compagnie locale d'électricité, comme c'est le cas avec les panneaux solaires photovoltaïques. •

---

### Une installation CCF est au bon endroit :

- Si elle est intégrée dans la planification énergétique territoriale.
- Si sa chaleur et son électricité sont utilisées intégralement.
- Si, en plus de chauffer un (des) bâtiment(s), une partie de son électricité permet de remplacer des chaudières à mazout ou à gaz par des pompes à chaleur, augmentant ainsi le rendement du combustible pour le chauffage et abaissant les émissions totales de polluants et de CO<sub>2</sub>.
- Si, par nécessité d'utiliser ou de vendre sa chaleur, elle ne décourage pas l'isolation du (des) bâtiment(s) et la pose de capteurs solaires.

[www.v3e.ch](http://www.v3e.ch)  
[www.biomassesuisse.ch](http://www.biomassesuisse.ch)  
[www.svgw.ch](http://www.svgw.ch)

# Bois

**Le bois est disponible localement et favorise donc l'indépendance énergétique du pays. C'est aussi un combustible renouvelable qui participe peu au réchauffement global du climat, contrairement au mazout et au gaz. Mais les quantités disponibles sont limitées, ce qui en fait un agent énergétique précieux à utiliser au bon endroit.**

En Suisse, on brûle chaque année plus de 4 millions de m<sup>3</sup> de bois dans des installations très diverses : grandes centrales CCF, chaudière de chauffage à distance, chaudières automatiques situées dans des immeubles ou des maisons individuelles, poêles et cheminées de salon. Il compte pour environ 10% de l'énergie utilisée pour le chauffage. Le potentiel de production du pays n'est pas encore totalement exploité et pourrait augmenter encore de moitié sans nuire aux forêts. Son usage favorise les emplois dans la région ainsi que l'entretien des forêts.

Pour la problématique du réchauffement climatique global, brûler le bois d'une forêt gérée durablement est vraiment justifié : le CO<sub>2</sub> dégagé par la combustion est réabsorbé par les arbres en croissance qui s'en servent pour grandir et former leur nouveau bois. Mais le bois perd une partie de son avantage si on le transporte sur de grandes distances par la route et le rail.

Par contre, sur le plan de la pollution de l'air au niveau local, le bois est un combustible qui peut être particulièrement polluant. Par unité d'énergie produite, il dégage davantage d'oxydes d'azote (NOx), de monoxyde de carbone (CO) et de composés organiques volatils (COV) que le gaz et le mazout. Et, par rapport au mazout, il émet des dizaines de fois plus de poussières fines (PM10), et d'hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) toxiques et cancérigènes. Ainsi, en hiver, quand le brouillard persiste à cause de l'inversion des températures, les chauffages au bois sont souvent les premiers responsables de la formation de particules très fines (PM2,5), les plus dangereuses pour la santé.

Au cours des dernières années, les installations à bois – du petit poêle suédois à la grande chaudière de chauffage à distance – ont fait des progrès techniques pour améliorer leur système de combustion et émettre moins de polluants, notamment grâce à des filtres à particules. Malgré tout, ils restent malvenus (ou interdits) dans les centres urbains où la qualité de l'air est déjà dégradée par le trafic motorisé. Quant à la plupart des 650'000 chauffages en service en

Suisse, qui ont plus de dix ans, ils brûlent trop imparfaitement leur combustible pour que l'ajout de filtres puissent réduire suffisamment leurs émissions polluantes.

Parce que la quantité d'air qui arrive sur les flammes ne peut pas être contrôlée, les cheminées de salon dites «à foyer ouvert» sont particulièrement polluantes et ont un mauvais rendement: moins de 10% de l'énergie du bois est utilisée, contre 70 à 80% dans un bon poêle ou une cheminée fermée efficace. De plus, le foyer ouvert aspire fortement l'air du logement (entre 300 et 500 m<sup>3</sup> par heure): faire du feu lorsque le chauffage fonctionne gaspille beaucoup d'énergie. Il est possible d'assainir une cheminée existante en y intégrant un insert en fonte ou en acier.

