

# La maison des [néga]watts

> Le guide malin de l'énergie chez soi

Réduire de moitié nos factures de chauffage et d'électricité tout en contribuant à mieux respecter notre planète, c'est possible ! Ce livre en fournit la preuve et nous dit comment y parvenir sans perte de confort.

Rempli d'informations pertinentes, de conseils pratiques et d'adresses utiles, « la maison des [néga]watts » est une lecture indispensable pour construire ou rénover son logement, choisir un système de chauffage ou bien acquérir un appareil électro-ménager performant.

Un guide pratique qui nous permet de traquer les consommations inutiles, d'utiliser judicieusement l'énergie solaire et de nous éclairer avec 5 fois moins d'énergie.

Il est temps d'arrêter le gaspillage énergétique et la course aux Mégawatts. Chacun d'entre nous peut y contribuer en adoptant chez lui la « démarche [néga]watts ».

Une démarche écologique : l'énergie la moins polluante est celle que l'on n'a pas besoin de produire.

Une démarche gagnante : l'énergie la moins chère est celle que l'on n'a pas besoin de consommer !

*Thierry Salomon, ingénieur, et Stéphane Bedel, thermicien, travaillent dans deux associations techniques intervenant sur l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables. Dans « la maison des [néga]watts » ils nous livrent avec clarté et indépendance leur expérience de professionnels du conseil en énergie.*



978 2 904082 77-8



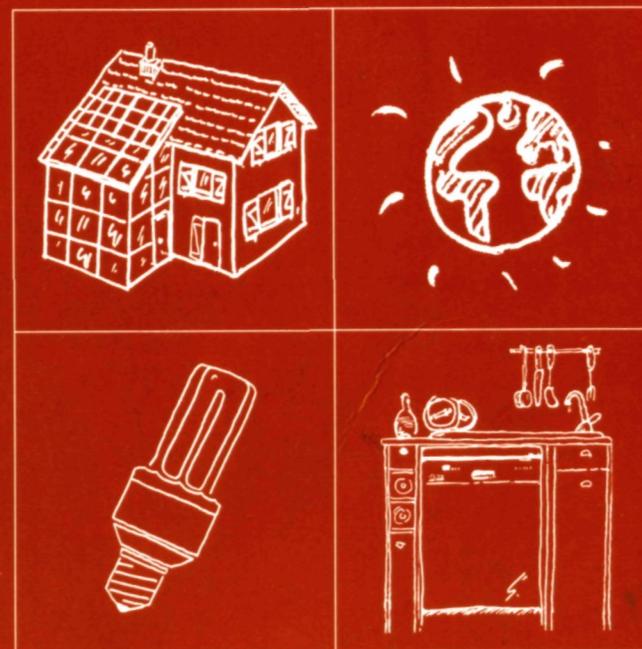
9 782904 082771

Prix : 12,04 €

# La maison des [néga]watts

> Le guide malin de l'énergie chez soi

Thierry Salomon  
et Stéphane Bedel



terre vivante

# La maison des [néga]watts

> Le guide malin de l'énergie chez soi

Thierry Salomon  
et Stéphane Bedel

**Thierry SALOMON** ingénieur des Arts et Métiers, a fondé en 1978 GEFOSAT, une association technique travaillant au développement des énergies renouvelables et de la maîtrise de l'énergie. Il anime également Ri2e, un réseau de points d'information sur l'énergie et l'environnement. À ce titre il a participé depuis 1991 à la mise en place d'une douzaine de cellules d'informations et de conseils sur l'énergie.

**Stéphane BEDEL** est thermicien au GEFOSAT. En tant que formateur et responsable d'un point d'information, il a assuré depuis 10 ans de très nombreux conseils aux particuliers sur la maîtrise de l'énergie et les énergies renouvelables.

Le catalogue des ouvrages publiés par terre vivante est disponible sur simple demande chez l'éditeur :

terre vivante, 38710 Mens,  
tél. : 04 76 34 80 80

**Terre vivante** vous fait partager vingt-cinq ans d'expériences de l'écologie pratique : jardinage biologique, alimentation et santé, habitat écologique, énergie.

A travers :

- l'édition de livres pratiques,
- la revue *Les Quatre Saisons du jardinage*,
- un Centre de découverte de l'écologie pratique à visiter de mai à octobre, dans les Alpes, au pied du Vercors.

Terre vivante, domaine de Raud, 38710 Mens.

Tél. : 04 76 34 80 80. Fax : 04 76 34 84 02.

Email : [terrevivante@wanadoo.fr](mailto:terrevivante@wanadoo.fr)

[www.terrevivante.org](http://www.terrevivante.org)

© terre vivante, 1999, 2002, 2003, 2004  
Mens France

ISBN 2-904082-77-8

Tous droits de traduction, de reproduction, d'adaptation, strictement réservés pour tous pays.

## Remerciements

Merci à tous ceux qui nous ont aidé, au quotidien, à concevoir ce guide pratique à la suite de l'exposition « La maison des [néga]watts » réalisée par terre vivante : Sandrine Buresi, Danielle Suied, Renaud Mikolasek, David Lenoir et Stéphane Davy (Gefosat et Ri2e), ainsi que Bernard Favre et Denis Delebecque (Louma Productions).

Merci aussi à Laurent Le Guyader, Thomas Gueret, Bruno Peuportier, Alain Anglade, Yves Moch, Didier Cherel, Céline Vachey, Maxime Tassin... et à tous ceux qui nous ont fourni de très pertinentes informations.

Nos remerciements particuliers vont enfin à trois pionniers de l'efficacité énergétique :

Claude Aubert, directeur de terre vivante, pour sa relecture critique et amicale,

Olivier Sidler, inlassable dénicheur de « négawatts », dont les campagnes de mesures rigoureuses ont permis de comprendre comment mieux utiliser l'énergie dans notre vie de tous les jours,

et Benoît Lebot, ardent promoteur de l'efficacité énergétique dans les instances internationales et européennes.

Comme eux, il est nécessaire d'agir par la communication, l'analyse et l'outil réglementaire, pour construire une société plus responsable en matière d'énergie.

Mais comme pour les déchets, la fin du gaspillage énergétique est aussi l'affaire de tous : nous vous invitons, tout au long de ce guide, à y participer.

*"Demain ne sera pas comme hier...  
Il sera nouveau et dépendra de nous :  
il est moins à découvrir qu'à inventer."*

Gaston Berger

## Préface

La première ampoule électrique à filament, inventée en 1879 par Thomas Edison, avait un rendement énergétique de 1,5 lumens par watt. Aujourd'hui, les ampoules à incandescence ont un rendement énergétique de l'ordre de 13 lumens par watt : elles consomment donc neuf fois moins d'énergie électrique pour fournir la même quantité de lumière.

Si ce rendement n'avait pas progressé, il faudrait donc mobiliser aujourd'hui neuf fois plus de centrales électriques dans nos paysages pour satisfaire nos besoins d'éclairage. Ce qui représenterait un boulet économique, énergétique et environnemental peu glorieux pour notre société.

Mais il est possible de faire encore mieux en utilisant des lampes fluocompactes, dont le rendement est de 60 lumens par watt.

D'Edison aux lampes basse consommation, une même quantité d'énergie est donc quarante fois mieux employée !

Ainsi l'utilisation toujours plus rationnelle de nos ressources énergétiques (présentée dans ce guide sous le concept de « négawatt », c'est-à-dire les watts qu'il devient inutile de produire pour un même service rendu) fait partie intégrante de notre développement. Par ailleurs, nous avons pris pleinement conscience (certes avec retard) qu'exploiter et brûler toutes ces ressources énergétiques n'est pas sans conséquence sur notre environnement proche ou lointain, présent ou à venir.

Mais ne nous y trompons pas : débusquer les négawatts ne constitue en rien un retour à la bougie. Cela représente, au contraire, un élan de modernité, de citoyenneté et de solidarité.

Élan de modernité, pour utiliser toujours mieux l'énergie produite.

Élan de citoyenneté, parce que l'énergie qui pollue le moins sera toujours celle que l'on ne produit pas. Mieux consommer l'énergie dans son quotidien est une réponse immédiate à la réduction à leur source des émissions et des déchets indésirables pour le bénéfice du plus grand nombre et le

respect de tous ceux qui nous succéderont sur cette planète.

Élan de solidarité, enfin. Un Français consomme en moyenne cinq fois plus d'énergie qu'un Chinois, sept fois plus qu'un Africain. Le développement des pays pauvres passera inévitablement par une demande plus forte d'énergie. Il est souhaitable de réduire l'impact environnemental que représentera cette croissance. Dans le passé, les pays riches n'ont pas toujours montré le bon exemple. Ils peuvent aujourd'hui se racheter par une juste maîtrise de leur consommation d'énergie.

Les petits ruisseaux faisant les grandes rivières, chacun d'entre nous se doit de faire un geste à son échelle, dès maintenant : voici un guide concret et à la portée de tous qui permettra dans un premier temps d'encourager de nouveaux réflexes puis d'ouvrir les esprits à de nouveaux choix.

L'énergie nous est si précieuse que nous en oublions qu'elle est le vecteur de notre confort et qu'elle conditionne notre développement. Hélas, par bien des aspects de son exploitation actuelle, l'énergie contribue aussi à une sévère dégradation de notre environnement. Gageons que cela n'est pas irréversible : chacun de nous, à son niveau, peut ralentir ces désagréments et d'autre part contribuer, en éliminant tout gaspillage, à l'émergence de solutions énergétiques moins polluantes comme l'eau, le soleil, et le vent.

Adoptons la démarche négawatt!

**Benoît LEBOT**

*Ancien ingénieur à l'ADEME,  
actuellement à l'Agence  
internationale de l'énergie (OCDE)*



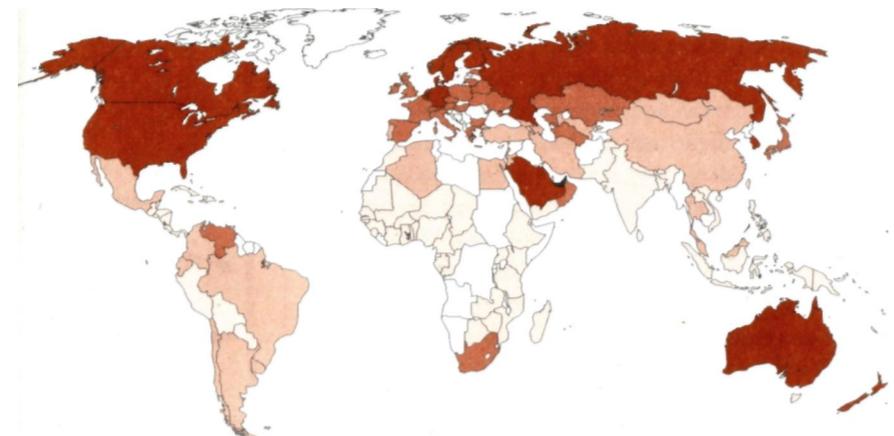
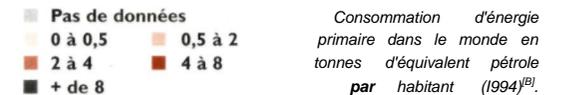
INTRO	> INTRODUCTION : .....7 la démarche négawatt
CONCEVOIR	> Bien CONCEVOIR son projet .....15
MATÉRIAUX	> Le choix des MATÉRIAUX .....27
CHAUFFER	> Se CHAUFFER sans gaspillage.....43
VENTILER	> VENTILER au juste débit.....67
RAFRAÎCHIR	> RAFRAÎCHIR simplement .....75
ÉCLAIRAGE	> L'ÉCLAIRAGE efficace.....81
APPAREILS	> Les APPAREILS économes.....95
EAU	> EAU et énergie.....111
DEMAIN	> Les négawatts de DEMAIN.....127
BILAN	> Le BILAN des négawatts.....133
PLUS	> Des livres, des sites internet .....139 pour en savoir PLUS
ADRESSES	> ADRESSES utiles.....141
LEXIQUE	> Petit LEXIQUE de l'énergie.....145
INDEX	> INDEX.....151

### L'énergie, une richesse inégalement consommée

#### *La consommation d'énergie, reflet de l'inégalité entre les hommes*

Sans énergie, pas de vie, pas de développement.  
Or, aujourd'hui, sur notre planète, la surconsommation la plus débridée côtoie des pénuries criantes : un citoyen américain consomme à lui seul 8 tonnes d'équivalent-pétrole par an, alors qu'un habitant du Bangladesh doit vivre avec quarante fois moins. La consommation d'électricité est encore plus inégale : 7070 kWh par an et par personne en France, contre... 22 kWh seulement en Ethiopie <sup>[A]</sup>!

Et 40% de la population mondiale reste tout simplement privée d'électricité.



Les références des ouvrages et documents cités sont en fin de chaque chapitre (par exemple : <sup>[A]</sup>).

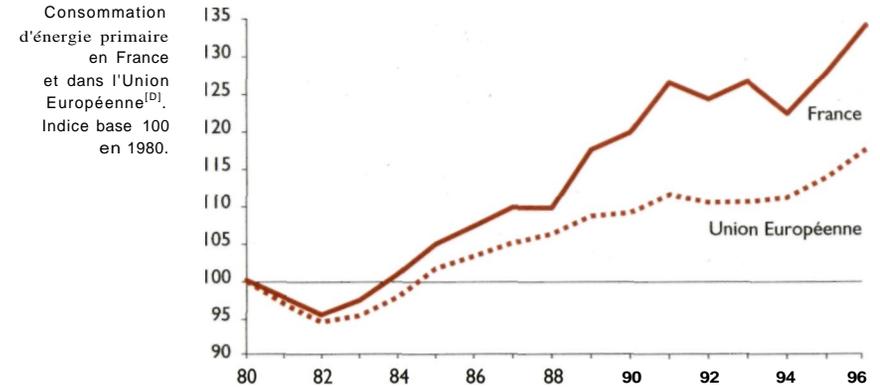
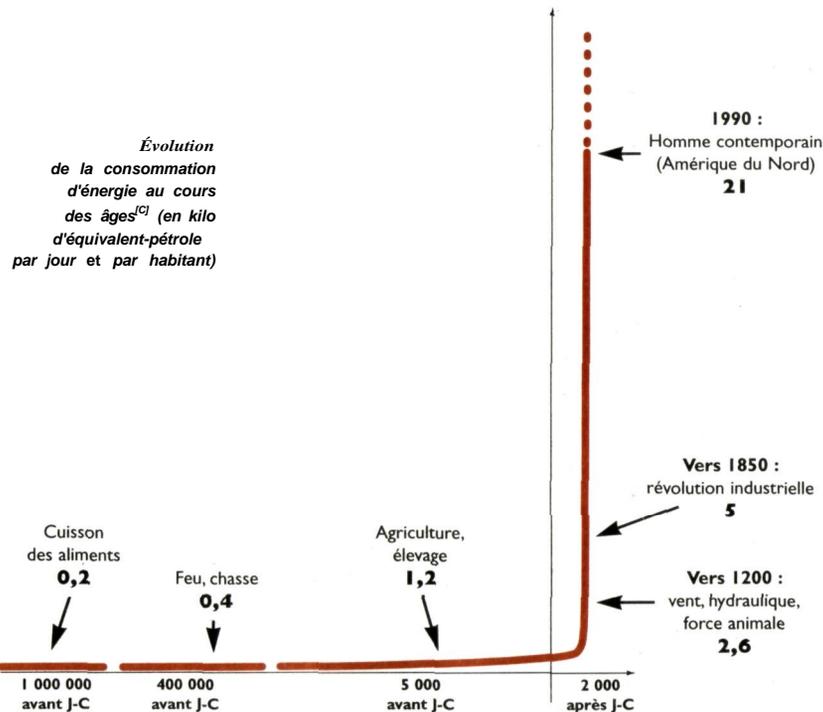
## L'explosion énergétique

La consommation mondiale d'énergie est restée très longtemps stable lorsque l'homme n'utilisait l'énergie que pour sa survie et ses besoins alimentaires.

À partir de 1850 la révolution industrielle a provoqué une augmentation brutale des besoins en énergie. Celle-ci n'a cessé ensuite de croître de façon explosive sous l'effet conjoint de l'augmentation du niveau de vie et la croissance simultanée de la population.

Actuellement la demande mondiale d'énergie croît de 2% par an en moyenne. Elle a tendance à ralentir dans les pays industrialisés, mais augmente dans les pays émergents.

Et en France, après une période de prise de conscience lors des deux chocs pétroliers, la consommation d'énergie des ménages est repartie de nouveau fortement à la hausse!



## Énergie et pollution

La consommation d'énergies fossiles est une des principales sources de la dégradation de l'environnement.

Les gaz qui augmentent l'**effet de serre** ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_2$ ) sont principalement issus de la combustion des carburants fossiles, de l'activité industrielle et de la déforestation.

Certains gaz utilisés pour la production de froid et la climatisation des habitations et des automobiles provoquent une **dégradation de la couche d'ozone** qui laisse alors passer les rayons UV-B. Ces rayons peuvent avoir des effets nocifs sur l'écosystème mais aussi sur la santé.

Les **pluies acides** sont une forme de pollution atmosphérique causée par les oxydes de soufre et les oxydes d'azote. Ces gaz, principalement issus des usines et des automobiles, acidifient les nuages et retombent sous forme de pluies qui affectent gravement les écosystèmes.

Les **déchets nucléaires** issus de la production d'énergie atomique représentent un risque sans précédent pour les générations à venir, certains restant en activité pendant des milliers d'années. À l'heure actuelle, aucune solution n'a été trouvée pour les

*Diminuer nos besoins en énergie, c'est limiter la pollution*

*Dans l'insouciance, notre génération brûle des richesses non renouvelables*

retraiter de façon satisfaisante. Ni l'enfouissement ni le stockage ne peuvent être considérés comme durablement fiables.

La déforestation à des fins de production d'énergie est une des principales causes de la **désertification des sols**. En plus des grandes famines qui en résultent déjà, l'accroissement démographique rend extrêmement préoccupante la perte de terres productives au profit du désert.

Au rythme actuel de notre consommation, de quelles ressources énergétiques disposerons-nous demain?

Le pétrole sera la première source d'énergie à s'épuiser vers 2040, dans moins de deux générations...

L'uranium et le gaz naturel n'atteindront pas les années 2075. Le charbon est plus abondant, mais ses réserves utiles ne dépassent pas deux ou trois cents ans.

Enfin les difficultés de la surgénération et de la fusion nucléaire montrent que la perspective de disposer à court terme d'une énergie abondante et quasi gratuite reste pour l'instant un mythe.

Seule l'utilisation de toutes les formes d'énergies renouvelables (solaire, éolien, hydraulique, bois et biomasse) et une augmentation de l'efficacité énergétique permettront d'éviter de piller définitivement notre planète pour nos seuls besoins immédiats.

Réserves d'énergie par rapport à l'évolution actuelle de la consommation <sup>[E]</sup>

Pétrole : 2000 - 2045

Uranium : 2000 - 2075

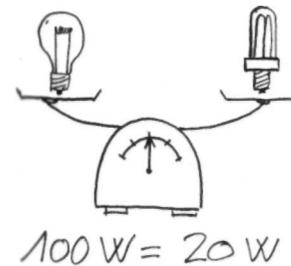
Gaz naturel : 2000 - 2085

Charbon : 2000 - 2700

Energies renouvelables : 2000 - 3000 et suivantes...

## Efficacité énergétique et négawatts

*Réduire la quantité d'énergie pour un même service*



Inégalités criantes, croissance non contrôlée de la consommation, augmentation des atteintes à l'environnement, gaspillage de ressources fossiles limitées...

En matière d'énergie, l'état des lieux est accablant.

Or nous continuons à produire et à consommer toujours plus en ayant, comme l'autruche, la tête douillettement enfoncée dans le sable : les générations à venir nous regarderont comme de redoutables gaspilleurs, doublés d'insoucients pollueurs laissant à nos descendants le soin de s'occuper de nos déchets.

Est-ce inévitable ? Comment rompre avec ce comportement irresponsable sans réduire notre qualité de vie ?

De nombreuses réponses existent, simples, de bon sens, immédiatement applicables par tous. Elles se fondent sur l'efficacité énergétique, c'est-à-dire **réduire à la source la quantité d'énergie nécessaire pour un même service, mieux utiliser l'énergie à qualité de vie constante**.

Par exemple, le seul fait de concevoir une habitation en tenant compte correctement de l'orientation (et donc de l'ensoleillement) diminue de 15 à 30% les besoins de chauffage, et donc la consommation d'énergie.

Autre exemple : remplacer une classique ampoule de 100 W par une lampe basse consommation de 20 W revient à utiliser cinq fois moins d'énergie pour assurer un même niveau d'éclairage. La puissance électrique nécessaire est ainsi réduite de 80 W.

En d'autres termes, le remplacement de cette lampe génère « 80 watts en moins » : on parle alors de « production de négawatts ».

## Devenez producteur de négawatts !

« Produire des négawatts » c'est donc rompre avec nos (mauvaises) habitudes en préférant la

sobriété énergétique au gaspillage<sup>1</sup>. C'est rechercher la meilleure utilisation possible de l'énergie, plutôt que de continuer d'en consommer toujours plus.

Loin du « retour à la bougie ou à la lampe à pétrole », cette démarche vise à faire la chasse aux watts inutiles grâce à une utilisation plus efficace de l'énergie, et à recourir judicieusement aux énergies renouvelables.

#### Une démarche triplement gagnante :

- pour le consommateur, qui voit ses factures d'énergie diminuer,
- pour l'emploi, par la diffusion de nouveaux équipements plus performants et le développement décentralisé de tous les métiers de l'énergie,
- pour l'environnement, car l'énergie la moins polluante est celle que l'on n'a pas besoin de produire.

Il existe chez vous de véritables « gisements de négawatts » : ils se cachent dans l'isolation de votre maison, le chauffage, l'eau chaude sanitaire, l'éclairage et tous les appareils électroménagers. Il y a aussi des négawatts dans vos fenêtres, vos robinets, votre téléviseur, et dans la façon dont votre logement est orienté!

Nous vous invitons, dans ce guide, à partir ensemble à leur recherche en adoptant la « démarche négawatt ».

<sup>1</sup> Due à Amory Lowins, fondateur du Rocky Mountain Institute, cette notion de « production de négawatt » est une conception analogue à la production de kilowatt électrique. Elle commence à recevoir dans certains pays une traduction économique concrète : pour vendre du négawatt, des sociétés proposent à leur client de réaliser des économies d'électricité qui seront ensuite facturées comme s'il s'agissait de l'énergie produite par une nouvelle centrale. Dans ce guide, cette notion est étendue à toutes les formes d'énergie et pas seulement à l'énergie électrique.

#### Énergie, puissance : petit rappel...

La puissance est une quantité d'énergie produite ou consommée par unité de temps. L'unité de puissance est le watt (W).

1000 W = 1 kilowatt (en abrégé 1 kW).

L'unité d'énergie est le Joule. On utilise souvent, surtout pour l'électricité, le kilowatt-heure, qui correspond à l'énergie consommée par un appareil d'une puissance de 1 kW pendant une heure.

1000 W pendant une heure = 1000 Wh = 1 kilowatt-heure (en abrégé 1 kWh)

Ainsi une lampe de 100 W allumée durant 10 heures consomme 1 kWh d'énergie, c'est-à-dire autant qu'une lampe halogène de 500 W durant 2 heures.

On exprime également les consommations d'énergie par référence à celle qui peut être fournie par une tonne de pétrole. On parle alors de tep (tonnes d'équivalent-pétrole).

Une tep est équivalente à 11600 kWh<sup>2</sup>.

<sup>2</sup> Coefficient international de conversion pratiqué dans tous les pays sauf... la France qui a choisi pour sa comptabilité énergétique un autre coefficient (1 tep = 4500 kWh) ne tenant pas compte des gaspillages de chaleur lors de la production d'électricité par cycle thermodynamique comme dans les centrales thermiques et nucléaires.

#### Références

[A] Statistiques de l'Agence internationale de l'énergie, 1997.

[B] PNLUD, Agence internationale de l'énergie, B. Dessus (CNRS).

[C] Estimations Unesco, 1984.

[D] Observatoire de l'énergie, 1999.

[E] Conférence mondiale de l'énergie, 1989.

*Il existe  
chez vous  
de véritables  
« gisements  
de négawatts »*



## La conception bioclimatique

Que ce soit pour une construction neuve ou une habitation à rénover, c'est pendant la phase d'étude d'un projet que l'on réalise les plus fortes économies d'énergie, que l'on peut débusquer les plus importants « gisements de négawatts ».

Pour cela il suffit d'appliquer quelques principes simples : tenir compte de l'environnement, capter et stocker le soleil, isoler avec soin, profiter au mieux de la lumière du jour...

*Construire  
avec le climat  
et non contre lui*

Quelques règles de bon sens, en fait, pour construire en harmonie avec l'environnement et le climat : c'est pourquoi cette démarche s'appelle la « conception bioclimatique ».

En l'adoptant, il est tout à fait possible de réaliser sans surcoût important un habitat sain et confortable aux charges de chauffage réduites, et aux dépenses de climatisation nulles car devenues inutiles!

*Maison  
bioclimatique.*



Petit guide  
de conception  
bioclimatique  
en huit règles  
de base

«Alors que je travaillais sur la conception d'un bâtiment solaire, je fus intriguée par la puissance d'expression des qualités thermiques : le bâtiment se comportait lui-même en système thermique. Le séjour était conçu comme espace de vie et comme capteur de chaleur. Les fenêtres sud favorisaient la vue et laissaient également pénétrer la chaleur solaire de l'hiver. Je commençais à imaginer comment les qualités thermiques de ce bâtiment affecteraient les gens qui y vivraient. L'unique analogie évidente fut la cheminée [...] et la fraîcheur du jardin islamique : l'âtre, un refuge de chaleur sèche contre un monde froid, et l'oasis, une réserve de fraîcheur et d'humidité au cœur d'un désert. »

Lisa Heschong,  
Architectures  
et volupté thermique,  
éditions Parenthèses

1. Bien analyser et prendre en compte **le terrain, l'environnement proche et le micro-climat** (soleil, vent, végétation).
2. Concevoir ensuite un dessin général de l'habitation présentant une **bonne compacité** et répartissant les différentes pièces selon les **orientations des façades**.
3. **Isoler avec soin** pour conserver la chaleur l'hiver et éviter qu'elle ne pénètre durant la saison chaude.
4. **Capter le soleil** pendant la période de chauffage par les vitrages, une véranda ou des murs massifs, tout en se protégeant du rayonnement d'été.
5. Stocker l'énergie dans la masse du bâtiment et amortir les variations de température grâce à **l'inertie thermique**.
6. Limiter les infiltrations d'air parasites et prévoir un renouvellement de l'air utilisant au mieux la **ventilation naturelle** ou une ventilation contrôlée efficace.
7. Laisser largement entrer la lumière du jour pour favoriser **l'éclairage naturel**, en veillant aux risques d'éblouissement ou de surchauffe.
8. Choisir enfin **un appoint de chauffage approprié** et peu polluant.

Concevoir « bioclimatique », c'est finalement retrouver l'art de bâtir en associant mieux l'homme et son environnement : ces règles ne sont que l'expression d'un bon sens trop souvent perdu dans l'impératif de construire au plus vite, au plus standardisé et au moindre coût.

Construire ou rénover en respectant cette démarche demande bien sûr un travail de conception plus long, donc un peu plus coûteux. Cela en vaut largement la peine : une maison n'est pas un produit de consommation impersonnel, mais bien un lieu de vie où l'on doit se sentir bien, en harmonie avec le milieu naturel.

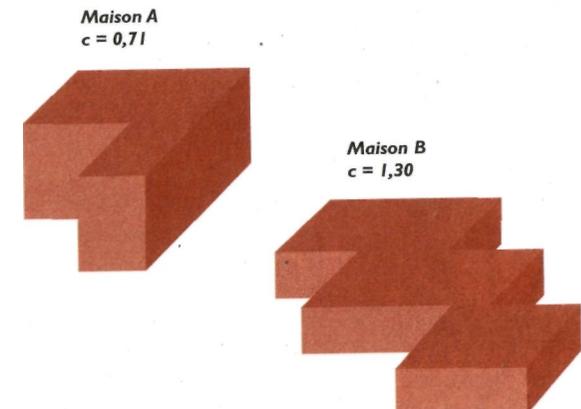
Avant même les premières esquisses, une analyse environnementale du site d'implantation du projet est indispensable.

Il faut connaître le régime des vents dominants, repérer le relief et la végétation, déterminer si des constructions proches peuvent faire de l'ombre à certaines heures.

On cherchera à offrir peu de prise aux vents froids, à privilégier les orientations les plus ensoleillées, et à bien capter lumière et soleil.

Le choix de la compacité générale du bâtiment est également une source très importante d'économies aussi bien en énergie qu'en investissement. Les pertes de chaleur sont en effet fonction de la surface des parois en contact avec l'extérieur ou avec le sol : pour un même volume et une même surface, une habitation plus compacte consomme moins d'énergie.

Comparons par exemple deux projets : une maison A à deux étages et une maison B assez développée de plain pied, ayant toutes les deux la même surface habitable (120 m<sup>2</sup>) et le même volume (250 m<sup>3</sup>).



Infos  
Le coefficient de compacité

Le coefficient de compacité  $c$  est le rapport  $S/V$  entre la surface totale extérieure  $S$  des parois et le volume habitable  $V$ . Plus  $c$  est faible, plus le bâtiment est compact. Un coefficient  $c$  inférieur à 0,70 correspond à une très bonne compacité.

Si les parois de ces deux maisons sont également constituées des mêmes matériaux, on pourrait penser à priori que leurs consommations d'énergie sont identiques.

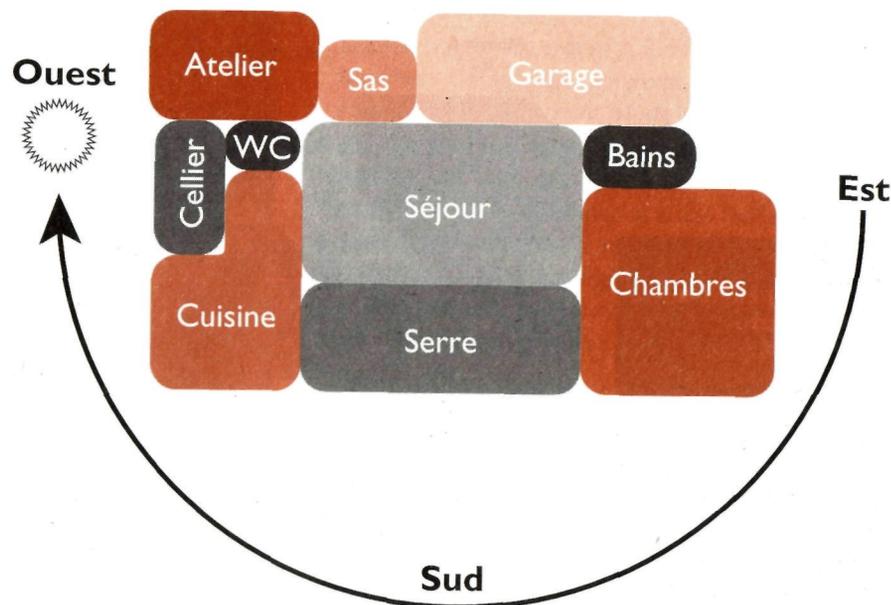
Il n'en est rien car la maison B est beaucoup moins compacte : les pertes totales par les parois sont 82 % plus élevées que celles de A, et les besoins en énergie seront donc très supérieurs pour un volume et une surface au sol identiques.

Bien sûr, la conception bioclimatique n'a pas pour objectif l'hyper-compacité. Il est cependant important de savoir, lors de la conception d'une habitation, que toute diminution de la compacité génère automatiquement des consommations d'énergie et des coûts d'investissement plus élevés.

## Ensoleillement et répartition des pièces

En matière d'orientation et d'architecture le travail du concepteur doit consister à combiner au mieux apports du soleil d'hiver et protections du soleil en été et en mi-saison.

À titre indicatif, voici quelques principes de base sur lesquels s'appuient nombre de maisons bioclimatiques :



Les pièces occupées en permanence durant la journée devraient de préférence être orientées au sud.

Les chambres seront plutôt situées au sud et à l'est, profitant du lever du soleil. Elles garderont ainsi leur fraîcheur en fin de journée.

On veillera à limiter dans la cuisine les apports solaires sur les vitrages sud-ouest, souvent générateurs de surchauffe.

Une serre ou véranda placée au sud permet, tout en apportant de la chaleur en hiver, de créer un espace intermédiaire entre l'intérieur et l'extérieur. Suffisamment grande pour pouvoir y prendre des repas, elle sera accessible depuis le séjour, la cuisine et les chambres.

Les espaces peu ou non chauffés (entrée, atelier, garage) seront plutôt disposés à l'ouest ou au nord. Si le vent est souvent violent, un sas d'entrée sera nécessaire pour éviter que l'air froid ne pénètre dans la maison.

## fiche pratique

En première approche, on peut choisir une surface de vitrage en fonction de la surface de

Orientation	Ratio surface fenêtre/surface plancher
Sud	20 à 35%
Est et Ouest	10 à 25%
Nord	0 à 10%

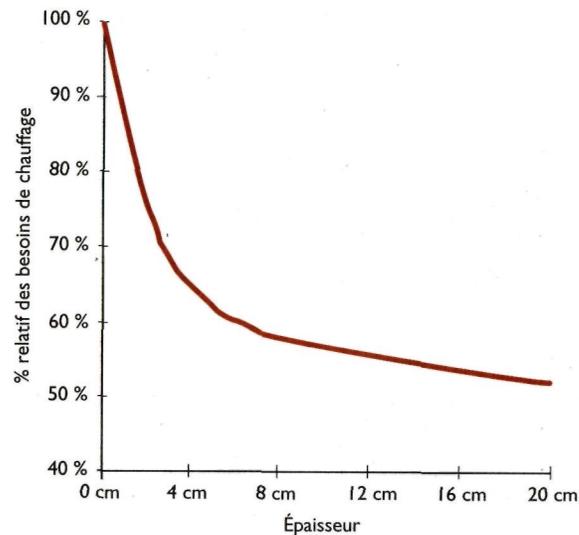
Ces valeurs ne sont bien sûr qu'indicatives. Attention aux risques de surchauffe s'il y a trop de vitrage : il est indispensable de se protéger du rayonnement solaire d'été par des écrans végétaux, des avancées de toiture, des stores extérieurs ou des pergolas...

## Isoler avec soin

L'isolation joue un rôle toujours bénéfique : en hiver, elle ralentit la fuite de la chaleur du logement vers l'extérieur. En été, au contraire, elle rafraîchit l'habitat en limitant les apports de chaleur. L'isolation évite également les condensations et cette très désagréable impression de « mur froid » qui oblige à surchauffer l'air pour conserver un niveau de confort suffisant.

Lors de la rénovation d'une maison, les travaux d'isolation doivent porter en priorité sur la toiture ou les combles (35 % des déperditions en moyenne).

Les premiers centimètres d'isolant sont toujours les plus efficaces. Les épaisseurs optimales sont fonction du climat. En première approche et pour de la laine minérale, elles se situent à 10 cm pour les murs extérieurs, à 20 cm pour le toit et à 12 cm pour un sol sur cave.



Les besoins de chauffage diminuent rapidement en fonction de l'épaisseur d'isolant dans les murs.

## Éloge de l'inertie thermique

Chacun a pu constater qu'un mur massif, ensoleillé et bien abrité du vent, reste chaud longtemps après le coucher du soleil, ou bien a été surpris par l'agréable fraîcheur d'une cave même lors des plus fortes chaleurs.

La forte inertie thermique du mur et de la cave explique ces impressions : la chaleur solaire stockée durant la journée dans la masse du mur est lentement rediffusée vers l'extérieur; l'air chaud estival

<sup>1</sup> Calculs GEFOSAT sur le logiciel de simulation dynamique PLEIADES + COMFIE.

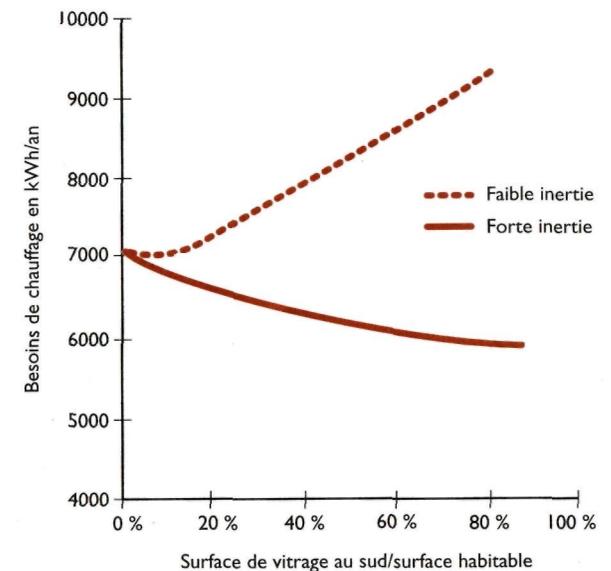
**Les matériaux lourds ont un double rôle : stocker la chaleur en hiver et amortir les surchauffes en été**

ne parvient pas à élever en température les murs de la cave, gardant celle-ci à une température proche de la moyenne annuelle.

Construire en « forte inertie », c'est donc utiliser des matériaux lourds à l'intérieur de l'habitat afin de stocker la chaleur solaire et d'atténuer les variations de température interne.

À l'inverse, une maison à « faible inertie » monterait vite en température au moindre rayon de soleil, sans possibilité de stocker la chaleur solaire. Les écarts de température interne seront importants, les risques de surchauffe plus élevés.

Comparons deux maisons identiques, l'une à forte inertie dont l'isolation est placée à l'extérieur, l'autre à faible inertie avec une isolation intérieure. Si l'on augmente progressivement, dans ces deux maisons, la surface de vitrage en façade sud, voici comment vont évoluer les besoins de chauffage<sup>2</sup> :



<sup>2</sup> Calculs GEFOSAT, logiciel de simulation dynamique PLEIADES + COMFIE. Conditions météorologiques de Montélimar. Étude sur une maison de 100 m<sup>2</sup>, 250 m<sup>3</sup>, mur à isolation par l'intérieur (faible inertie) ou par l'extérieur (forte inertie), fenêtres alu double vitrage, surface de vitrage 1,6 m<sup>2</sup> à l'est, l'ouest et le nord, chauffage 15 °C nuit et 19 °C jour.

Avec une faible inertie, une augmentation de la surface des vitrages accroît les besoins en énergie : le stockage de l'énergie ne peut s'effectuer efficacement. Avec une forte inertie, le bilan est au contraire positif : l'énergie solaire captée compense largement les pertes par les vitrages, permettant ainsi de diminuer les besoins de chauffage.

En hiver une maison bioclimatique à forte inertie met à profit ce même phénomène. Lorsque les rayons solaires pénètrent à travers les fenêtres ils frappent le sol et les murs : si ces parois sont à forte inertie (par exemple avec une isolation placée à l'extérieur et non à l'intérieur), elles rayonnent ensuite lentement leur chaleur dans l'habitation.

Inversement, en été, l'inertie permet de bénéficier de la fraîcheur des murs refroidis la nuit par ventilation : c'est une excellente façon de réaliser un rafraîchissement naturel.

Dans les deux cas l'inertie joue un rôle important sur la qualité du confort intérieur en atténuant les variations de température.

#### Quelques conseils

- L'isolation intérieure, outre la suppression de l'inertie, expose le mur extérieur aux contraintes climatiques.
- Une forte inertie est surtout utile dans le cas d'un logement à occupation permanente.
- Evitez de revêtir une dalle de maçonnerie d'une moquette : celle-ci diminue de moitié l'inertie de la dalle.

### Que choisir? Test comparatif sur trois maisons

Comparons trois maisons, de même surface (100 m<sup>2</sup>) et de même volume (250 m<sup>3</sup>).

- La première est une maison très classique, aux normes actuelles, mais sans travail de conception particulier sur l'orientation et les vitrages.
- La deuxième lui ressemble en tous points et utilise exactement la même surface de vitrages. Quelques différences toutefois : une meilleure orientation et répartition des fenêtres, un chauffage réduit à 15 °C

la nuit au lieu de 19 °C, des volets correctement utilisés hiver comme été...

- La troisième a une surface et un volume identiques aux deux précédentes, mais elle intègre différents composants de l'architecture bioclimatique : serre-véranda intégrée à l'habitation, mur massif de fond de serre, forte ventilation nocturne l'été, stores extérieurs isolants, renforcement de l'isolation des murs...