Le marché propose des installations à bois très variées. Les plus simples sont les poêles à bûches qui n'ont pas besoin d'électricité pour fonctionner et qui offrent donc une grande sécurité de chauffage. Les «poêles de masse» (en pierre ou en céramique) ont une plus grande inertie qui permet de diffuser longtemps la chaleur lorsque le feu est éteint. Installé dans un séjour ouvert sur le reste du logement, un poêle suffit pour chauffer toute une maison familiale, ou un appartement, qui a de très faibles besoins de chaleur (Minergie).

Les poêles-chaudières à granulés de bois (pellets) nécessitent un raccordement électrique. Ils trouvent leur place dans le séjour et fonctionnent plusieurs jours sans recharge. Certains modèles de poêle à bûches ou à pellets peuvent même être connectés à un circuit de radiateurs ou de chauffage au sol, et produire également de l'eau chaude.

D'un fonctionnement comparable à une chaudière à mazout, les chaudières automatiques à bois s'installent dans une chaufferie, à côté d'une réserve de «pellets» (granulés de bois) qui peut trouver sa place dans l'ancien local d'une citerne à mazout.

Le marché commence à proposer des petites chaudières automatiques «électrogènes» à pellets: de la vapeur actionne un piston linéaire qui produit de l'électricité par induction magnétique – c'est le même principe que celui utilisé dans une lampe de poche sans piles qu'il faut secouer avant emploi.

Les chaudières de plus grande taille, qui alimentent de grands bâtiments ou des réseaux de chauffage à distance, utilisent généralement des bûches ou du bois déchiqueté (plaquettes). La Suisse compte plus de 1000 réseaux de chauffage à distance alimentés par du bois. Ils desservent par exemple des centres scolaires ou des quartiers d'immeubles. Une installation centralisée dotée d'une bonne combustion et d'un système d'épuration des fumées est plus efficace et moins polluante qu'une multitude de petites installations à bois.

## Bois

Le bois-énergie (bûches, pellets et plaquettes) coûte environ quatre fois moins cher que le bois de construction. C'est la raison pour laquelle il provient surtout d'arbres dont le bois a peu de valeur, de déchets de l'entretien et de l'exploitation des forêts (frondaison, écorce, branches), et de déchets de scierie et de menuiserie (copeaux et sciure). Quant au bois utilisable en construction, il est écologiquement souhaitable de l'utiliser comme matériau dans un premier temps, et de le récupérer après usage pour le brûler dans un second temps (utilisation en cascade). Cependant, en raison des traitements chimiques qu'il a pu subir et de la contamination par d'autres produits ou matériaux, le bois de récupération doit être brûlé uniquement en usine d'incinération des ordures ménagères (UIOM), ou dans une chaudière autorisée et équipée d'un système d'épuration des fumées.

Le bois (de récupération, notamment) et la biomasse issue de l'exploitation des forêts peuvent aussi être transformés en biogaz, en gaz d'une qualité similaire à celle du gaz naturel, ou en alcool. Des centrales CCF existent déjà qui démontrent qu'il est possible de tirer davantage d'énergie de nos arbres, tout en réduisant drastiquement les émissions polluantes, si la réflexion sur le chauffage se déroule à l'échelle d'une commune ou d'une région. •

---

### Une chaudière automatique à bois est au bon endroit :

- Si ce chauffage est en accord avec la planification énergétique territoriale. En zone urbaine, en raison de la qualité déjà critique de l'air, un chauffage à bois n'est pas souhaitable, surtout si le bâtiment peut se contenter d'un chauffage à basse température et utiliser une PAC.
- Si le bois (bûches, plaquettes, pellets) provient de la région et ne nécessite pas de transport sur une longue distance.
- Si l'installation possède un certificat de conformité aux valeurs limites de l'Ordonnance sur la protection de l'air (OPair) pour les poussières fines et le monoxyde de carbone, ainsi qu'un label de qualité (« Minergie » ou « Energie-bois Suisse » pour les petits chauffages » ; « QM Chauffages au bois » pour les grandes installations).
- Si l'installation est munie d'un filtre à particules (même s'il n'est pas obligatoire).
- Si l'installateur peut produire une « Garantie de performance ».
- Si la cheminée est assez haute pour que la fumée ne dérange pas les voisins.