Si ces trois maisons sont situées au même endroit, voici leurs besoins de chauffage et de climatisation<sup>3</sup> :

	Maison 1 classique	Maison 2 bien orientée	Maison 3 bioclimatique
Surface	100 m <sup>2</sup>	100 m <sup>2</sup>	100 m <sup>2</sup>
Volume	250 m <sup>3</sup>	250 m <sup>3</sup>	250 m <sup>3</sup>
Température hiver	19 °C en permanence	19 °C jour 15 °C nuit	19 °C jour 15 °C nuit
Vitrages	16 m <sup>2</sup> dont 3,2 m <sup>2</sup> au Sud	16 m <sup>2</sup> dont 11,2 m <sup>2</sup> au Sud	28 m <sup>2</sup> dont 22 m <sup>2</sup> au Sud
La nuit en hiver	volets ouverts	volets fermés	volets fermés
Le jour en été	volets ouverts	volets fermés à 85 %	volets fermés à 85 %
Isolation des murs	7 cm intérieur	7 cm intérieur	10 cm extérieur
Isolation en toiture	14 cm	14 cm	20 cm
Besoins chauffage et climatisation	14300 kWh	9420 kWh - 34 %	5070 kWh - 65 %

La maison 2, mieux gérée et correctement orientée et vitrée, permet de **réduire d'un tiers** les besoins de chauffage et de climatisation sans aucun surcoût à l'investissement!

La maison 3, bioclimatique, **diminue de deux tiers** les besoins thermiques hiver et été! Un équipement de climatisation est inutile, même dans des régions très ensoleillées. Un tel résultat ne demande que peu d'investissements supplémentaires ; un travail de conception plus approfondi est par contre indispensable.

Mais construire pour toute une vie ne vaut-il pas quelques semaines de réflexion ?

<sup>3</sup> Calculs GEFOSAT. logiciel PLEIADES + COMFIE. Simulation dynamique sur 8760 heures pour une année-météo type, moyenne des stations de Trappes, Rennes et Montélimar.

### Économie d'énergie, confort thermique et meilleure santé sont étroitement liés

Concevoir une habitation de façon saine et confortable ne signifie pas dépenser plus d'énergie. Au contraire.

Si les murs d'une maison sont mal isolés, il y aura bien sûr d'importantes pertes de chaleur au travers des parois. Mais ce n'est pas la seule conséquence : les occupants auront tendance à surchauffer l'air pour retrouver un niveau suffisant de confort.

En effet la **température** « ressentie » par le corps humain n'est pas la température de l'air : c'est une moyenne entre cette température et celle des murs environnants.

C'est ce qui explique que l'on peut ressentir une impression de froid dans une pièce mal isolée, aux parois froides, même si l'air est à la bonne température. Par exemple si l'air est à 19 °C mais que les parois ne sont qu'à 15 °C, on aura le sentiment d'être à 17°. Pour avoir moins froid, il faudra pousser le chauffage de l'air jusqu'à 24 °C pour retrouver la sensation d'être à 20 °C.

En hiver, l'occupant d'une habitation mal isolée est donc contraint de surconsommer pour retrouver un niveau de confort suffisant. Et chaque degré de chauffage supplémentaire consomme 7 % d'énergie en plus!

En été, l'occupant d'une maison laissant trop facilement pénétrer la chaleur pourra être tenté d'installer la climatisation pour retrouver un niveau de confort correct : il en résultera à la fois une consommation d'énergie électrique supplémentaire et un risque pour la santé si la climatisation est trop forte ou mal entretenue.

La **vitesse de l'air** est aussi un paramètre important du confort thermique : pour ne pas être gênante, elle doit être inférieure à 0,15 mètres par seconde. Au delà, un courant d'air ou une ventilation inadaptée provoquent une sensation d'inconfort et un risque d'attraper froid : si la vitesse de l'air passe de 0,10 à 0,30 m/s, la sensation de refroidissement est de 3 °C !

**L'humidité relative de l'air** doit être comprise entre 30 à 70 %.

Une humidité trop faible dessèche les muqueuses respiratoires qui ne jouent plus leur rôle filtrant vis-à-vis des poussières et des germes pathogènes.

Une humidité trop forte dérègle la thermo-régulation de l'organisme car l'évaporation à la surface de la peau ne se fait plus, ce qui augmente la transpiration.

Un logement dont la température est trop basse est rapidement trop humide : les risques de condensation sur les parois sont alors grands ce qui peut entraîner le développement de moisissures, de germes microbiens ou d'acariens qui favorisent les troubles respiratoires (comme l'asthme, en particulier chez les enfants).

Trop d'humidité contribue à dégrader l'intérieur du logement (taches grises, salpêtre, pourrissement des tissus et papiers) et à augmenter la consommation de chauffage car un mur humide est bien moins isolant.

D'autres facteurs entrent également en jeu : pour un bon **renouvellement de l'air**, la ventilation doit être de l'ordre de 0,5 à 1 volume du logement par heure ou de 25 m<sup>3</sup> par heure et par personne. Une valeur trop forte augmente les pertes de chaleur à l'extérieur. Une valeur trop faible limite l'évacuation de l'eau et renforce l'humidité.

Une mauvaise combustion du système de chauffage pourra affecter la **qualité de l'air** ambiant par dégagement de CO et de CO<sub>2</sub> dans le logement.

Enfin l'utilisation insuffisante de la **lumière naturelle** dans un logement oblige à recourir trop souvent à l'éclairage artificiel, ce qui augmente la consommation d'énergie électrique et la fatigue visuelle.

Température, humidité, vitesse et renouvellement de l'air, lumière intérieure : à chaque fois confort, santé et faible consommation d'énergie sont étroitement liés.

La recherche du « confort thermique » n'est donc pas un luxe coûteux : elle permet de réduire les charges en énergie, de vivre dans une ambiance intérieure plus saine et... d'éviter des visites chez le médecin.

Vous souhaitez construire ou rénover en ayant le souci de bien intégrer l'énergie et l'environnement dans votre projet. Comment procéder?

Si vous faites appel à un constructeur de maisons individuelles, celui-ci vous proposera une maison « clés en main ». Vous pouvez aussi concevoir votre projet et faire ensuite appel à une entreprise générale s'occupant de la réalisation. Dans les deux cas il est rare, malheureusement, que l'énergie et l'environnement soient vraiment bien pris en compte.

Vous pouvez aussi construire vous-même votre maison. Vous serez alors seul maître à bord mais aussi le seul responsable.

Bien qu'elle ne soit généralement pas obligatoire pour les projets les plus courants<sup>4</sup> l'intervention d'un architecte est une sage solution. Encore faut-il bien le choisir... Si celui-ci n'est pas spécialisé en architecture bioclimatique, il est préférable qu'il soit appuyé par un bureau d'étude thermique : de très nombreux exemples montrent que le surcoût de l'architecte et du bureau d'études est vite récupéré par les économies qu'ils vous feront faire.

<sup>4</sup> En France l'intervention d'un architecte est obligatoire sauf pour les particuliers qui construisent une maison d'habitation de moins de 170 m<sup>2</sup> de surface hors œuvre nette (SHON).



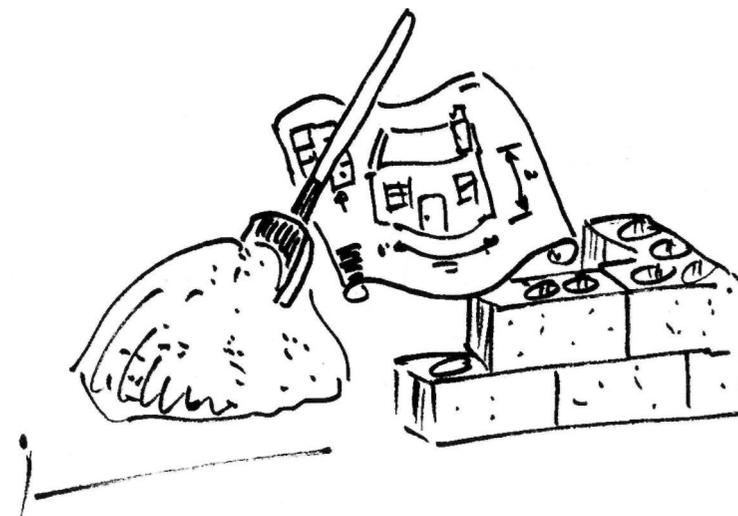
## Matériaux et énergie : les critères du choix

Les propriétés des matériaux utilisés pour les murs, le sol, les fenêtres ont une influence directe sur la consommation d'énergie dans la maison des négawatts.

Leur qualité isolante est bien sûr essentielle. Mais d'autres critères interviennent : l'inertie thermique pour mieux atténuer les variations de température, la performance acoustique pour un meilleur confort sonore, la qualité hygroscopique pour permettre à l'habitation de respirer et d'évacuer correctement l'humidité en excès.

Enfin, il est important de s'intéresser aux qualités environnementales des matériaux : leur fabrication nécessite-t-elle beaucoup d'énergie? Ne se fait-elle pas au détriment de ressources ou d'espaces naturels? En fin de vie, ces matériaux sont-ils recyclables? Dégagent-ils des émissions toxiques?

Du sol à la toiture, nous allons examiner, au regard de tous ces critères, les avantages et inconvénients des principales solutions constructives.



## La gamme des isolants

### L'isolation acoustique entre pièces

Contrairement à ce qu'on pourrait croire a priori, un isolant thermique n'est pas nécessairement un bon isolant acoustique.

Il existe en effet deux types de solutions pour insonoriser la paroi séparant deux pièces : soit employer des matériaux lourds et massifs, soit incorporer entre deux cloisons plus légères un matériau fibreux. Plus celui-ci sera souple et élastique (comme la laine de verre, la laine de chanvre ou de lin, la fibre de coco, la laine animale), meilleure sera l'isolation acoustique. À l'inverse, un matériau compact comme le polystyrène ou le polyuréthane sont de très mauvais isolants acoustiques<sup>1</sup>.

Dans le cas de deux pièces superposées, un parquet flottant (c'est-à-dire non ancré dans les murs) posé sur un isolant incompressible en liège, panneau de cellulose ou laine de roche offre la meilleure isolation phonique.

N'hésitez pas à faire appel à un spécialiste : l'acoustique est un domaine complexe et difficile, qui ne s'improvise pas, et où les contre-performances sont coûteuses.

<sup>1</sup> Il existe du polystyrène traité « acoustique ». mais ses performances restent inférieures à celles des isolants fibreux.

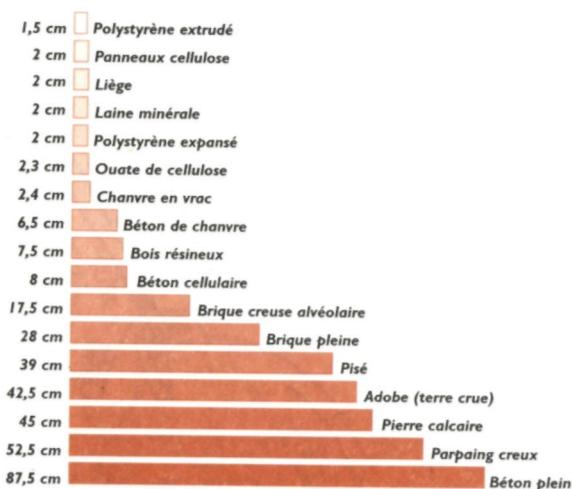
Ce qui isole, ce n'est pas la matière dont est fait l'isolant... mais l'air!

Le pouvoir isolant d'un matériau est en effet principalement assuré par l'air piégé dans des fibres ou des micro-bulles. Plus cet air est sec et immobile, moins la chaleur peut se propager dans le matériau, et plus son pouvoir isolant est important.

Les isolants légers peuvent se répartir en trois grands groupes :

- les isolants à base minérale comme la laine de verre, la laine de roche, la vermiculite, la perlite, le verre cellulaire ou l'argile expansée ;
- les isolants à base de matière plastique alvéolaire comme le polystyrène expansé, le polystyrène extrudé et le polyuréthane ;
- les isolants à base végétale ou animale tels que le fibragglo, le liège, les fibres de bois, la ouate de cellulose, le chanvre, la filasse de lin, le coton, la fibre de coco, la laine. Ils offrent d'assez bonnes performances, sont recyclables en fin de vie et nécessitent peu d'énergie lors de leur fabrication.

Pour obtenir la même isolation qu'un mur en béton de près de quatre-vingt-dix centimètres, il faut :



Un matériau lourd, même très épais comme un mur ancien en pierre, est rarement un bon isolant. Favorable en été, car il apporte une forte inertie, il perdra facilement de la chaleur en hiver.

Les murs à isolation dans la masse<sup>2</sup> comme la brique alvéolée (brique G), le béton cellulaire, le bois cordé, le béton de chanvre offrent un bon compromis entre isolation et inertie.

### Fiche pratique : Comment choisir la résistance d'un isolant ?

La manière dont un matériau conduit la chaleur s'appelle la conductivité thermique. On l'exprime par le coefficient lambda : plus celui-ci est faible, moins la chaleur peut se propager au sein du matériau.

La qualité isolante d'une paroi d'une certaine épaisseur est mesurée par sa résistance thermique R définie ainsi :

$$R = \text{épaisseur} / \lambda$$

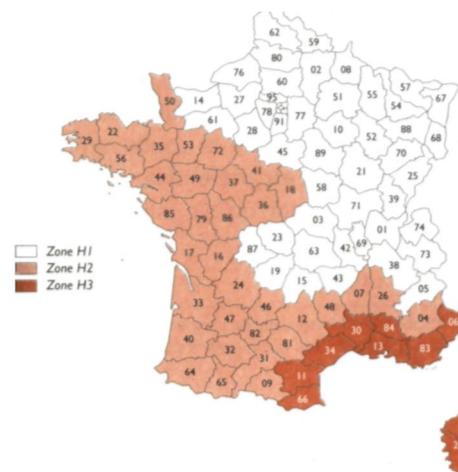
Une paroi correctement isolante sera donc constituée d'une épaisseur suffisante d'un matériau de faible coefficient de conductivité lambda<sup>3</sup>.

La valeur de R doit être mentionnée sur tous les éléments isolants (panneaux, rouleaux) vendus dans le commerce. N'hésitez pas à exiger son affichage.

Voici les valeurs de R recommandées en France en fonction de trois zones climatiques :

	Murs	Combles perdus	Combles habitables	Caisson chevronné	Sol sur garage	Sol sur terre-plein
Zone H1	29	6	65	6	24	14
Zone H2	24	5	65	6	2	12
Zone H3	2	4	6	5,5	16	1

N'hésitez jamais à mettre des valeurs supérieures<sup>4</sup> : rajouter quelques centimètres d'isolation supplémentaires s'avère peu onéreux pendant la construction, et très coûteux une fois la construction achevée.



<sup>2</sup> On parle aussi dans ce cas d'isolation répartie ou de « monomur ».

<sup>3</sup> La résistance thermique R s'exprime en m<sup>2</sup> par degré et par watt (m<sup>2</sup>.K/W). Le coefficient lambda de conductivité se mesure en watt par mètre et par degré (W/m.K).

<sup>4</sup> Par exemple l'été pour éviter que la chaleur ne finisse en fin de journée par traverser les parois fortement exposées.

La plupart des isolants bénéficient d'une certification ACERMI, décernée par le CSTB.

Celle-ci garantit les performances de l'isolant selon de nombreux critères :

- la résistance thermique R de l'isolant ;
- ces propriétés physiques, définies par les cinq lettres du mot ISOLE, chacune assortie à un chiffre. Dans chaque catégorie, plus l'isolant est performant, plus le chiffre est élevé.

		Faible	Forte
1	Incompressibilité	I1	I5
<b>S</b>	Stabilité des dimensions	S1	S4
0	Comportement à l'eau	O1	O3
L	Traction	L1	L4
E	Perméance à la vapeur d'eau <sup>5</sup>	E1	E4

- Le classement de l'isolant par rapport au feu
  - MO Incombustible
  - M1 Non inflammable
  - M2 Difficilement inflammable
  - M3 Moyennement inflammable
  - M4 Facilement inflammable

## Planchers et isolation

Pour le plancher du rez-de-chaussée, deux solutions sont possibles : couler directement une dalle sur le sol (plancher sur terre-plein) ou réaliser un plancher sur vide sanitaire (sous-sol ventilé ou garage).

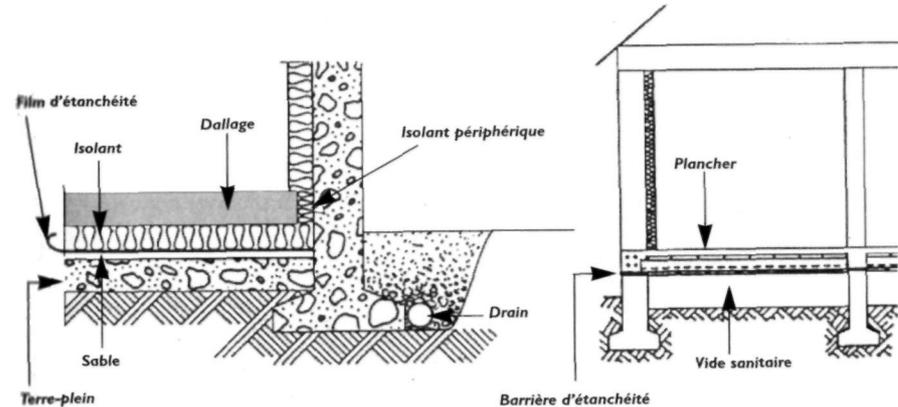
Le plancher sur terre-plein est un peu plus intéressant car il permet d'associer la masse thermique du sol pour augmenter l'inertie de la maison.

Si le sol est peu stabilisé ou assez humide, aucune hésitation : un vide sanitaire est impératif pour éviter toute fissuration de la dalle et toute remontée d'humidité. Dans ce cas il est préférable que la dalle soit de forte épaisseur pour qu'elle puisse, par son

<sup>5</sup> E1 signifie que l'isolant a une forte valeur de perméance, et qu'il est donc moins imperméable à la vapeur d'eau qu'un isolant classé E4.

inertie, mieux stocker l'énergie et amortir la température ambiante.

Dans le cas d'un plancher chauffant, une dalle flottante isolée en sous-face est la solution la plus appropriée.



Coupes sur terre-plein et vide sanitaire avec isolation sous dalle [A].

Si les murs principaux sont isolés par l'extérieur, il est nécessaire d'isoler les fondations sur une profondeur de 0,60 m à 1,20 m.

Si les murs principaux sont isolés par l'intérieur, il faut en premier lieu prévoir un isolant périphérique perpendiculairement au plancher pour diminuer les pertes thermiques entre la dalle et le sol extérieur.

Au delà, trois solutions sont possibles :

- prolonger l'isolation sur la face interne des fondations ;
- assurer une isolation périphérique horizontale de la dalle sur un mètre de largeur ;
- placer une isolation horizontale sur toute la surface afin de réaliser une dalle flottante.

Cette dernière configuration permet d'améliorer de 40 % l'isolation de la dalle par rapport aux solutions 1 et 2. Elle est par contre un peu moins favorable en été car la chaleur du logement s'évacue moins facilement par le sol.

L'isolation de la dalle peut être également assurée en remplaçant le gravier contenu dans le béton par des granulats synthétiques ou naturels comme le chanvre, l'argile expansé, la vermiculite ou la fibre de bois.

## Les murs porteurs

Qu'il soit en bois, en béton, en terre ou bien en pierre, le choix du composant principal des murs n'est pas sans conséquences sur la qualité énergétique et le confort thermique d'une habitation.

**Le bois** présente beaucoup d'avantages : il est naturel, sain, recyclable et ne demande que très peu d'énergie pour sa mise en oeuvre. Une ossature bois avec un remplissage isolant a cependant l'inconvénient d'offrir peu d'inertie. Celle-ci doit alors être recherchée dans la dalle et les murs lourds intérieurs<sup>6</sup>.

**Les blocs en béton alvéolaires** (parpaings creux) sont largement utilisés dans la construction individuelle. Un mur en blocs de béton, même de forte épaisseur, doit absolument être complété par une très bonne isolation. La faible porosité du béton en fait un mauvais régulateur hygrométrique. Enfin il a une inertie assez moyenne, inférieure à celle d'un mur en blocs pleins ou en béton banché.