- Si on peut éteindre la chaudière en fin de saison de chauffage et produire l'eau chaude avec des capteurs solaires thermiques ou une pompe à chaleur.
- Si les conduites qui passent dans des locaux non chauffés sont bien isolées et si les pompes de circulation de l'eau de chauffage sont efficaces (classe A).
- Si les radiateurs sont équipés de vannes thermostatiques.
- Si, en cas de remplacement de chaudière, on vérifie que la distribution de chaleur dans le circuit hydraulique est bien équilibrée.
- Si on ne laisse pas le chauffe-eau s'entartrer.
- Si l'installation est régulièrement suivie, et si la chaudière et la cheminée sont inspectées tous les 2 ans.
- Si les cendres sont éliminées correctement (ordures ménagères pour les petites quantités, ou décharge).

### **Un poêle à bois ou une cheminée fermée est au bon endroit:**

- Si il/elle peut servir de chauffage d'appoint.
- Si il/elle possède un label « Minergie » ou « Energie-bois Suisse ».
- Si l'air qui alimente le foyer provient de l'extérieur.
- Si la cheminée est assez haute pour que la fumée ne dérange pas les voisins.
- Si la cheminée est munie d'un filtre à particules (même s'il n'est pas obligatoire).
- Si on y brûle uniquement du bois sec, non traité et tempéré, en procédant à l'allumage par dessus pour éviter la production de poussières fines (fumée).

[www.energie-bois.ch](http://www.energie-bois.ch)  
[www.biomassesuisse.ch](http://www.biomassesuisse.ch)  
[www.garantie-de-performance](http://www.garantie-de-performance)

# Gaz naturel (non renouvelable) et biogaz (renouvelable)

**Le gaz naturel est une énergie fossile, non renouvelable, extraite du sous-sol et essentiellement composée de méthane ( $\text{CH}_4$ ). Le gaz consommé en Suisse provient surtout des Pays-Bas, de Russie, de Norvège, d'Allemagne et d'Algérie. Il arrive sous pression par le vaste réseau de gazoducs qui couvre l'Europe. Avec 12 raccords transfrontaliers, la Suisse (qui n'a actuellement plus de gisements en exploitation) est un noeud de raccordement et de transit important. Le réseau de gaz naturel helvétique se développe depuis les années 70', essentiellement dans les zones fortement urbanisées, en collaboration entre des compagnies privées et des services publics, et sous la supervision de la Confédération.**

Il ne faut pas confondre le gaz naturel et le GPL (gaz de pétrole liquide; propane ou butane) qui est livré par camion et qui est conservé en citerne pressurisée. Issu du raffinage du pétrole, le GPL est aussi vendu en bouteille pour alimenter des petits chauffages mobiles, des chauffe-eau et des barbecues. En Suisse, les chauffages au GPL sont plutôt rares dans l'habitat. On les trouve plus fréquemment en milieu professionnel, notamment sous forme de diffuseurs à infrarouge pour les ateliers hauts de plafond.

En Suisse, la plupart des chaudières au gaz sont raccordées au réseau de gaz naturel. Cette situation n'est pas idéale sur le plan de la sécurité d'approvisionnement, mais elle offre un gain de place, puisque le combustible n'a pas besoin de lieu de stockage. Et il ne faut pas forcément dédier un local à la chaufferie, puisqu'une chaudière murale peut trouver sa place dans les étages d'un bâtiment.

À énergie égale, le gaz naturel est moins polluant que le mazout – sa combustion ne produit quasiment pas de particules fines. De surcroît, il dégage en brûlant 25% de  $\text{CO}_2$  en moins. C'est une des raisons qui expliquent la forte demande mondiale pour ce combustible, notamment par les pays qui ont décidé de renoncer progressivement à l'énergie nucléaire, et qui se tournent vers le gaz pour produire de l'électricité dans de nouvelles centrales thermiques à cycles combinés.

Dans certains lieux du pays, le gaz naturel contient déjà une petite part de biogaz, qui est un combustible renouvelable. Il est produit dans des installations qui traitent les boues des stations d'épuration des eaux usées, ou les déchets de l'agriculture et de l'élevage. Avant d'être injecté dans le réseau de gaz naturel, le biogaz doit être débarrassé de son  $\text{CO}_2$ . Pour l'année 2011 sur l'ensemble du réseau gazier de Suisse, la part de biogaz injecté représente un petit 0,3%. Mais localement, des distributeurs s'acheminent vers une part atteignant 3 à 5% (Erdgas Zürich, par exemple).