**Le béton cellulaire** est un mélange de sable, de ciment et de chaux qui, additionné avec de la poudre d'aluminium (1%) provoque la création d'une multitude de bulles d'air. Cette particularité lui confère de bonnes qualités thermique, acoustique et hygrométrique. Sa protection au feu est excellente. Il n'a pas besoin d'un isolant complémentaire et un bloc de trente centimètres procure

<sup>6</sup> Les murs intérieurs pourront être en béton, en terre cuite ou crue. Une technique plus récente permet d'améliorer l'inertie des parois en bois en noyant, par banchage, l'ossature dans un mélange de chanvre, de chaux et de plâtre. Ce procédé a par ailleurs l'avantage d'assurer une protection fongicide du bois tout en assurant une bonne régulation hygrométrique de l'ambiance.

une inertie moyenne. Sa faible résistance mécanique nécessite cependant une mise en oeuvre soignée.

**Les briques de terre cuite** sont réalisées à partir de terre argileuse. Les briques classiques sont légèrement plus isolantes que les parpaings en béton mais elles doivent être, comme eux, complétées par un doublage isolant intérieur ou extérieur. Des briques alvéolaires d'épaisseur importante (briques G) permettent cependant de réaliser un mur à la fois porteur et isolant. Outre l'inertie thermique qu'il apporte, ce matériau assure une bonne régulation hygrométrique.

**La terre crue** est un matériau de construction traditionnel qui offre une excellente qualité hygrométrique et une forte inertie. Elle a l'avantage d'être disponible en de nombreux endroits, de demander très peu d'énergie à sa fabrication et d'être recyclable<sup>7</sup>. Les murs réalisés en terre crue n'offrent cependant pas une isolation suffisante. Ils seront plutôt employés comme murs intérieurs ou murs capteurs du rayonnement solaire en fond de véranda.

**La pierre** n'est plus beaucoup utilisée aujourd'hui. Sans avoir les mêmes qualités hygrométriques, ses qualités thermiques et environnementales se rapprochent de celles de la terre.

### Infos

La construction en bois représente 90 % des maisons individuelles et petits collectifs aux États-Unis, au Canada, en Australie et dans les pays Scandinaves.

Plus proche de nous, 35 % des maisons en Allemagne et en Grande-Bretagne sont construites en bois contre... 4 % seulement en France, pays le plus boisé d'Europe!

La généralisation du parpaing est écologiquement regrettable...

<sup>7</sup> On la met en oeuvre soit en pisé (la terre, additionnée avec de la chaux pour la stabiliser, est tassée entre deux banches), soit en blocs d'adobe (dans ce cas les briques en terre crue stabilisées à la chaux - 5% environ - sont compressées à l'aide d'une presse puis séchées).

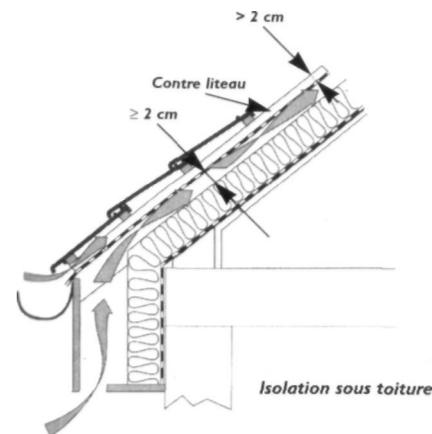
Dans le cas d'un comble non habité, l'isolant peut être posée directement au-dessus du plafond en vrac ou en rouleaux. Dans ce dernier cas, l'idéal est de le disposer en deux couches croisées pour éviter toute perte de chaleur à la jonction entre deux rouleaux.

Pour les toitures-terrasse, il faut placer l'isolant sur la toiture, sur ou sous l'étanchéité.

Pour une toiture en pente, plusieurs techniques sont possibles.

- La pose entre chevrons de **panneaux ou rouleaux** de laine minérale ou végétale est une solution peu coûteuse en fourniture mais plus longue à mettre en oeuvre. L'idéal est de disposer l'isolant en deux couches croisées et de le maintenir à l'aide de pattes fixés aux chevrons. Des rails métalliques ou en bois fixés sur ces pattes servent de support au parement intérieur.
- La pose d'un isolant **en vrac entre chevrons** nécessite une hauteur de chevron importante et l'addition d'un produit qui fixe l'isolant pour qu'il ne glisse pas. Elle ne permet pas en outre une isolation continue avec de nombreux ponts thermiques entre chevrons.
- Les **panneaux isolants préfabriqués** regroupent dans un même panneau trois éléments constructifs : le plafond, (en plâtre, lambris ou aggloméré), l'isolation thermique et le support de couverture<sup>8</sup>. Si le coût de ce type de composant est plus élevé que l'ensemble des matériaux d'une solution traditionnelle, le gain à la mise en oeuvre est important.
- **L'isolation sur toiture** : le parement intérieur puis l'isolant sont placés en une ou deux couches croisées sur les chevrons.

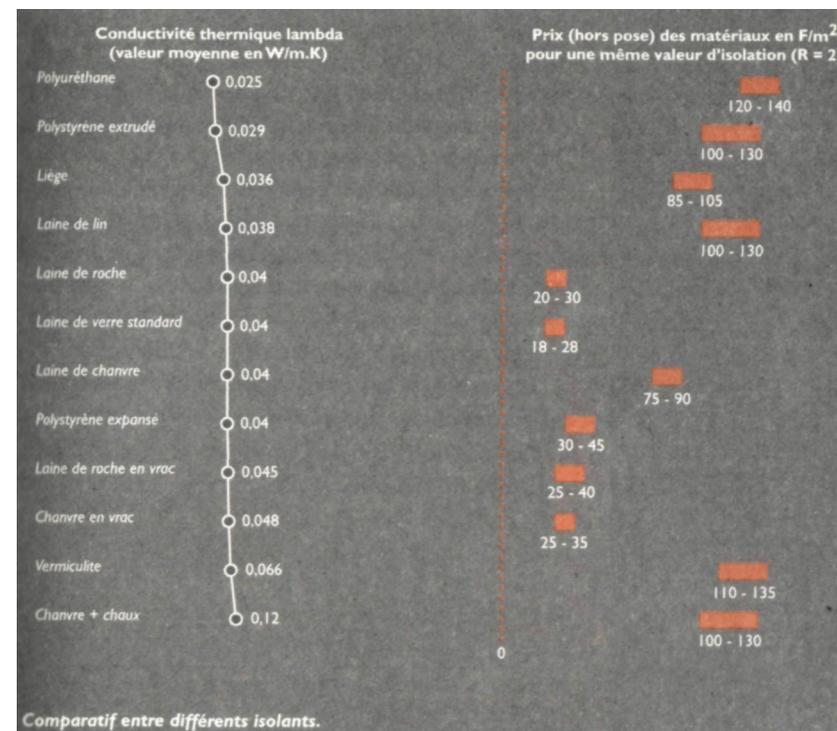
<sup>8</sup> Parement hydrofuge avec contre-lattage éventuel.



### Conseils pratiques

- > Avec un isolant en laine minérale ou végétale, placez un pare-vapeur sur la face interne de l'isolant.
- > Prévoyez de ventiler en partie haute et basse la couverture, et réservez une lame d'air d'au moins deux centimètres entre les liteaux et l'isolant pour permettre le passage de l'air de ventilation.
- > Dans les régions fortement ensoleillées, n'hésitez pas à sur-isoler la toiture pour éviter que la chaleur ne finisse par pénétrer en fin de journée.

### fiche pratique : Quels sont les performances et le prix des principaux isolants ?



### Infos

#### Isolants fibreux et précautions de pose

Non protégés, les isolants fibreux en vrac ou en rouleaux disséminent dans l'atmosphère des fibres dangereuses pour l'organisme, dont les effets sont encore mal connus. Il faut se protéger de toute inhalation par un masque lors de la pose et limiter leur emploi à l'isolation derrière cloisons ou parements parfaitement étanches à l'air du logement.

De la laine isolante tassée ou écrasée perd une grande partie de son efficacité : des chemins de passage doivent être prévus pour circuler dans un comble où de la laine a été déroulée. Enfin les rongeurs adorent se faufiler dans les laines isolantes. Pour éviter d'entendre leur promenade nocturne, veillez à rendre bien hermétiques les faux plafonds isolés.

## Isolation et humidité

Certains matériaux régulent naturellement l'humidité ambiante

Un logement sain doit pouvoir maintenir une ambiance intérieure ni trop sèche, ni surtout trop humide : une famille de quatre personnes produit entre dix et vingt kilos d'eau par jour sous forme de vapeur par la respiration, la cuisine, les douches et les bains.

Or, la plupart des isolants modernes à base d'hydrocarbures (comme les polystyrènes expansé et extrudé, le polyuréthane) ou les revêtements plastiques d'étanchéité sont imperméables à la vapeur d'eau. Ils créent donc une véritable barrière étanche dans le mur.

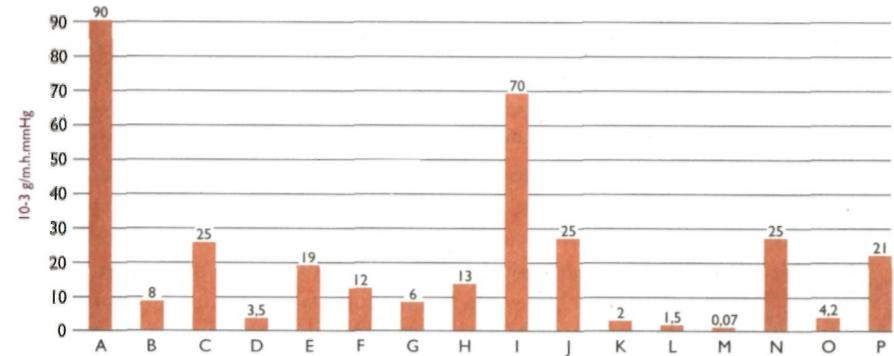
Certains matériaux (comme la brique alvéolaire, le béton cellulaire ou le béton de chanvre) sont au contraire de bons régulateurs hygrométriques. En forte épaisseur ils peuvent assurer les fonctions d'isolation et d'inertie.

Pour éviter le développement de micro-organismes et de moisissures, il faut tout d'abord bien aérer le logement en renouvelant l'air en permanence. Mais une ventilation trop importante peut toutefois gaspiller rapidement beaucoup d'énergie.

Une autre solution consiste à utiliser des murs à isolation répartie assez poreux, comme ceux en terre ou en briques creuses. Leur porosité leur permet d'absorber la vapeur d'eau en excès puis de la restituer si l'air est plus sec. Ils contribuent donc à réguler naturellement l'humidité ambiante<sup>9</sup>.

Un enduit à base de ciment laisse passer 45 à 50 grammes de vapeur d'eau par m<sup>2</sup> et par jour, un enduit plastique à 60 g/m<sup>2</sup>/j, un enduit à la chaux naturelle 300 g/m<sup>2</sup>/j.

<sup>9</sup> Il faut néanmoins prévoir des revêtements intérieurs et extérieurs (comme les peintures microporeuses ou les enduit à la chaux naturelle) dont la perméabilité est supérieure à celle du mur pour éviter de provoquer une barrière étanche.



Perméabilité à la vapeur.

A	Air	I	Laine minérale
B	Terre cuite	J	Panneaux fibragglos
C	Brique creuse	K	Polystyrène expansé
D	Béton plein	L	Polyuréthane
E	Béton cellulaire	M	Verre cellulaire
F	Béton fêger	N	Panneaux de bois
G	Mortier d'enduit	O	Revêtement plastique d'étanchéité
H	Plâtre	P	Enduit à la chaux

## Fenêtres, vitrages et menuiseries

Le verre est un matériau extraordinaire qu'il est maintenant possible d'employer sans craindre de trop grandes pertes de chaleur.

Quel type de vitrage choisir dans la maison des négawatts? Sans hésitation, optez pour le double vitrage à faible émissivité, appelé aussi vitrage à isolation renforcée (VIR).

Par rapport à un simple vitrage, un double vitrage courant (appelé aussi vitrage isolant) diminue déjà les pertes de chaleur de 40 %. Il supprime les condensations sur la vitre et diminue la très désagréable sensation de paroi froide. La distance à laquelle l'on ne ressent plus cet effet est de deux mètres pour un simple vitrage : elle se réduit à un mètre pour un double vitrage.

### Infos Sensibilité des isolants à Peau

En prenant la place de l'air, l'eau diminue fortement les qualités de l'isolant ; l'eau est en effet vingt-quatre fois plus conductrice de la chaleur que l'air.

Les isolants alvéolaires comme le liège, les polystyrènes, le polyuréthane ou le verre cellulaire sont donc peu sensibles à l'eau.

Au contraire les isolants fibreux (comme les panneaux de cellulose, les laines végétales et minérales) craignent l'eau qui diminue fortement leur pouvoir isolant et favorise les moisissures. Avec ce type d'isolant un pare-vapeur est indispensable sur la face intérieure (côté logement) pour éviter que des condensations ne se produisent dans les fibres.

## Infos Le label ACOTHERM

Attribué par le CSTB, ce label définit les performances acoustiques et thermiques des fenêtres qui bénéficient d'un classement AEV dont les 3 lettres signifient :

A : perméabilité à l'air de niveau 1 (normal), 2 (amélioré) ou 3 (renforcé)

E : étanchéité à l'eau de niveau de 1 à 3 ou E pour exceptionnel

V : résistance au vent de niveau de 1 à 3 ou E pour exceptionnel

La plupart des fenêtres sont classées A3 E3V2. Le choix d'une fenêtre A3 est impératif pour limiter les infiltrations.

Enfin le marquage « CEKAL » garantit la qualité de fabrication du double vitrage et sa capacité isolante.

Le double vitrage anti-émissivité VIR à isolation renforcée comporte en face intérieure un revêtement spécial arrêtant le rayonnement infra-rouge émis par les parois et le mobilier d'une pièce. Son pouvoir isolant est ainsi nettement renforcé, augmentant de 20 à 30 % les performances du double vitrage pour un simple surcoût de 15 % environ. Avec ce type de vitrage, la sensation de paroi froide est réduite à soixante centimètres seulement.

Utilisé de façon tout à fait courante en Allemagne, le vitrage anti-émissif est encore très peu répandu en France... Ce sera le standard de demain : autant l'utiliser dès à présent pour une construction neuve ou une rénovation.

Quel type de menuiseries employer? Les menuiseries plastiques en PVC sont les plus isolantes. Vient ensuite le bois (+ 10 % de pertes par rapport au PVC), l'aluminium à rupture de pont thermique (+ 35 %) puis l'aluminium classique ou l'acier (+ 55 %).

Les menuiseries PVC ont cependant une largeur plus importante qui diminue l'éclairage. Elle ne demandent aucun entretien mais leur composition les rend difficilement recyclables.

Les menuiseries bois, évidemment plus naturelles, demandent un entretien régulier, à renouveler tous les deux ou trois ans<sup>10</sup>. Inutile de participer au pillage du bois exotique : des essences françaises comme le chêne ont de remarquables qualités.

Les menuiseries aluminium sont moins larges, permettant ainsi un meilleur éclairage. Elles sont inaltérables mais leur fabrication demande beaucoup d'énergie. Si vous optez pour ce type de menuiseries, choisissez-les avec « rupture de pont thermique » : cette isolation supplémentaire supprime des condensations, fréquentes sur une menuiserie alu classique, évite l'effet « radiateur » si la menuiserie est exposée au soleil l'été, et permet enfin de réduire d'environ 25 % les pertes de chaleur pour un surcoût de 15 à 20 %.

<sup>10</sup> Des techniques de stabilisation des cellules du bois, encore au stade expérimental (notamment à l'École des Mines de Saint-Étienne), permettront bientôt de s'affranchir de tout entretien sans pour autant utiliser des produits chimiques dangereux.

Fenêtre bois simple vitrage	4,95
Fenêtre métal sans rupture de pont thermique et vitrage 4/10/4	3,75
Fenêtre métal avec rupture de pont thermique et vitrage 4/10/4	3,30
Fenêtre bois et vitrage 4/6/4	3,00
Fenêtre bois et vitrage 4/10/4	2,70
Fenêtre bois et vitrage acoustique 4/10/10	2,70
Fenêtre PVC et vitrage 4/10/4	2,45
Fenêtre bois et vitrage ant-émissif 4/10/4	2,15

Valeurs <sup>[B]</sup> U d'isolation globale (vitrage + menuiserie) de différentes fenêtres en W/m<sup>2</sup>.K".

## Conseils pratiques

- > Le soir, fermez bien les volets et, s'il y en a, les rideaux : cela vous évitera d'importantes pertes de chaleur et diminuera la sensation de froid devant les fenêtres.
- > La mauvaise étanchéité des menuiseries est le point faible des fenêtres existantes. En posant des joints souples (métalliques ou en caoutchouc) sur les bords d'une fenêtre vous pouvez diminuer de 15 % vos besoins de chauffage.

## Santé et choix des matériaux

Les classifications actuelles tiennent encore très peu compte de l'impact des matériaux sur l'environnement et des effets éventuels sur la santé.

Dans tous ces domaines la réglementation progresse trop lentement par rapport aux risques potentiels sur la santé publique. Le cas de l'amiante est significatif : alors que son caractère dangereux pour la santé était connu depuis de nombreuses années, son interdiction en France n'est effective que depuis janvier 1997<sup>[C]</sup>.

<sup>11</sup> Les doubles vitrages sont référencés par trois chiffres correspondant aux épaisseurs en millimètres du premier vitrage, de la lame d'air et du deuxième vitrage. Par exemple un vitrage 4/10/10 est composé de deux vitrages de 4 millimètres et 10 millimètres, séparés par une lame d'air de 10 millimètres.

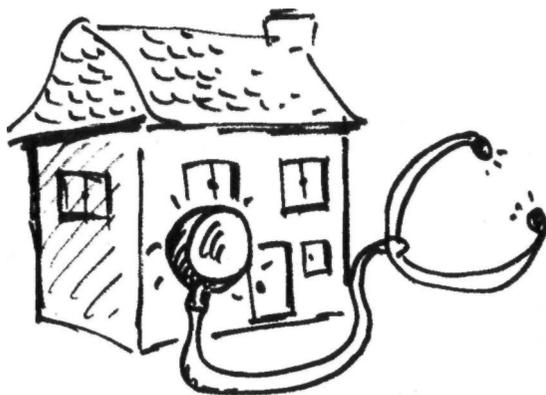
## Infos

### Les isolants naturels

Beaucoup d'isolants naturels n'ont pas de classification ACERMI mais possèdent des qualités thermiques équivalentes aux isolants traditionnels. Ils sont dans la plupart des cas (et dans l'état actuel de nos connaissances) inoffensifs pour la santé. Ils ne dégagent aucun gaz nocif en cas de combustion, sont biodégradables et leur impact environnemental est faible. Une exception : les isolants en fibre de cellulose qui en cas d'inhalation peuvent entraîner une inflammation pulmonaire.

Quelques exemples :

- Suivant la provenance de certains de leurs composants, des bétons, briques et même laines minérales fabriqués à partir de déchets d'extraction de la bauxite peuvent émettre un gaz radioactif, le radon. Il n'existe pas en France d'étude de santé publique permettant d'en mesurer les conséquences éventuelles sur la santé.
- La combustion accidentelle des polystyrènes ou des polyuréthanes dégage des gaz toxiques.
- Les fibres minérales (laines de verre, de roche, etc.), même si elles ne sont pas aussi nocives que l'amiante, sont classées par le GRC<sup>12</sup> dans le groupe 2B : « peut être cancérigène chez l'homme ». Par précaution, on emploiera ces fibres uniquement dans des espaces sans contact avec l'air intérieur du logement derrière un parement ou une contre-cloison, ce qui n'élimine pas les risques encourus lors de leur fabrication et pendant leur mise en œuvre.



## Le contenu énergétique des matériaux

Chaque matériau consomme de l'énergie pour son élaboration, son transport jusqu'au chantier et sa mise en œuvre. La consommation correspondan-

te est le « contenu énergétique du matériau »<sup>[D]</sup> qui varie dans des proportions très importantes<sup>13</sup> :

Matériaux	Contenu énergétique en tep par tonne	Contenu énergétique en kWh par tonne
Aluminium de 1 <sup>ère</sup> fusion	2,9	33700
Polystyrène expansé	2,0	23200
Plastiques	1,8	20930
Polyuréthane	1,55	18000
Laine de verre	1,2	13770
Acier profilé	1,0	11600
Armatures pour béton	0,8	9300
Verre plat	0,53	6150
Carreaux et céramiques	0,45	5230
Ciment	0,15	1745
Briques et tuiles	0,08	930
Béton armé	0,068	790
Plâtre	0,06	700
Bois	0,06	700
Béton	0,035	410
Bloc de terre stabilisé	0,019	220

Concevoir une habitation à faible consommation énergétique a d'autant plus de sens que l'énergie initiale employée pour la construire n'est pas élevée.