Il reste que l'usage du gaz naturel participe aux changements climatiques, puisque l'extraire et le brûler augmentent la quantité de gaz à effet de serre dans l'atmosphère de notre planète ( $\text{CH}_4$  et  $\text{CO}_2$ ). En attendant de pouvoir s'en passer, il faudrait éviter de le brûler pour produire uniquement de la chaleur, et favoriser son emploi dans des installations de couplage chaleur-force (CCF) pour autant que la chaleur puisse être valorisée et qu'une partie de l'électricité puisse servir à faire fonctionner des pompes à chaleur en remplacement de chaudières à gaz ou à mazout.

Un premier pas vers un meilleur rendement pour le chauffage a été fait dès les années 90', avec l'arrivée des chaudières «à condensation» qui récupèrent une partie de la chaleur des fumées, en condensant la vapeur d'eau, offrant jusqu'à 10% de chaleur en plus par rapport à une chaudière conventionnelle. Les fabricants mettent désormais sur le marché des chaudières encore plus efficaces: les «pompes-à-chaleur à gaz» qui fonctionnent selon différents principes physiques (moteur-compresseur à gaz, adsorption sous vide de vapeur d'eau sur des matériaux zéolithe, etc.). Il faut encore citer l'arrivée des petites chaudières électrogènes productrices d'électricité. ●

---

### Un chauffage à gaz est (encore) au bon endroit:

- S'il respecte la planification énergétique territoriale.
- Si le bâtiment ne peut pas être bien isolé et nécessite un chauffage à haute température (dans ce cas, le système de condensation des fumées ne sera efficace qu'en entre-saison).
- Si l'entreprise qui l'installe peut produire une «Garantie de performance».
- Si les conduites qui passent dans des locaux non chauffés sont bien isolées, et si les pompes de circulation sont efficaces (classe A).
- Si les radiateurs sont équipés de vannes thermostatiques.
- Si, en cas de remplacement de chaudière, on vérifie que la distribution de chaleur dans le circuit hydraulique est bien équilibrée.
- Si des capteurs solaires thermiques participent à la production d'eau chaude sanitaire (et au chauffage).
- Si on ne laisse pas le chauffe-eau s'entartrer.
- Si l'installation est régulièrement suivie, cheminée comprise, et inspectée tous les 2 ans.

[www.gaz-naturel.ch](http://www.gaz-naturel.ch)  
[www.svgw.ch](http://www.svgw.ch)

# Mazout

**Le mazout, qui est appelé « fioul » en France, est une huile légère issue du raffinage du pétrole brut. Plus de la moitié des bâtiments de Suisse en brûlent pour se chauffer – et ce sont en très grande partie les moins bien isolés. Ainsi, chaque jour en moyenne, le pays consomme un volume de 18 millions de litres pour le chauffage, soit 40% des produits pétroliers importés. Si on empilait des barils, cela ferait une colonne de 90 km de haut.**

D'après sa structure géologique, il est possible que le sous-sol de la Suisse abrite du pétrole, mais les prospections réalisées jusqu'ici n'ont pas permis de trouver des gisements exploitables. Tout le mazout utilisé dans le pays est donc importé. Deux tiers le sont par pipeline, train, péniche ou transport routier. Et le tiers restant provient des deux raffineries du pays, situées à Collombey (VS) et à Cressier (NE) et alimentées par pipeline depuis l'Italie et la France. Le combustible est finalement délivré aux bâtiments par camion-citerne.

Le mazout, qui se conserve environ trois ans, a l'avantage de pouvoir être stocké, offrant ainsi une certaine autonomie et une possibilité d'achat en fonction des prix du marché. Mais il faut consacrer de la place pour la citerne et assurer que son contenu ne puisse pas polluer les eaux.