Dans la maison des négawatts, l'évaluation du contenu énergétique pourra donc guider le choix entre différentes solutions : par kilo de matière consommée, l'utilisation de l'aluminium pour la menuiserie des fenêtres est ainsi cinquante fois plus énergivore que le bois.

### Références

[A] Cahiers techniques du bâtiment.

[B] *Guide de la thermique dans l'habitat neuf*, éditions du Moniteur, 1992.

[C] Décret du 24 décembre 1996 n° 96-1133.

[D] Source principale : « Logements à faibles besoins en énergie », Olivier Sidler, 1997.

<sup>12</sup> Centre international de recherche contre le cancer.

<sup>13</sup> Il ne s'agit pas de valeurs précises (assez délicates à établir), mais d'ordres de grandeur significatifs.

## Un choix difficile...

Électricité, fioul, gaz ou bois? Systèmes à eau ou à air? Appareils individuels ou chauffage central? Radiateurs ou plancher chauffant?

Choisir le système de chauffage le mieux adapté à son habitation n'est pas très simple et, trop souvent, le coût d'investissement reste le seul critère de choix. Or le rendement, le prix de l'énergie, le confort thermique ou l'impact sur l'environnement sont aussi des facteurs essentiels.

D'autant plus qu'en matière de chauffage les apparences sont souvent trompeuses et les idées reçues fréquentes : nous allons voir que le chauffage le moins cher à l'achat est aussi le plus coûteux à l'usage, un des moins confortables et un des plus polluants !

## Quelle doit être la température dans un logement ?

La réglementation fixe à 19 °C la température de chauffage <sup>[C]</sup>.

Correcte pour une pièce de vie (salon, cuisine), cette valeur est trop élevée pour une chambre où 15 °C à 17 °C sont suffisants et bien meilleurs pour la santé : une température de l'air trop élevée assèche en effet les muqueuses et ne permet pas de bien dormir.

Dans une pièce où l'on reste sans bouger, il est essentiel d'avoir une bonne isolation des murs pour éviter la désagréable sensation de refroidissement provoquée par le rayonnement froid provenant des murs.

Enfin, pour éviter des courants d'air désagréables l'écart de température entre le sol ou les murs et l'air ambiant ne doit pas dépasser 4 à 5 °C.

L'été, une température de 28 à 30 °C est un maximum pour rester dans des conditions de confort. Au-delà une petite ventilation permet une sensation de refroidissement de quelques degrés.

## Pourquoi un logement mal chauffé est-il plus humide!

L'air contient sous forme de vapeur une certaine quantité d'eau fonction de la température et de l'humidité.

Mais l'air ne peut se charger indéfiniment en vapeur d'eau : pour une température donnée, il existe une quantité maximale d'eau absorbée dans l'air. On dit alors que l'air est saturé et que le taux d'humidité relative est de 100%.

Plus l'air est froid, moins il peut contenir de l'eau à l'état vapeur : ainsi de l'air à 60 % d'humidité relative pour 20 °C contient 85 % d'humidité relative si la température de l'air baisse à 15 °C.

L'humidité relative augmente donc si la température baisse, et les risques de condensation deviennent donc plus élevés sur les parois froides.

C'est ce qui explique que l'eau se condense plus facilement sur un simple vitrage que sur un double vitrage, ou bien la désagréable sensation d'humidité que l'on ressent dans une maison trop peu chauffée.

## Quelques gestes simples...

- Placez des thermomètres chez vous pour mieux connaître la température. Il faut les fixer entre 1,20 et 1,80 m de hauteur, à l'ombre du rayonnement solaire.
- Un appareil de chauffage doit diffuser correctement la chaleur : ne l'occultez pas par des voilages, un meuble ou **une** tablette.
- Fermez les volets et tirez les rideaux durant la nuit : cela contribuera à diminuer les pertes de chaleur par les fenêtres.

... soyez négawatt !

### Infos

Depuis quelques années sont apparus les planchers ou plafonds chauffants électriques dans lesquels le courant chauffe des câbles électriques noyés en dalle ou en plafond. Avec de tels équipements, il n'est pas possible de changer ultérieurement d'énergie. Les planchers à eau peuvent, au contraire, être utilisés avec n'importe quel type d'énergie.

## Les différents modes de chauffage

Les **appareils individuels** (convecteurs, appareils radiants, poêles, etc.) sont destinés en général à chauffer une seule pièce.

Le **chauffage central** est constitué d'une chaudière fournissant de l'eau chaude à un réseau de radiateurs émettant leur chaleur dans différentes pièces du logement. Il présente de nombreux avantages : confort, souplesse d'utilisation, possibilité de choisir tout type d'énergie et donc d'en changer facilement.

Les chaudières et les radiateurs à eau ont fait d'importants progrès. L'eau circulant dans le circuit est moins chaude qu'auparavant (50-60 °C au lieu de 60-80 °C). La chaleur émise est plus douce, plus homogène, et les chaudières actuelles, surtout à condensation<sup>1</sup>, ont d'excellents rendements.

Les radiateurs en fonte à forte inertie maintiennent une température d'air stable. Ils sont particulièrement adaptés aux maisons peu isolées ou à occupation permanente dans la journée.

Les radiateurs en acier ou en aluminium réagissent plus vite et sont donc préférables pour des logements très bien isolés et à occupation intermittente. Ils sont par contre plus sensibles à la corrosion et certains font du bruit en se dilatant.

Le **plancher chauffant à eau** a lui aussi beaucoup progressé depuis une vingtaine d'années. Il n'a

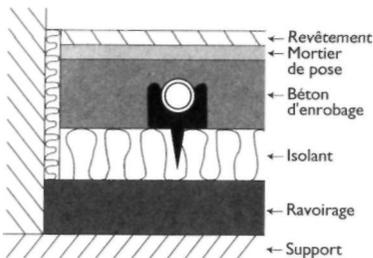
<sup>1</sup> Ce type de chaudière récupère la chaleur fournie par la condensation de la vapeur d'eau contenue dans les fumées. Le rendement global (chaudière + circuit + régulation) d'un chauffage central sur plancher basse température muni de ce type de chaudière est proche de 95 %.

maintenant plus rien à voir avec les systèmes réalisés dans les années 60 qui, trop chauds et mal régulés, pouvaient provoquer des troubles de la circulation du sang au niveau des jambes. Ces planchers sont désormais à basse température et calculés pour ne pas dépasser 28 °C à la surface de la dalle.

Avec ce système, c'est comme si toute la dalle de plancher était un radiateur basse température : la pièce entière est ainsi chauffée de façon très homogène, sans courant d'air. C'est, aujourd'hui, en matière de chauffage, le système qui offre le meilleur confort thermique.

## Fiche pratique : Quels sont les avantages et les inconvénients des appareils de chauffage électrique individuels ?

Type	Avantages	Inconvénients
Convecteur électrique	Le moins cher à l'achat	Nécessite une très bonne isolation du logement sinon les coûts de fonctionnement peuvent être élevés. Dessèche l'air et brûle les poussières. Stratification de l'air chaud.
Panneau radiant électrique ou infrarouge à quartz	Chaleur radiante plus homogène et plus douce qu'un convecteur.	Coûts de fonctionnement élevés. Une relative économie est possible grâce à une meilleure diffusion de la chaleur (10% environ). Prix d'achat deux à trois fois plus élevé que les convecteurs classiques. Les appareils à infrarouge à quartz ne doivent pas être accessibles aux enfants (risque de brûlures), ni installés près de matériaux combustibles.
Radiateur à bain d'huile et radiateurs à accumulation	Chaleur radiante plus homogène et plus douce qu'un convecteur. Forte inertie permettant une bonne stabilité de la température. 70 % de consommation en heures creuses, soit 15 à 20 % d'économie. Mobile, et plutôt adapté aux pièces peu isolées à occupation occasionnelle.	Même coût d'utilisation que les panneaux radiants dans le cas d'une utilisation sans intermittence. Environ 15 fois plus cher que le convecteur classique.
Radiateur à céramique	Maintient une température constante. Chauffage rapide.	Environ deux fois plus cher qu'un convecteur. Dessèche l'air et brûle les poussières.
Radiateur à air puisé	Rapidité de chauffe.	Fort mouvement d'air. Accentue la stratification de l'air chaud.
Souple à l'utilisation et facile d'entretien, tous ces appareils ne sont cependant pas non polluants : ils génèrent des déchets nucléaires et des émissions de CO <sub>2</sub> lors de la production d'électricité.		



Avec un plancher chauffant, de l'eau chauffée à basse température circule dans des tubes plastiques noyés dans la dalle du plancher.

## Fiche pratique : Quels sont les avantages et les inconvénients des appareils de chauffage individuels non électriques ?

Type	Avantages	Inconvénients
Radiateur à catalyse au butane	Chauffage par rayonnement Mobile.	Risque de dégagement toxique. Fort dégagement de vapeur d'eau.
Radiateur gaz à ventouse	Coût d'utilisation économique. Adapté aux petits logements.	Nécessite de percer le mur extérieur.
Insert ou poêle à bois	Agrément lié au feu de bois. Économique à l'utilisation. Utilisation d'une énergie renouvelable.	Manutention élevée. Entretien important
Poêle au kerdane	Chaleur rayonnante agréable. Mobile. Meilleure gestion du chauffage.	Risque de dégagement toxique. Dégagement de vapeur d'eau. Cher à l'utilisation.

## Fiche pratique : Quels sont les avantages et les inconvénients des systèmes de chauffage central !

Type	Avantages	Inconvénients
Chauffage central à radiateurs à eau	Chaleur bien répartie. Possibilité d'utiliser une énergie bon marché et d'en changer éventuellement.	Coût d'installation élevé. Entretien nécessaire.
Plancher chauffant et plafond rayonnant à eau	Possibilité d'utiliser une énergie bon marché. Chauffage confortable. Invisible. Pas de dessèchement d'air, ni dépôt de poussières.	Coût environ 10 à 15 % plus élevé qu'un chauffage central.
Plancher chauffant et plafond rayonnant par résistances électriques	Chauffage par rayonnement. Invisible. Pas de dessèchement d'air, ni dépôt de poussières.	Coût de fonctionnement élevé. Aucune possibilité de changer ultérieurement d'énergie.
Chauffage solaire par le plancher	Énergie inépuisable, non polluante, insensible aux fluctuations du coût de l'énergie. Permet une économie de 40 à 70 % sur le chauffage et sur l'eau chaude. Confort du plancher chauffant.	Nécessite un appoint qui surenchérit le coût du système. Nécessite un emplacement adéquat pour les capteurs.
Chauffage géothermique par le plancher	Permet de diviser de 2,5 à 3,5 la consommation électrique du chauffage. Confort du plancher chauffant. Utilisation éventuelle en rafraîchissement par réversibilité.	Utilise un fluide frigorigène nuisible pour l'environnement. L'utilisation en rafraîchissement pourrait être évitée par une bonne conception de l'habitation. Les systèmes à détente direct (avec fluide frigorigène dans tout le circuit) ne permettent pas un remplacement éventuel de l'énergie.

## Le vrai coût du kWh utile

Litres de fioul, stères de bois, mètres cubes de gaz naturel, kWh électrique... dans le maquis des différentes énergies, comment savoir leurs coûts réels ?

Une approche rigoureuse consiste à comparer, pour un cas courant, le prix de revient du « kWh utile » c'est-à-dire celui effectivement fourni aux pièces du logement. Il faut bien sûr tenir compte du coût du kWh facturé par le fournisseur d'énergie, mais aussi du rendement global de l'appareil de production de chaleur, des abonnements et des frais d'entretien<sup>2</sup>.

Prenons le cas d'une maison de 120 m<sup>2</sup>, correctement isolée, située dans un climat français moyen et dont les besoins de chauffage sont de 8 500 kWh/an. Un calcul comparatif sur treize systèmes de chauffage est présenté page suivante.

L'électricité reste toujours l'énergie la plus chère malgré un coût en baisse depuis quelques années. Choisir le double tarif ne baisse le coût de l'énergie que dans de faibles proportions (0,81 F/kWh utile au lieu de 0,83 F/kWh, soit un écart de - 3 % seulement) : le choix d'un double tarif est surtout justifié lorsque l'on utilise un cumulus électrique.

Les systèmes électriques avec pompe à chaleur sont un peu moins chers, mais bien sûr plus coûteux à l'investissement (voir tableau page suivante).

Le propane a l'avantage d'être plus propre et de nécessiter moins d'entretien que le fioul. Son prix est cependant très conjoncturel, et il est en ce moment relativement élevé. Cette énergie peut être une bonne solution d'attente avant un raccordement ultérieur au gaz naturel<sup>3</sup>.

<sup>2</sup> De la même façon que pour une voiture le prix de l'essence à la pompe n'est pas le seul critère : le rendement du moteur (sa consommation pour 100 km) et les frais de lubrifiant rentrent également en ligne de compte pour calculer les frais de fonctionnement en F/km parcouru.

<sup>3</sup> Renseignez-vous auprès de votre mairie sur l'éventualité du raccordement au gaz de la commune.

	Rendement ou COP global <sup>4</sup>	Prix d'achat du kWh <sup>5</sup> (F/kWh)	Frais fixes <sup>6</sup> (F) (abonnement EDF-GDF ou stockage)	Entretien (F)	Dépenses annuelles (F)	Prix F TTC par kWh utile
Cheminée ouverte avec récupérateur	25%	0,20	0	500	7300	0,86
Convecteur électrique (simple tarif)	89%	0,67	704	0	7081	0,83
Convecteur électrique (double tarif)	89%	0,58	1338	0	6859	0,81
Panneaux radiants électriques (double tarif)	91%	0,58	1338	0	6745	0,79
Plancher chauffant électrique (double tarif)	94%	0,58	1338	0	6583	0,77
Chaudière au gaz propane	81%	0,45	0	900	5601	0,66
Pompe à chaleur air/air	223%	0,58	809	1100	4117	0,48
Chaudière au fioul	81%	0,25	0	1300	3912	0,46
Chaudière au gaz naturel	81%	0,20	753	900	3742	0,44
Pompe à chaleur eau/eau	319%	0,58	809	1100	3454	0,41
Chaudière gaz à condensation sur plancher chauffant	95%	0,20	753	900	3442	0,40
Insert bois	60%	0,20	0	500	3333	0,39
Chaudière au bois à bûches	71%	0,20	0	900	3303	0,39

<sup>4</sup> Rendement global comprenant le rendement de génération du système de chauffe (ou, pour les pompes à chaleur, coefficient de performance COP), et les rendements de distribution, d'émission et de régulation.

<sup>5</sup> Calcul effectué avec les valeurs suivantes : Bois : 1 500 kWh/stère à 300 F/stère - Electricité : taxes locales à 12 %, répartition en double tarif 40 % en heures creuses et 60 % en heures pleines - Fioul : 10 kWh/litre, 2,40 F/litre (0,37 €/litre) - Propane : 12,88 kWh/kg, 5740 F/tonne (875 €/tonne) - Gaz naturel : tarif GdF B1.

<sup>6</sup> Pour l'électricité, ce poste comprend le différentiel d'abonnement supplémentaire dû au chauffage électrique par rapport à un abonnement sans chauffage électrique. Pour le propane, la consignation de la cuve (préférable à sa location annuelle) est récupérée en fin de contrat. Le coût de stockage du fioul est intégré à l'investissement initial de l'installation.

Le fioul est comparativement bon marché mais son prix est, comme le propane, soumis à des fluctuations très peu prévisibles. Ainsi, après une forte augmentation en octobre 2000 (jusqu'à 3,50 F/le litre), il a baissé à nouveau. Sa combustion est relativement polluante, malgré l'amélioration des chaudières.

Le gaz naturel n'est plus vraiment « de ville » : il est de plus en plus disponible, même en zone rurale. C'est l'énergie fossile la moins polluante et elle permet d'assurer sagement chauffage, eau chaude et cuisson. Malgré de récentes augmentations, son prix reste très compétitif.

Le bois peut être onéreux avec un système de médiocre rendement comme une cheminée ouverte, même si elle est équipée d'un récupérateur. Avec un système performant le bois est au contraire assez économique, mais reste souvent contraignant à l'utilisation.

En conclusion, une chaudière au gaz naturel (si possible à condensation), un poêle ou un insert de cheminée performant ou encore un chauffage central au bois fournissent une énergie utile inférieure à 40 centimes/kWh, soit deux fois moins cher que l'électricité. Équipements les moins chers à l'usage, nous verrons qu'ils sont également parmi les moins polluants.

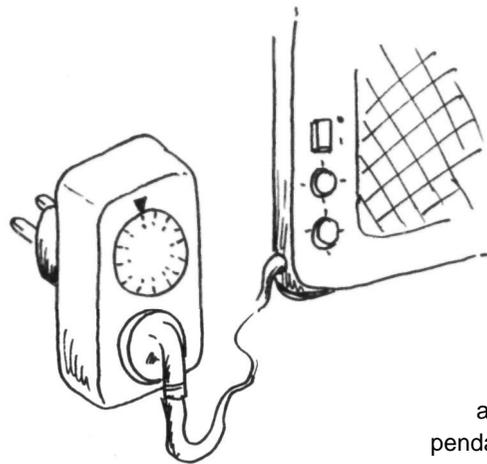
## Le contrôle du chauffage

Produire de la chaleur ne suffit pas : il faut aussi veiller à ce qu'elle soit produite au bon moment et à un juste niveau. C'est la fonction des organes de régulation et de programmation du système de chauffage. Leur choix est essentiel pour réaliser une installation efficace : là aussi existent de vrais gisements de négawatts.

**La régulation** permet de maintenir le chauffage au niveau de température choisi, appelée température de consigne.

La régulation peut s'effectuer en fonction de la température intérieure, ou bien de la température extérieure.

Utilisés en complément d'une régulation, les robinets thermostatiques peuvent être situés sur tous



les radiateurs à l'exception de la pièce où se trouve le thermostat ou la sonde d'ambiance. Ils permettent de prendre en compte les apports gratuits, différents pour chaque pièce (ensoleillement, présence humaine, appareils électroménagers). Ils peuvent réduire d'environ 15 % la consommation.

Une **horloge de programmation** permet d'abaisser automatiquement les températures pendant les périodes de sommeil ou d'absence des occupants. Elle peut être journalière ou hebdomadaire. C'est une source très importante d'économies. Ainsi un programmeur qui réduit automatiquement de 4 °C la température durant la nuit et les périodes d'inoccupation permet d'économiser 10 à 15 % des charges de chauffage : un investissement souvent rentabilisé en moins de deux ans!

#### La consommation cachée d'un circulateur

Une installation de chauffage central comporte un thermostat qui stoppe la chaudière dès que la température choisie est atteinte.

Or, le plus souvent, seul le brûleur est stoppé. Le circulateur continue de tourner, inutilement, engendrant une consommation électrique qui peut être aussi importante que tout l'éclairage de la maison.

#### Un thermostat n'aime pas les courants d'air

La mesure de température d'un thermostat peut être totalement faussée si un courant d'air arrive juste sur la sonde de mesure. Par exemple, lors de la pose d'un convecteur électrique il faut veiller à ce que le conduit électrique d'alimentation ne laisse pas passer de courant d'air parasite affectant la mesure de température du thermostat.

#### Fiche pratique : Mettre un convecteur sur « maxi » réchauffe-t-il plus vite une pièce froide!

Supposons que dans votre logement, vous utilisiez un appareil de chauffage électrique comme, par exemple, un convecteur, un radiateur à bain d'huile ou un petit ventilo-convecteur de salle de bains.

Cet appareil dispose généralement d'une commande de réglage de la température, par exemple une roue ou une molette graduée par des chiffres 0, 1, 2, etc. jusqu'à la position « maxi ».

Si la pièce est un peu froide, vous souhaitez qu'elle chauffe plus vite. Vous décidez alors de « pousser » le chauffage en mettant le convecteur sur la position « maxi ».

Ce réflexe courant est une mauvaise habitude : mettre sur « maxi » ne réchauffe pas plus vite et gaspille de l'énergie !

Un convecteur n'est en effet pas un appareil dont on peut faire varier la puissance de chauffe, comme par exemple la flamme d'un brûleur d'une cuisinière à gaz.

Ainsi un convecteur de 1000 W n'a que deux positions : 0 W (pas de passage de courant électrique), soit 1000 W (le courant passe dans les résistances). En forçant le convecteur sur la position « maxi », on n'augmente pas la puissance de chauffe : elle reste à 1000 W. On modifie simplement le niveau de déclenchement du thermostat, qui sera par exemple de 25° au lieu de 19 °C.

Pour monter plus vite en température, il faudrait augmenter la puissance de chauffe, c'est-à-dire passer à 1500 ou 2 000 W : cela ne peut se faire qu'en rajoutant par exemple un deuxième convecteur.

Mettre le thermostat sur « maxi » ne fait donc pas monter plus vite la température, mais fixe simplement le seuil d'arrêt du chauffage plus haut : dans ce cas la pièce sera surchauffée, et lorsqu'on s'en apercevra, beaucoup d'énergie aura été gaspillée inutilement...

#### Fiche pratique : Comment choisir le type de régulation d'un chauffage central !

Un chauffage central peut être régulé soit en fonction de la température intérieure, soit de la température extérieure.

Quelle est la solution la plus économe en énergie?

Dans le premier cas un simple thermostat d'ambiance commande le brûleur de la chaudière. Il n'y a pas d'anticipation de la demande en énergie en fonction de l'évolution de la température à l'extérieur du logement.

Une régulation basée sur la température extérieure permet au contraire d'avoir une action anticipative qui modifie la puissance du chauffage pour toute variation de la température extérieure, avant même que celle-ci n'ait eu d'incidence sur la température intérieure du logement.

Ce type de régulation est préférable lorsque les radiateurs sont très éloignés de la chaudière ou lorsque l'habitation a beaucoup d'inertie. Elle est également conseillée dans le cas d'un plancher chauffant.

Dans tous les cas l'emplacement de la sonde extérieure doit être déterminé avec soin : elle doit être protégée de l'ensoleillement et des intempéries.

L'énergie solaire est bien sûr l'énergie la plus propre tant à l'utilisation qu'à la distribution : disponible sur place elle n'induit aucune pollution liée au transport.

Le gaz naturel est le plus propre de tous les combustibles fossiles. Sa combustion génère très peu de SO<sub>2</sub>, peu de NO<sub>x</sub> et nettement moins de CO<sub>2</sub> que les autres énergies.

Le charbon est de loin le combustible le moins propre pour des installations domestiques : outre des quantités importantes de SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> et CO<sub>2</sub>, il émet des particules de poussières, des métaux lourds et des hydrocarbures.

Le fioul et le propane (qui est un gaz de pétrole liquéfié) se situent entre le gaz naturel et le charbon.

Le bois absorbe autant de CO<sub>2</sub> lors de sa croissance qu'il en émet lors de sa combustion. L'impact global de la combustion du bois par rapport à l'effet de serre est donc nul si la régénération du bois coupé est bien maîtrisée. Le bois émet par contre du NO<sub>x</sub>, et son transport ne se fait évidemment pas sans pollution. Avec des modes de chauffage peu efficace (cheminée ouverte, poêle de conception ancienne) il peut émettre des quantités importantes de particules et d'hydrocarbures.

Enfin le chauffage électrique est-il aussi propre qu'on le dit? Contrairement à une idée reçue<sup>7</sup>, les systèmes de chauffage électrique (convecteur, radiant, plafond rayonnant, plancher chauffant, chaudière électrique) ne sont pas, loin s'en faut, parfaitement non polluants.

Certes, sur le lieu d'utilisation, ces équipements n'émettent aucune pollution. Mais en est-il vraiment de même lors de la production et de la distribution de l'électricité? En France, l'électricité d'origine nucléaire (82 % de la production en 1997) engendre des déchets nucléaires radioactifs. Les techniques actuelles ne permettent pas de les rendre inactifs :

<sup>7</sup> Ou plutôt assénée par d'habiles campagnes de communication...

leur entreposage et leur surveillance nous incomberont donc pour des dizaines de générations.

Le recours au chauffage électrique provoque également en France, à cause de son caractère saisonnier, de fortes pointes de consommation en hiver. Pour y faire face, il faut recourir à des centrales thermiques classiques plus rentables sur de courtes périodes mais génératrices d'importantes émissions de CO<sub>2</sub> (950 g par kWh produit).

Plus d'un tiers de l'électricité nécessaire au chauffage électrique est ainsi produite par des centrales thermiques au fioul lourd ou au charbon dont le rendement, par rapport à la consommation d'énergie primaire n'est que de 30 à 35 %, alors que celui d'une bonne chaudière individuelle atteint 85 %.

Electricité (usages saisonniers)	383
Fioul domestique	266
Propane	252
Gaz naturel <sup>8</sup>	180
Electricité (usages permanents)	66
Bois <sup>9</sup>	0

*Emission de gaz carbonique en grammes de CO<sub>2</sub> par kWh consommé en fonction du type d'énergie pour le chauffage en France <sup>[A]</sup>*

Résultat : utiliser un chauffage électrique l'hiver émet globalement plus de CO<sub>2</sub> par kWh qu'une chaudière au fioul, au propane ou au gaz naturel.

De plus, les forts appels de puissance dus au chauffage électrique durant de courtes périodes obligent à renforcer les lignes électriques haute et moyenne tension, défigurant le paysage.

Alors, dans une maison négawatt, ne transformez pas en vulgaire chaleur la fée électricité!

<sup>8</sup> Sur le pouvoir calorifique supérieur (PCS).

<sup>9</sup> Le bilan global est nul car le carbone brûlé n'est pas fossile, réabsorbé de nouveau pendant la repousse des arbres. L'émission réelle lors de la combustion est de 360 g/kWh sur le pouvoir calorifique inférieur (PCI).

*Le chauffage électrique est-il vraiment non polluant ?*

## Chauffage et pollution globale

Si l'on souhaite choisir un mode de chauffage peu polluant, il ne faut pas se contenter de comparer les émissions polluantes du seul équipement de chauffage : il est indispensable d'examiner aussi toutes les sources de pollution, depuis la production d'énergie jusqu'à la distribution de chaleur dans le logement.

Par exemple, pour de l'électricité produite par une centrale au fioul lourd, il faut comptabiliser la pollution émise par la combustion dans la centrale mais aussi celles engendrées par l'extraction du pétrole brut, son raffinage et son transport. Il faut aussi tenir compte des pertes lors de la production et de la distribution du courant, ainsi que du rendement des appareils de chauffage.

Ce type de comptabilité énergétique permet de comparer l'impact environnemental réel des différents modes de chauffage<sup>10</sup>.

*Choisir son chauffage, c'est aussi un choix écologique*

Le résultat est surprenant et bouleverse bien des idées reçues : le mode de chauffage dont la pollution globale est la plus forte est, en France, le chauffage électrique (qu'il soit par convecteurs, panneaux radiants ou plancher chauffant). Il consomme en effet, en période de pointe hivernale, de l'électricité d'origine nucléaire et thermique qui génère à la fois des déchets nucléaires et de fortes émissions de CO<sub>2</sub>.

Les modes de chauffage globalement les moins polluants sont le chauffage au bois<sup>11</sup> et le chauffage solaire avec appoint au gaz naturel ou au bois.

## La pompe à chaleur

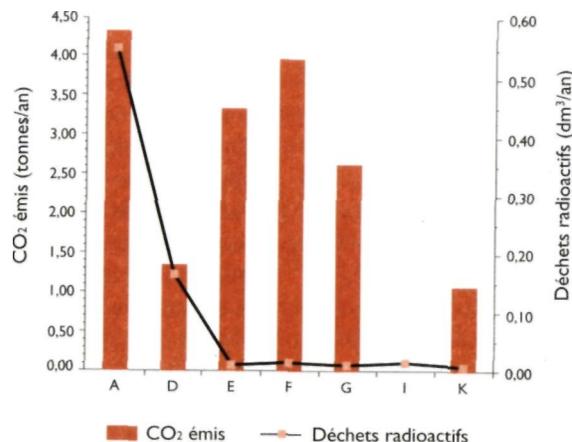
Une pompe à chaleur (appelée aussi système thermodynamique) fonctionne de manière très semblable à un réfrigérateur. Comme son nom l'indique, elle « pompe des calories » à l'extérieur d'un logement pour les transmettre, grâce à un fluide frigorigène, à un plancher chauffant ou des ventilo-convecteurs.

Cette opération demande bien sûr de l'énergie électrique pour compresser un fluide frigorigène, mais en moindre quantité que la chaleur fournie : pour 1 kWh électrique consommé, une pompe à chaleur produit en moyenne 2 à 4 kWh en chaleur.

Une pompe à chaleur utilise donc l'électricité d'une façon beaucoup plus intelligente qu'un convecteur ou un radiateur électrique, qui pour un kWh électrique consommé ne restitue qu'un seul kWh en chaleur.

La source d'énergie doit être à une température la plus constante et la plus élevée possible. Le sol (avec des capteurs enterrés) ou l'eau (d'un puits ou d'une nappe phréatique) sont de bonnes sources de chaleur car la température varie peu durant la saison de chauffage.

- A. Convecteurs électriques
- D. Pompe à chaleur sur plancher chauffant
- E. Chaudière propane sur radiateurs
- F. Chaudière fioul sur radiateurs
- G. Chaudière au gaz naturel sur radiateurs
- I. Chaudière bois sur radiateurs
- K. Plancher solaire direct (PSD) à appoint intégré au gaz



Comparaison de l'impact environnemental de différents modes de chauffage.

Calculs GEFOSAT.

<sup>11</sup> Dans la mesure où il y a une gestion équilibrée des coupes forestières. La combustion du bois produit cependant du NO<sub>x</sub> et des composés organiques volatils (COV).

Si on utilise l'air comme source de chaleur, il faut prévoir un système de chauffage complémentaire : si la température de l'air descend en dessous de 7 °C la performance du système décroît et un chauffage d'appoint devient indispensable en dessous de - 5 °C.

## Cheminées, inserts et foyers fermés

La danse des flammes dans une bonne vieille cheminée est toujours un spectacle magique. Mais la traditionnelle **cheminée ouverte** n'a qu'un rendement de 10 à 15 % seulement, ce qui signifie que 85 à 90 % de la chaleur sont perdus par le conduit de cheminée. Et ce médiocre rendement peut être encore plus faible, car le tirage de la cheminée peut entraîner un appel d'air froid venant de l'extérieur refroidissant le logement.

Aujourd'hui, la bonne vieille cheminée a surtout une fonction d'agrément pour réchauffer avant tout... l'ambiance. Elle ne doit plus être utilisée comme chauffage principal : d'autres systèmes sont beaucoup plus performants.

Les **récupérateurs** se placent directement dans l'âtre, améliorant un peu le rendement de la cheminée ouverte (jusqu'à 25 %).

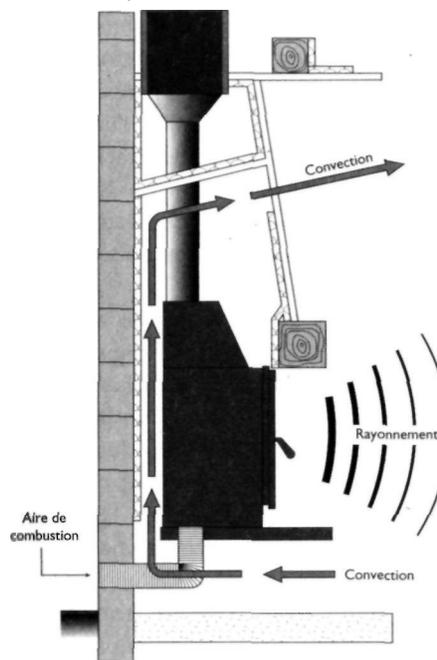
Les récupérateurs à air aspirent l'air ambiant, le réchauffe et le rejette dans la pièce. Ils sont soit à tirage naturel, soit à convection forcée à l'aide d'un ventilateur.

Les récupérateurs à eau permettent de diffuser la chaleur dans toute la maison à l'aide d'un réseau de radiateurs. Ils sont souvent employés en complément d'une chaudière au gaz ou au fioul.

Les **récupérateurs à combustion inversée** améliorent encore le rendement (jusqu'à 50 %). L'aspiration des fumées et donc des flammes se fait essentiellement en dessous de l'âtre. Le bois brûle alors de façon moins rapide que dans une combustion montante.

Les **foyers fermés** ou les **inserts** permettent de conserver l'agrément du feu de bois tout en dis-

Schéma de foyer fermé.



posant d'un chauffage beaucoup plus performant. Les foyers fermés s'installent dans des constructions nouvelles alors que les inserts s'encastrent dans des cheminées existantes. Les appareils les plus performants permettent d'obtenir des rendements proches de celui des chaudières (jusqu'à 70-80%). Par l'intermédiaire d'un réseau de gaines et d'un groupe de ventilation, la chaleur peut être diffusée dans toute les pièces. Ces systèmes nécessitent néanmoins un chargement régulier qui en font dans la plupart des cas un chauffage d'appoint. Le chauffage au bois peut ainsi réduire la facture d'énergie lorsque l'énergie du chauffage principal est d'un coût élevé.

## Poêles performant et chaudières à bois

Les bons vieux poêles d'antan ont chauffé des générations, et beaucoup sont encore en service. Ce sont des appareils peu coûteux, faciles à transporter et à installer. Mais ils doivent être rechargés souvent, leur rendement est faible (environ 40 %), et ils émettent des quantités relativement importantes de polluants, notamment des particules. De nombreux poêles à bois vendus en France (et en particulier les modèles bon marché) utilisent toujours des technologies anciennes et ont donc un rendement peu satisfaisant.

Une nouvelle génération de poêles est apparue il y a une quinzaine d'années en Amérique du Nord et dans les pays Scandinaves<sup>12</sup>. Grâce à une post-com-

<sup>12</sup> On se reportera pour plus d'informations au livre de Claude Aubert « Poêles, inserts et autres chauffages au bois - les nouveaux matériels, performants et économes », édition terre vivante, 1999.

## Infos Vénérable et très performant Kachelofen

Le traditionnel poêle en faïence kachelofen alsacien, allemand ou autrichien, est sans doute ce qui se fait de mieux en matière de chauffage au bois. Il allie en effet esthétique, confort thermique et efficacité. Son rendement peut atteindre 80%. Son principe est d'intégrer le foyer dans un ensemble maçonné important, pouvant ou non être revêtu de carreaux de faïence. Cette masse accumule la chaleur dégagée par le foyer et la restitue de manière progressive et régulière pendant plusieurs heures après que le feu soit éteint. D'où un chauffage très régulier, sans risque de se brûler, s'effectuant essentiellement par rayonnement. Les véritables poêles en faïence sont construits sur place, par des artisans spécialisés, et sont très coûteux. Mais on trouve tous les intermédiaires entre le traditionnel poêle en fonte et le Kachelofen alsacien, depuis des poêles cheminées revêtus d'une pierre spéciale (dite pierre ollaire) ou de carreaux de faïence, jusqu'à de véritables poêles de masse vendus en kit et à monter soi-même.

bustion alimentée par une arrivée d'air secondaire et à diverses autres améliorations techniques, ils arrivent à un rendement de 70 %, et émettent beaucoup moins de polluants. On trouve parmi eux de nombreux modèles de poêles munis d'une large porte vitrée qui permet de jouir du spectacle du feu sans perte de rendement. Leur seul inconvénient est leur prix élevé, mais le surcoût est récupéré en quelques années par les économies de bois, qui peuvent atteindre 40 %.

Les poêles à granulés de bois sont des appareils relativement récents, qui utilisent comme combustible des granulés de sciure et de copeaux séchés et compressés. Leur rendement (environ 80 %) est encore supérieur à celui des poêles les plus performants, et les émissions de polluants sont pratiquement nulles. Une réserve de granulés à l'intérieur du poêle limite les fréquences de chargement à une fois tous les deux ou trois jours, au maximum une fois par jour par grands froids. Certains sont même dotés d'un allumage automatique. Leurs seuls inconvénients sont de nécessiter un branchement électrique, pour alimenter un petit moteur, et d'être chers à l'achat. Par ailleurs, les granulés coûtent plus cher que les bûches.

Une **chaudière à bois** alimentant un réseau de radiateurs offre d'excellentes performances avec un rendement proche de celui des chaudières au fioul ou au gaz (85 %). Il est préférable dans ce cas d'utiliser une chaudière « Turbo » à combustion inversée qui permet au bois de se consumer lentement en fonction des besoins.

Il existe également des chaudières à granulés ou à plaquettes de bois déchiqueté alimentées en combustible à partir d'un réservoir relié à la chaudière par une vis sans fin. Le contrôle de la vis est réalisé à l'aide d'un thermostat, et l'allumage du bois se fait automatiquement par un train d'étincelles. La manipulation est limitée au remplissage tous les deux à trois jours du réservoir. Ce remplissage peut éventuellement être lui-même automatisé.

## Conseils pratiques

- Le bois doit être utilisé au moins deux ans après la coupe, pour que son humidité résiduelle soit inférieure à 20 %. Il doit être stocké de préférence sous un abri bien ventilé. Un bois trop humide diminue fortement le rendement et provoque un fort goudronnage du foyer et des conduits, ainsi que l'émission de polluants.
- Les feuillus durs (chêne, hêtre, charme, orme) donnent le meilleur bois de chauffage : 1 700 kWh par stère contre 1 400 kWh pour les feuillus plus tendres (peuplier, frêne, tremble).
- Il est nécessaire d'isoler le conduit de fumée pour éviter les condensations et donc des dépôts de bistre sur le conduit. Un écart de seize centimètres au moins doit être laissé entre la paroi intérieure du conduit et tout élément combustible.
- Une entrée d'air extérieure doit être prévue pour permettre un bon tirage du conduit de cheminée et éviter que la cheminée ne refoule.
- Le ramonage doit être effectué obligatoirement deux fois par an.

... soyez négawatt !

## Se chauffer avec le soleil

Chacun d'entre nous, souvent sans le savoir, utilise déjà un équipement de chauffage solaire!

Le classique vitrage permet en effet, grâce à l'effet de serre, de récupérer plusieurs centaines de kWh par an : 10 à 25 % des besoins de chauffage (selon l'orientation et les caractéristiques du logement) sont apportés par l'énergie solaire pénétrant par les vitrages d'une habitation.

Une conception bioclimatique permet d'optimiser cette part d'apports solaires en jouant sur les orientations, la nature des vitrages et l'inertie thermique.

Mais d'autres techniques de chauffage solaire sont possibles :

- la serre ou véranda habitable, accolée ou intégrée à l'habitat,
- les systèmes utilisant des capteurs à air,
- des murs capteurs disposés en façade sud,
- les installations utilisant des capteurs à eau couplées le plus souvent avec un plancher chauffant.



La palette des solutions de chauffage solaire est donc étendue et permet de s'adapter à la plupart des situations architecturales.

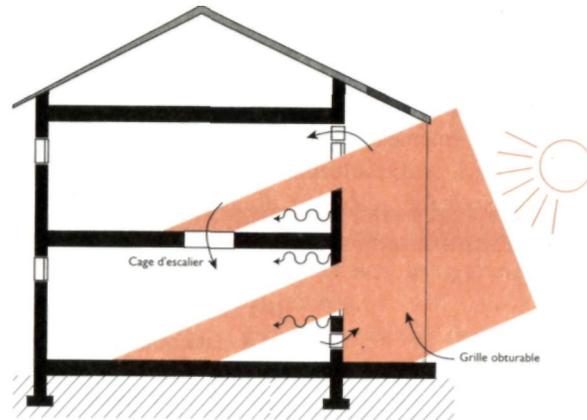
## Capter le soleil avec une véranda

La véranda est un des dispositifs les plus intéressants de l'architecture bioclimatique. En respectant certaines règles, elle peut diminuer les besoins de chauffage de 15 à 30 % tout en participant au confort d'été.

Mais attention ! Une véranda mal conçue peut être inutile en hiver du point de vue thermique et invivable en été si rien n'a été prévu contre les surchauffes...