Les citernes à mazout ne sont pas autorisées partout. L'installation est soumise à la Loi et à l'Ordonnance sur la protection des eaux (LEaux et OEaux). Les conditions à respecter et les obligations de contrôle dépendent du lieu d'implantation de la citerne, de son volume, et de sa position (enterrée ou à l'intérieur d'un bâtiment). Dès le 1<sup>er</sup> janvier 2015, les anciennes citernes enterrées à simple paroi doivent être modifiées (ajout d'une autre paroi), changées ou mises hors service.

Mis à part le mazout standard, on trouve en Suisse une qualité « Eco », plus pauvre en soufre et en azote, qui réduit la pollution par les NO<sub>x</sub> et le SO<sub>2</sub>. Ce mazout forme moins de boue au fond de la citerne et produit moins d'acide corrosif dans la chambre de combustion des chaudières à condensation.

Grâce à des progrès technique sur la combustion et à la condensation de la vapeur d'eau des fumées, une chaudière moderne consomme jusqu'à 20% de moins qu'un modèle d'il y a 25 ans, et elle produit moins de polluants. À l'époque, on avait tendance à surdimensionner les installations et à les faire fonctionner à trop haute température, ce qui engendre de trop fréquents cycles « marche/arrêt » et des pertes par rayonnement.

Étant donné le nombre de chaudières en service, le chauffage à mazout contribue de manière significative à la pollution de l'air, notamment en milieu urbain. Il produit aussi 10 fois plus de gaz à effet de serre que les pellets de bois, 4 à 8 fois plus que l'électricité nécessaire à une

pompe à chaleur, et 25% de plus que le gaz naturel. De plus, l'extraction du pétrole du sous-sol devient toujours plus coûteuse en énergie et plus dommageable pour les mers, les océans et le climat. Brûler du mazout pour chauffer des bâtiments est aussi un gaspillage de ressources, car il est composé d'hydrocarbures variés et complexes qui peuvent être utilisés pour la fabrication d'innombrables matériaux, objets et substances – dont les carburants difficiles à remplacer. •

---

### **Une chaudière à mazout est (encore) au bon endroit :**

- Si elle respecte la planification énergétique territoriale et si on n'a pas d'autre choix.
- Si le bâtiment ne peut pas être bien isolé et nécessite un chauffage à haute température (dans ce cas, le système de condensation des fumées ne sera efficace qu'en entre-saison).
- Si elle brûle du mazout de qualité ECO et que l'entreprise qui l'installe peut produire une « Garantie de performance ».
- Si, en cas de remplacement de chaudière, on vérifie que la distribution de chaleur dans le circuit hydraulique est bien équilibrée.
- Si l'eau de condensation (un litre par litre de mazout) passe par un système de neutralisation de l'acidité avant d'être rejeté aux égouts (obligatoire pour les chaudières de plus de 200 kW).
- Si sa citerne respecte la Loi et l'Ordonnance sur la protection des eaux (LEaux et OEaux).
- Si les conduites qui passent dans des locaux non chauffés sont bien isolées, et si les pompes de circulation sont efficaces (classe A).
- Si les radiateurs sont équipés de vannes thermostatiques.
- Si des capteurs solaires thermiques participent à la production d'eau chaude sanitaire (et au chauffage).
- Si on ne laisse pas le chauffe-eau s'entartrer.
- Si l'installation est régulièrement suivie, et si la chaudière et la cheminée sont inspectées tous les 2 ans.

[www.mazout.ch](http://www.mazout.ch)



Cette brochure est disponible en français et en allemand\* sur Internet:  
[www.energie-environnement.ch/brochure-chauffage](http://www.energie-environnement.ch/brochure-chauffage)

Elle peut être commandée gratuitement auprès de :

**Berne**

**Amt für Umweltkoordination  
und Energie\***  
Tél. 031 633 36 51

**Fribourg**

**Service de l'énergie\***  
Tél. 026 305 28 41

**Genève**

**Info-Service**  
Tél. 022 327 93 78

**Jura**

**Energie information**  
Tél. 032 420 53 90

**Neuchâtel**

**InfoEnergie centre de conseils**  
Tél. 032 889 47 26

**Valais**

**Service de l'énergie  
et des forces hydrauliques\***  
Tél. 027 606 31 00

**Vaud**

**Service de l'environnement  
et de l'énergie**  
Tél. 021 316 95 55