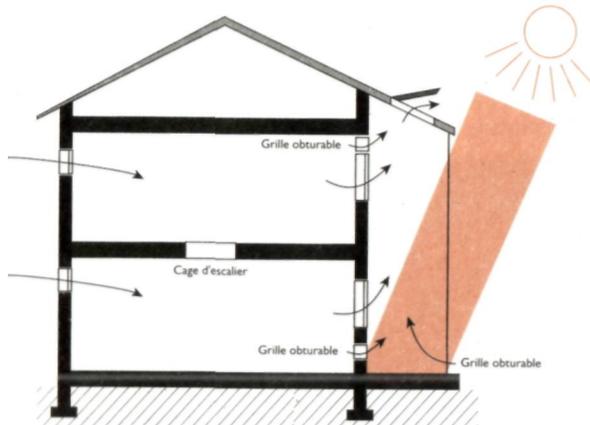
### Fonctionnement HIVER

- Le mur en fond de véranda, fortement ensoleillé, sera de couleur sombre pour mieux stocker la chaleur.
- Ce mur retransmet lentement la chaleur par conduction dans la maison.
- L'air neuf pris en bas de la véranda et l'air de la maison sont réchauffés par thermocirculation.
- Une hauteur de véranda importante améliore cette circulation naturelle.
- La circulation de l'air peut aussi être régulée par un ventilateur (souvent placé dans les combles) se déclenchant en fonction de la différence de température entre la véranda et l'habitat



### Fonctionnement ETE

- La toiture opaque de la véranda permet de protéger le mur du fond contre le rayonnement direct
- Le jour, les vitrages de la maison sont fermés et la véranda évacue sa chaleur par des ouvrants situés en parties haute de ses parois extérieures.
- La nuit les vitrages de la maison sont ouverts pour faciliter l'évacuation de la chaleur par ces mêmes ouvrants.



### Conseils pratiques

- > La configuration la plus favorable est la véranda encastrée avec toiture opaque.
- > La surface de vitrage doit être comprise entre 0,4 et 1 m<sup>2</sup> par mètre carré de surface habitable adjacente à la véranda.
- > Le mur entre la véranda et la maison doit être constitué d'un matériau lourd (terre crue ou cuite, béton) avec une teinte sombre et une épaisseur comprise entre vingt et trente centimètres. Sinon, le mur doit être isolé du côté de l'habitation avec récupération de la chaleur par ventilation naturelle ou par un ventilateur.
- > Des ouvrants donnant sur l'extérieur en partie basse et haute de la véranda sont impératifs pour évacuer la chaleur en été. Ils devront être disposés afin de faciliter le balayage transversal de l'air dans la véranda, évitant ainsi de laisser des zones non ventilées.

## Les murs capteurs du soleil

Un mur-capteur est un mur lourd, généralement en façade sud, sur lequel est disposé un vitrage à quatre à dix centimètres en avant de la paroi extérieure du mur, comme pour un capteur solaire. L'énergie stockée dans le mur est ensuite restituée lentement dans le logement avec un certain retard (appelé déphasage) permettant de bénéficier de la chaleur accumulée dans le mur plusieurs heures après le coucher du soleil.

Pour avoir un stockage et un déphasage suffisant le mur doit avoir une épaisseur comprise entre vingt et trente centimètres. Il peut être en béton, en terre cuite, en terre crue ou en pierre. La surface absorbante sera de préférence peinte en noir, captant ainsi 90 % du rayonnement solaire. La brique rouge, le vert sombre, le bleu foncé ou le brun peuvent également convenir sans perte trop importante de rendement<sup>13</sup>.

Il faut compter 1 m<sup>2</sup> de capteur pour 10 m<sup>3</sup> de volume à chauffer soit environ 30 % de la façade sud.

Pour éviter la manipulation d'un volet afin d'isoler le mur la nuit ou par mauvais temps, il est nécessaire de placer soit un double vitrage à faible émissivi-

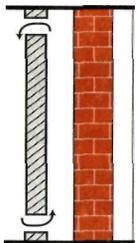
### Infos

Félix Trombe, l'inventeur des fours solaires de Mont-Louis et d'Odeillo a également laissé son nom au « mur Trombe », variante du mur-capteur dans lequel la chaleur solaire est récupérée à la fois par rayonnement du mur et par l'air chaud circulant entre le vitrage et la paroi extérieure du mur par thermocirculation.

<sup>13</sup> Par exemple un mur en brique rouge (77 % d'absorption) diminue le rendement de 14 % par rapport à une couleur noire.

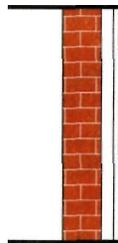
té (VIR), soit un isolant transparent d'au moins cinq centimètres d'épaisseur. Une circulation naturelle de l'air entre le mur et une contre-cloison isolée n'est vraiment nécessaire que si le vitrage est simple et s'il n'existe pas d'occultation nocturne par volet. Dans ce cas la circulation d'air à travers les événements devra être stoppée lorsque le mur est plus froid que l'ambiance. Elle pourra être réalisée simplement à l'aide d'une feuille de plastique qui ferme les ouvertures dès que le flux s'inverse.

Avec un simple vitrage et thermocirculation de l'air dans une contre-cloison intérieure



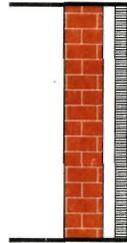
51 kWh/m<sup>2</sup>/an

Avec double vitrage anti-émisif



76 kWh/m<sup>2</sup>/an

Avec un isolant transparent de 5 cm



118 kWh/m<sup>2</sup>/an

Comparatif des gains apportés par différents murs capteurs<sup>[B]</sup> sur un lotissement dans les Ardennes.

## Les capteurs solaires à air

Dans un système de chauffage solaire à air, les capteurs alimentent un stockage réalisé le plus souvent à partir d'un stock de galets situés sous la maison.

Ce système nécessite une surface de capteur d'environ 1 m<sup>2</sup> pour 13 m<sup>3</sup> de volume habitable, et un stockage d'une tonne de galet par mètre carré de capteur.

Les systèmes à air présentent l'avantage d'être le plus souvent moins coûteux que les systèmes à eau. Ils sont aussi, du fait de l'absence d'eau, insensibles au gel et à la corrosion.

Ils présentent cependant plusieurs inconvénients :

- l'échange thermique est vingt fois plus faible que pour l'eau, ce qui oblige à augmenter les surfaces d'échange ;

- la faible capacité calorifique de l'air (3400 fois moins que l'eau pour le même volume) oblige à avoir un débit d'air important ;
- le mouvement d'air peut générer des dépôts de poussières et du bruit, et il peut y avoir développement de germes microbiens si le stock est humide. Pour ces raisons, les systèmes à air sont moins développés dans l'habitat que les systèmes à eau. Ils peuvent par contre s'avérer très intéressants, avec ou sans stockage, pour de nombreux usages comme le chauffage de locaux artisanaux, commerciaux ou industriels.

## Le plancher solaire direct (PSD)

Aujourd'hui, en France, 700 maisons solaires se chauffent avec un plancher solaire direct (PSD)<sup>14</sup>.

Il s'agit d'une technique confortable et efficace, adaptée à l'habitat neuf mais aussi à l'existant lorsqu'un plancher doit être refait.

Le PSD doit en partie son succès à sa simplicité par rapport aux premières installations de chauffage solaire qui étaient trop souvent de véritables... usines à gaz!

Un liquide antigel, chauffé dans les capteurs solaires, est envoyé directement dans une dalle parcourue par des tuyaux d'eau (plancher chauffant). Cette dalle, épaisse de treize à vingt centimètres, sert à la fois de stockage et d'émetteur de la chaleur produite. Il n'y a pas de gros ballon de stockage intermédiaire, d'où son nom de « plancher solaire direct ». Une surface de capteur comprise entre 12 et 20 m<sup>2</sup> (pour 100 à 150 m<sup>2</sup> de plancher chauffant) répond aux situations les plus courantes.

Durant les jours les plus froids d'hiver, un appoint de chauffage assuré par une énergie classique, assu-

*Chauffer  
votre plancher  
avec le soleil*

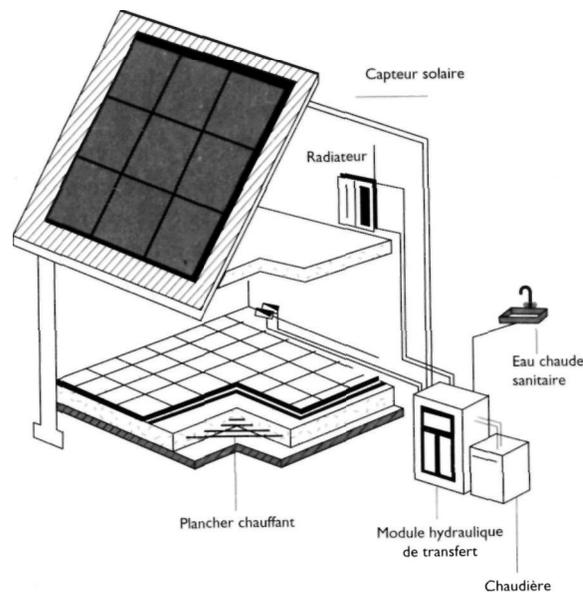
<sup>14</sup> Cette technique a été développée par la Société CLIPSOL qui a mis au point des armoires techniques incluant tout le fonctionnement du système. La télémaintenance est même possible grâce à un équipement de mesure intégré interrogeable par Minitel. Plus récemment, la Société GIORDANO a également lancé sur le même principe une « chaudière solaire ».

re le complément, soit dans le plancher soit de façon indépendante.

Parallèlement, le circuit couplé au ballon solaire permet le préchauffage de l'eau chaude sanitaire en hiver, et la production de la quasi-totalité de l'eau chaude en mi-saison et en été.

Le chauffage d'une piscine peut aussi être assuré d'avril à septembre pour prolonger de deux à trois mois environ sa période d'utilisation.

Principe de fonctionnement du plancher solaire direct.

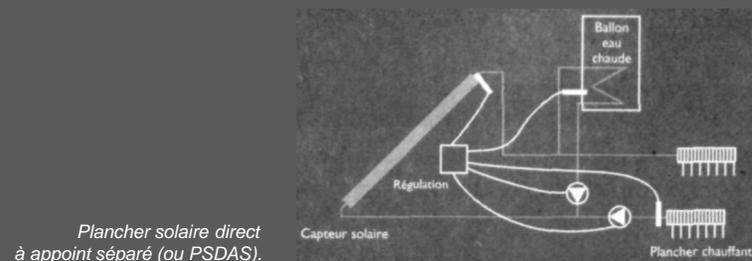


### Conseils pratiques

- Pour une efficacité optimale les capteurs solaires doivent être orientés sud et inclinés de 50 °.
- Un isolant d'au moins quatre centimètres doit être placé sous la dalle.
- Une surélévation de cinq centimètres des tubes chauffants par rapport à l'isolant améliore les performances du système.
- Il faut vérifier régulièrement la pression du circuit (1 à 2 bars) et le bon fonctionnement des régulations.

### Fiche pratique : Quel type de chauffage d'appoint faut-il prévoir avec un plancher solaire direct (PSD)?

Par souci de simplicité, le plancher solaire direct a d'abord été uniquement développé avec un chauffage d'appoint séparé :

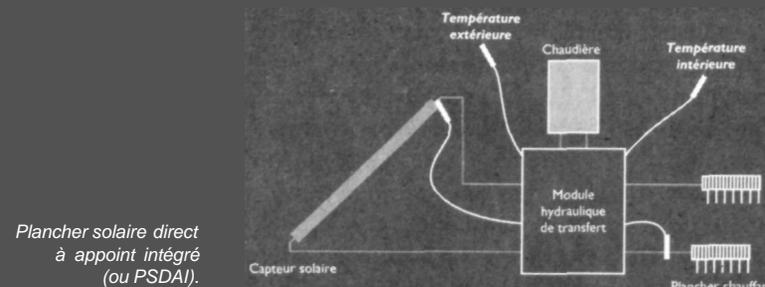


Plancher solaire direct à appoint séparé (ou PSDAS).

Mais cette solution présente l'inconvénient de devoir installer un deuxième système de chauffage en appoint. Un poêle, un insert performant, ou quelques radiateurs gaz à ventouse peuvent être des solutions intéressantes et peu coûteuses.

Le plancher chauffant est cependant sous-exploité et on perd un de ses avantages qui est de laisser disponible tout l'espace habitable.

Le plancher solaire direct à appoint intégré (PSDAI) offre toutes les possibilités d'énergie d'appoint. L'occupant n'a plus à gérer deux types de chauffage : la régulation se charge de tout en optimisant au maximum les apports solaires.



Plancher solaire direct à appoint intégré (ou PSDAI).

La solution PSD + appoint intégré offre donc à la fois confort souple d'utilisation, économie d'énergie et protection de l'environnement

Elle est par contre, pour le moment plus coûteuse que la précédente : pour une maison de 120 m<sup>2</sup> la solution PSD + appoint séparé a un coût final (solaire, appoint et pose) d'environ 100 000 FTTC (15 250 €), contre 120 000 F (18 300 €) Pour un PSD + appoint intégré. Pour une maison aux besoins de chauffage limités (surface habitable inférieure à 100 m<sup>2</sup>), la première solution semble la plus raisonnable économiquement Elle présente par ailleurs de meilleures performances dans les régions du Sud (+ 5 à 7 %).

Pour des besoins plus importants, le PSD avec appoint intégré est un choix pertinent assurant un très bon confort.

## Références

<sup>[A]</sup> « Bâtiments HQE, éléments pour un cahier des charges de Haute Qualité Environnementale », ADEME, novembre 1997.

<sup>[B]</sup> Etude de l'Ecole des Mines de Paris (Bruno Peuportier et Bernd Polster).

<sup>[C]</sup> Valeur de chauffage réglementaire définie par le décret N° 79-907 du 22/10/79.

# Ventiler au juste débit



## Indispensable ventilation

### *Ventiler quand il faut et où il faut*

Le renouvellement de l'air intérieur d'une habitation permet avant tout de satisfaire nos besoins en oxygène et de limiter la pollution intérieure en éliminant les odeurs, les fumées et les substances toxiques.

Renouveler l'air a également pour fonction d'évacuer la vapeur d'eau produite par les occupants, la cuisine, les appareils sanitaires et ménagers et d'éviter ainsi des condensations et dégradations. Cela permet enfin un fonctionnement normal et sans danger des appareils de combustion.

La ventilation d'un logement est donc absolument impérative pour maintenir une ambiance intérieure saine. Or en hiver, lorsque la température est basse, le réchauffement de l'air froid entrant dans le logement représente une part très importante des besoins de chauffage : 25 à 35 % pour une habitation courante, et jusqu'à 50 % pour des logements très bien isolés.

Dans la maison des négawatts, il faut donc accorder à la ventilation la même attention qu'aux pertes par les parois. La tâche n'est pas facile car il faut arriver à résoudre la contradiction suivante : comment diminuer la consommation d'énergie sans trop réduire le renouvellement de l'air?

Quelques règles simples permettent d'y parvenir :

- avant tout, limiter les infiltrations parasites dans le logement,
- bien contrôler les flux d'air, en ventilant ce qu'il faut et au bon moment,
- enfin, mettre en oeuvre des solutions économes comme la ventilation hygroréglable ou le préchauffage de l'air extérieur par passage dans une serre ou une véranda.

## Fiche pratique : Quelles sont les sources de pollution de l'air dans un logement :

De nombreux produits peuvent altérer la qualité de l'air d'une habitation <sup>[A]</sup> :		
Polluants dans la maison	Origine	Effets
Fumée de tabac	Cigarettes	Affections graves des voies respiratoires.
Acariens	Les acariens vivent de débris de peaux, poils, cheveux, plumes. Ils se développent en milieu humide (> 70 % d'humidité) et chaud (18 à 22°C).	Leurs déjections (deux cents fois leur poids au cours de leur vie) sont allergènes et déclenchent de l'asthme chez des personnes sensibles.
Pesticides et fongicides	Colles, vernis, peintures, produit de traitement des bois.	Affections des voies respiratoires.
Composés organiques volatils COV	Composés chimiques intervenant dans la fabrication de nombreux produits intérieurs : peintures, colles, panneaux de particules, bois, moquettes en PVC, vernis, revêtements muraux.	Effets variables selon la concentration allant de la simple irritation oculaire ou des voies respiratoires à des troubles neurologiques plus graves.
Moisissures	Dues à la condensation de la vapeur d'eau dans un milieu humide.	Affections des voies respiratoires. Dégradation du logement : revêtement muraux, gonflement des menuiseries bois, altération des murs diminuant ses propriétés mécaniques.
Vapeur d'eau	Respiration : une famille de quatre personnes produit dix à vingt litres de vapeur d'eau par jour. Cuisine, douche chaude, bain. Chauffage individuel gaz. Sèche-linge à condensation	Développement de germes microbiens. Augmente l'humidité relative de l'air qui diminue le confort et accentue les condensations. Participe au développement des acariens.
Oxydes d'azote NO <sub>x</sub>	Excès d'oxygène pendant la combustion.	Irritation des voies respiratoires. Perturbation de la circulation du sang.
Monoxyde de carbone CO	Manque d'oxygène pendant la combustion.	Prend la place de l'oxygène dans le sang provoquant somnolence, maux de tête, vertiges, vomissements, oedème pulmonaire. Incolore et inodore. Peu être mortel.
Dioxyde de carbone CO <sub>2</sub>	Respiration. Appareils de combustion.	Mauvaises odeurs. Diminution du taux d'oxygène : nausées, migraines, sensation de lourdeur ou d'étouffement.
Radon	Gaz radioactif provenant essentiellement des roches granitiques et des schistes. Pénètre dans la maison par les micro-fissures de la dalle.	C'est le deuxième facteur de risque de cancer du poumon après le tabac.

Une surventilation est bien souvent nécessaire pour évacuer correctement tous ces polluants. Utiliser des « matériaux sains » exempts de produits nocifs permet d'éviter de ventiler plus que nécessaire, et favorise donc des économies d'énergie.

## Réduire les infiltrations parasites

Les infiltrations d'air par les parois et les ouvrants sont souvent importantes, même dans la construction neuve. Sous l'effet du vent, l'air peut s'infiltrer par tous les défauts d'étanchéité du bâtiment comme les joints des fenêtres, les portes mais aussi les murs.

Au total, ces infiltrations parasites peuvent augmenter la consommation d'énergie de l'ordre de 10 à 15%<sup>[B]</sup>.

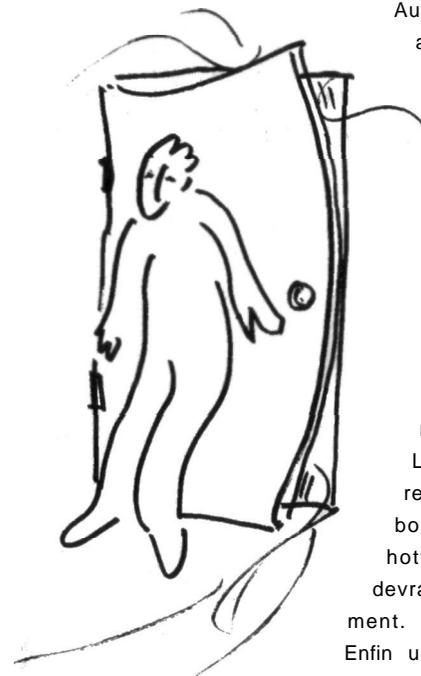
Quelques précautions permettent de les réduire.

Les liaisons entre menuiserie et mur, mur et plafond ou mur et plancher doivent être très bien finies.

Une cheminée (ouverte ou fermée) doit être pourvue d'une entrée d'air extérieure pour éviter tout refoulement. Le conduit de fumée doit disposer d'une trappe de fermeture, qui devra impérativement être fermée en cas de non-utilisation.

La hotte de cuisine fonctionnera de préférence en recyclage, munie d'un filtre à charbon qui doit être changé régulièrement. Si la hotte possède une évacuation extérieure, elle devra être pourvue d'un clapet anti-refoulement.

Enfin un sèche-linge à évacuation doit impérativement disposer de sa propre évacuation d'air vers l'extérieur.



## La ventilation naturelle

La ventilation naturelle du logement consiste simplement à créer des courants d'air dans le logement pour renouveler l'air intérieur.

Elle peut être assurée en ouvrant simplement les fenêtres, ainsi que par la pose d'orifices d'entrée d'air dans les pièces principales et de bouches de sortie dans les pièces susceptibles de dégager de l'humidité (salle de bain, cuisine, WC, buanderie).

Infos

## Comment aérer en grand une pièce l'hiver!

Pas si simple que cela : il faut renouveler la totalité de l'air sans perdre trop de chaleur.

Le mieux est de fermer tous les appareils de chauffage de la pièce, puis d'ouvrir les fenêtres en grand pendant 5 minutes. L'air sera renouvelé rapidement, sans que les murs et le mobilier aient le temps de se refroidir.

A l'inverse, il ne sert à rien de laisser une fenêtre entrebâillée longtemps en gardant le chauffage allumé. Le renouvellement de l'air sera insuffisant pour assurer un bon renouvellement dans tous les endroits de la pièce, et des courants d'air désagréables vont s'établir des points chauds (les émetteurs de chaleur) aux points froids (la fenêtre, les bas de porte), finissant par refroidir les murs et les meubles.

Elle ne nécessite pas d'investissements importants, et ne consomme aucune énergie. Son inconvénient est un mauvais contrôle des débits effectifs de ventilation qui dépendent fortement du vent, des conditions climatiques et de la saison.

Mal maîtrisée, la ventilation naturelle peut donc engendrer à certain moment une sous-ventilation néfaste, et à d'autres une inutile augmentation des besoins de chauffage.

Permanente, elle ne peut pas s'adapter à l'occupation réelle du logement, et sera donc inutilement élevée lorsqu'il n'y a personne dans l'habitation.



## La ventilation mécanique

Lorsque la ventilation naturelle n'est pas possible, ou insuffisante, il est possible d'installer un système de ventilation mécanique contrôlée (VMC).

Ce type de ventilation est appelée « mécanique » car l'air est mis en mouvement par un ventilateur électrique. Elle est également « contrôlée » car le fonctionnement du ventilateur est régulé pour limiter les dépenses d'énergie.

Elle est plus précise qu'une ventilation naturelle. Ses inconvénients sont évidemment la consommation électrique du ventilateur et le bruit qu'une installation mal conçue peut générer.

Infos

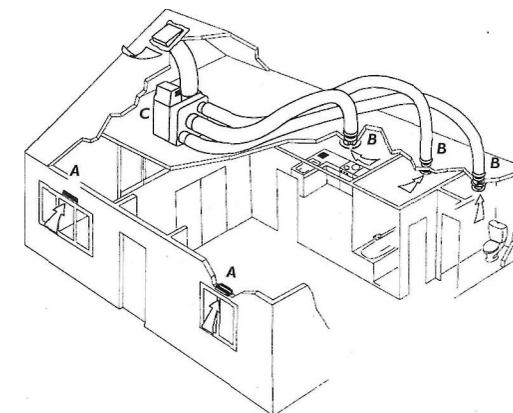
## La ventilation d'un logement ancien

Dans le cas d'une rénovation, il n'est pas toujours possible d'évacuer l'air de la salle de bains et des toilettes par une cheminée ou un canal de ventilation vertical. Il faut alors extraire l'air par un conduit horizontal à l'aide d'un ventilateur mécanique. La durée de fonctionnement de ce ventilateur doit absolument être contrôlée afin de limiter les pertes d'énergie : la mise en marche du ventilateur peut par exemple être couplée à l'interrupteur, le ventilateur fonctionnant encore durant 10 minutes après extinction de la lumière.

Avec une VMC simple flux, des entrées d'air autoréglables sont situées dans les pièces principales et l'extraction mécanique de l'air est réalisée dans les pièces de service. Le renouvellement de l'air est constant, et ne tient pas compte de l'humidité ni du nombre d'occupant.

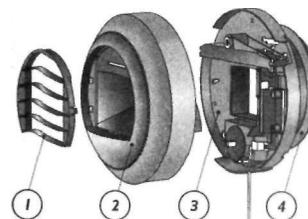
Une VMC hygro-réglable est une VMC simple flux dont les bouches de sortie modulent le débit de ventilation en fonction de l'occupation et de l'hygrométrie. Le débit d'air varie alors en fonction des besoins réels, d'où des économies d'énergie de chauffage.

Une VMC double flux permet de récupérer la chaleur contenue dans l'air évacué du logement : l'air froid entrant est alors réchauffé dans un échangeur par l'air chaud sortant puis est soufflé dans les pièces principales et enfin évacué depuis les pièces de service. Cette technique est largement utilisée dans les pays de l'Europe du Nord dans les constructions récentes. Elle présente cependant quelques inconvénients : elle exige une excellente étanchéité à l'air du bâtiment, des ventilateurs à faible consommation et un entretien régulier.



Bouche d'extraction hygro-réglable.

1. Grille amovible
2. Corps de la bouche
3. Platine support
4. Joint à lèvres



Principe d'une VMC simple flux et bouches hygro-réglables.

- A. Entrées d'air autoréglables  
B. Bouches d'extraction hygro-réglables  
C. Ventilateur d'extraction

## Fiche pratique : Quelle est la réglementation sur la ventilation!

La réglementation<sup>1</sup> se fonde en France sur les deux principes suivants :

- l'aération doit pouvoir être générale et permanente,
- la circulation de l'air doit se faire par des entrées d'air dans les pièces principales et des sorties dans les pièces de service,

En ventilation naturelle sans dispositif de réglage, les pièces doivent être ventilées au minimum par les débits suivants (en m<sup>3</sup> par heure) :

Nombre de pièces de l'habitation	Débit minimum en m <sup>3</sup> par heure		
	Cuisine	Salle de bains	WC
1	75	15	15
2	90	15	15
3	105	30	15
4	120	30	30
5	135	30	30

Avec une ventilation mécanique (VMC), les débits suivants doivent être respectés :

Nombre de pièces de l'habitation	Débit minimum en m <sup>3</sup> par heure		
	Cuisine	Total avec VMC simple flux	Total avec VMC hygroréglable
1	20	35	10
2	30	60	10
3	45	75	15
4	45	90	20
5	45	105	25

Parmi les différents types de VMC, la ventilation hygroréglable autorise des débits minimums inférieurs car elle module le débit des pièces de service en fonction de leur utilisation. Elle permet donc de réelles économies de chauffage.

<sup>1</sup> Arrêtés du 24 mars 1982 et du 28 octobre 1983.

## La ventilation d'une véranda

Ventiler une véranda ou une serre est bien sûr indispensable pour renouveler l'air afin d'éviter les odeurs et l'humidité, surtout avec des plantes vertes.

## Préchauffer l'air extérieur par une véranda : une solution simple et efficace

En été, une forte ventilation est également indispensable pour évacuer le surplus de chaleur.

Mais il est aussi très intéressant d'utiliser une véranda en hiver comme source de chaleur pour préchauffer l'air froid extérieur. Le principe consiste à faire entrer tout d'abord l'air extérieur par des grilles en partie basse de la véranda, où il récupère une partie de la chaleur accumulée. On fait ensuite pénétrer l'air ainsi préchauffé dans les pièces principales de l'habitation soit par simple ouverture des fenêtres et des portes donnant sur le logement, ou bien par des grilles en partie haute du mur de séparation entre le logement et la véranda au moyen d'une VMC simple flux.

Ce dispositif est simple, peu coûteux et particulièrement efficace : il peut apporter au logement autant d'énergie que ce qui est déjà transmis par les fenêtres et les murs<sup>2</sup>. Il abaisse toutefois la température de la véranda, ce qui la rend un peu moins utilisable en hiver comme pièce d'agrément.

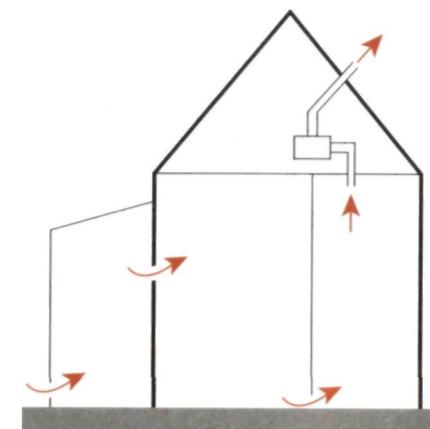


Schéma de redistribution véranda - habitation

L'air neuf transite par la véranda puis est extrait par une VMC simple flux

<sup>2</sup> Ce qui peut donc doubler la « productivité énergétique » d'une véranda. On pourra se reporter au *Guide des logements à faibles besoins en énergie*, d'Olivier Sidler, pour une analyse pertinente des critères de conception d'une véranda.

## Références

<sup>[A]</sup> Pour plus de précisions on pourra se reporter à l'ouvrage *Habitat Qualité*

*Santé* des docteurs Suzanne et Pierre Deoux.

<sup>[B]</sup> Olivier Sidler, *Guide des logements à faibles besoins en énergie*.



## La climatisation inutile

*Une maison qui a  
besoin de la  
climatisation est  
une maison  
mal conçue*

La climatisation par air conditionné consiste à insuffler de l'air refroidi par un groupe frigorifique (analogue à celui d'un réfrigérateur) et à évacuer l'air chaud pour maintenir une température et une hygrométrie agréables.

Présentée comme un symbole de progrès, la climatisation fait l'objet d'agressives campagnes de promotion : selon elles, « avoir la clim » c'est accéder à un bien-être dont personne ne pourra se passer. Et le producteur national d'électricité va jusqu'à affirmer que « dans dix ans tout le monde aura la climatisation<sup>1</sup> »!

En réalité, sous nos latitudes, être obligé de climatiser une habitation est le signe d'un grave défaut de conception : un logement bien conçu, suffisamment isolé, correctement orienté et disposant des protections solaires n'a pas besoin d'être climatisé, même en zone méditerranéenne.

La climatisation, équipement gourmand en électricité<sup>2</sup>, n'a pas sa place dans la maison des négawatts.

Pour rafraîchir une maison, d'autres solutions simples et efficaces existent : bien se protéger de la chaleur, utiliser la fraîcheur de la nuit, amortir les variations de chaleur grâce à des matériaux lourds.

<sup>1</sup> Ce message figure depuis trois ans, chaque été, au bas des factures EDF à Montpellier...

<sup>2</sup> Les fabricants et installateurs sont généralement très peu explicites sur ce point.

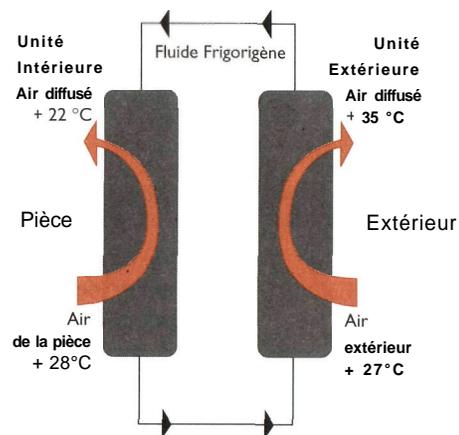
## Infos Climatisation et santé

5 °C en moins par rapport à la température extérieure suffisent pour créer une sensation de fraîcheur lorsqu'on rentre dans un logement. Au-dessus de 7 °C d'écart entre l'extérieur et l'intérieur (ce qui est très souvent le cas lorsque l'on « force » la climatisation), l'air froid insufflé augmente le risque d'une affection du larynx ou d'une toux irritative.

Un climatiseur doit être entretenu : il faut remplacer régulièrement les filtres à air pour éviter toute manifestation allergique ou maladie infectieuse.

Enfin le bruit (intérieur et extérieur) d'une installation de climatisation est souvent une source de nuisance dans le logement ou pour le voisinage.

Principe de fonctionnement d'un climatiseur "split System" composé de deux éléments séparés, l'un situé à l'intérieur du logement et l'autre à l'extérieur.



## Infos Le plancher rafraîchissant

Une technique utilisée pour le rafraîchissement, lorsqu'on dispose d'un plancher chauffant, consiste à y faire circuler en été de l'eau refroidie : c'est ce qu'on appelle un « plancher réversible ».

Dans les régions chaudes et humides, cette technique a ses limites : pour éviter les condensations, la température minimale de l'eau au départ du circuit doit être comprise entre 18 °C (centre de la France) et 22 °C (zone côtière méditerranéenne)<sup>3</sup>. Cette limitation ne permet d'abaisser la température de l'air intérieur que de 2 à 4 °C.

<sup>3</sup> Prescriptions du CSTB sur la conception et la mise en œuvre des planchers réversibles à eau basse température.

## Le rafraîchissement naturel

Qui n'a jamais été étonné de la fraîcheur ressentie dans une vieille maison en plein été?

Pour maintenir une température agréable même en plein été, les règles simples qu'utilisaient nos anciens sont toujours valables :

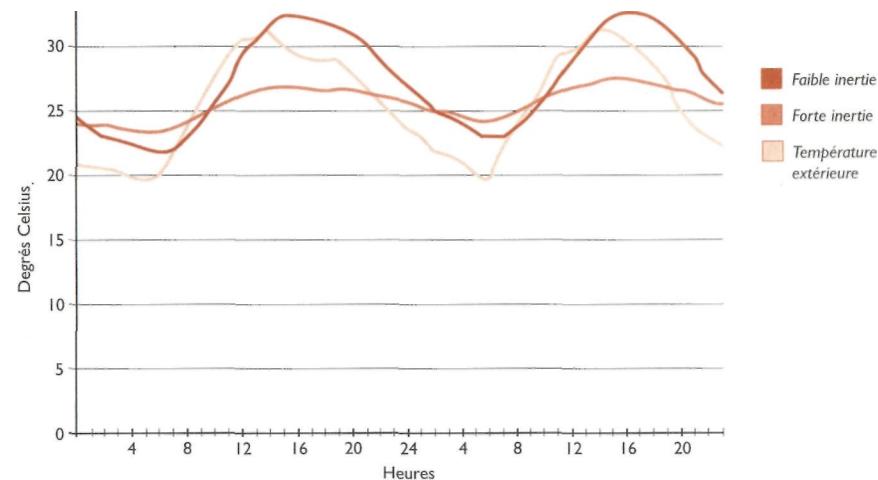
**Se protéger tout d'abord du soleil** par des masques architecturaux ou des végétations à feuilles

caduques, complétés par des volets ou des stores de type persienne ne laissant pas le rayonnement solaire pénétrer dans la maison tout en assurant un éclairage satisfaisant.

**Construire en parois lourdes**, à forte inertie, pour absorber les pointes de chaleur de la journée et éviter d'atteindre en milieu de journée des températures trop élevées.

**Ventiler largement la nuit** pour décharger la chaleur stockée dans les parois.

Enfin les matériaux actuels permettent d'isoler fortement la toiture<sup>4</sup> et les murs les plus exposés pour éviter que la chaleur ne finisse par pénétrer en fin de journée, après plus de huit à dix heures d'ensoleillement.



Une forte inertie permet d'amortir efficacement les pointes de chaleur.

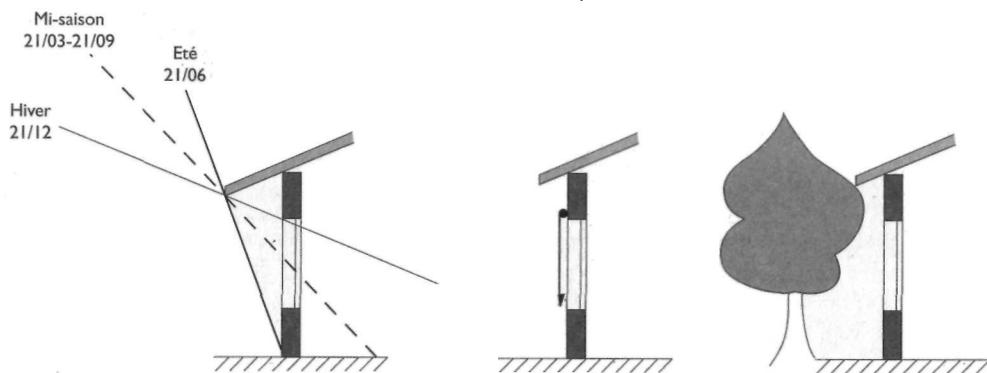
## Les masques architecturaux

Il est possible d'assurer une bonne protection solaire par toute une gamme **d'éléments fixes** : masques architecturaux tels que casquettes, débord de toit, auvent, loggias, patio, claustra, brise soleil...

<sup>4</sup> Au moins l'équivalent de vingt centimètres de laine de verre (R > 5) pour une terrasse ou une toiture faiblement inclinée.

Néanmoins, les protections fixes ont plusieurs limites. Elles ne sont efficaces que pour des orientations sud-est à sud-ouest. Elles ne protègent que du rayonnement direct et non des rayonnements diffus et réfléchis qui peuvent représenter jusqu'à 50 % des apports solaires. De plus, elles génèrent la même ombre le 21 septembre, alors qu'il fait encore chaud, et le 21 mars, alors qu'il fait souvent froid et que des apports solaires sont toujours profitables. Elles seront donc utilement complétées par des stores ou des rideaux intérieurs.

On peut également utiliser des **protections mobiles** manipulées quotidiennement comme des stores, volets, persiennes, et rideaux.



Les trois types de protection : fixe, mobile et végétale.

Les **protections végétales** sont constituées par des arbres à feuilles caduques, des tonnelles, pergolas ou treilles. Elles permettent en plus de l'occultation le rafraîchissement de l'air par évapo-transpiration.

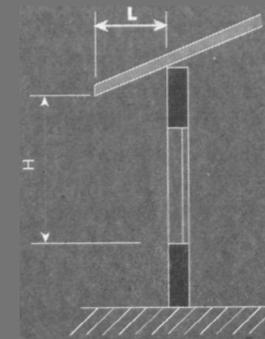
L'efficacité de ces protections végétales croit en même temps que l'arrivée des fortes chaleurs. Contrairement à des stores, elles ne nécessitent ni manipulation quotidienne, ni entretien important. Elles préservent enfin un bon éclairage dans la maison.

## Fiche pratique : Comment protéger les vitrages du soleil d'été !

Les vitrages sud

Pour avoir un ombrage total du 1<sup>er</sup> juin au 31 juillet, la longueur L de la « casquette » prévoir au-dessus d'un vitrage sud peut être définie en fonction de la situation géographique du projet :

Situation géographique	Latitude	Longueur (L)
Sud de la France	44°	H/2
Centre de la France	48°	H/1,7
Nord de la France	52°	H/1,5



$H$  = longueur entre le bas de la fenêtre et le point le plus bas du masque.  
 $L$  = longueur de l'avancée horizontale de la casquette.

Les vitrages est ou ouest

Pour les orientations est et ouest (dont le taux de vitrage devra être limité), les protections de leur nature et de leur position :

Système de protection	Teinte et disposition	Taux de transmission solaire dans l'habitat
Stores extérieurs à lamelles inclinées à 45 ° (pas de pénétration directe des rayons du soleil)	claire	15%
	sombre	25%
Stores écrans en textile de verre	à l'extérieur	
Stores intérieurs à lamelles	claire	
	moyenne	70%
	sombre	80%
Rideaux réfléchissants	à l'intérieur et argentés	50%
Verres réfléchissants	sans autre protection	30 à 50 %
	avec écran contre l'éblouissement	25 à 45 %

La nuit, en été, la température extérieure descend souvent en dessous de la température du logement.

Un moyen simple et efficace pour rafraîchir une maison consiste à profiter au maximum de cette fraîcheur nocturne de l'air pour évacuer la chaleur accumulée dans la journée. Les parois et le mobilier, ainsi rafraîchis, restitueront ensuite leur fraîcheur dans l'ambiance de la maison.

Aucune ventilation mécanique n'est nécessaire : il suffit de créer la nuit des courants d'air permanents dans la maison par l'ouverture de fenêtres ou de vasistas sur des parois opposées.

Associée à une forte inertie, cette surventilation nocturne permet d'abaisser de trois à cinq degrés la température intérieure de la maison, soit autant qu'une climatisation.

### Le puits provençal

Le « puits provençal » consiste à faire passer, avant qu'il ne pénètre dans la maison, une partie de l'air neuf de renouvellement par des tuyaux enterrés dans le sol à une profondeur de l'ordre d'un à deux mètres.

Et l'hiver, le sol à cette profondeur est plus chaud que la température extérieure : l'air froid est donc préchauffé lors de son passage dans les tuyaux.

Et été, le sol est à l'inverse plus froid que la température extérieure : ce « puits » astucieux va donc utiliser la fraîcheur relative du sol pour tempérer l'air entrant dans le logement.

Quelques installations fonctionnent dans le Sud de la France avec des performances très intéressantes.

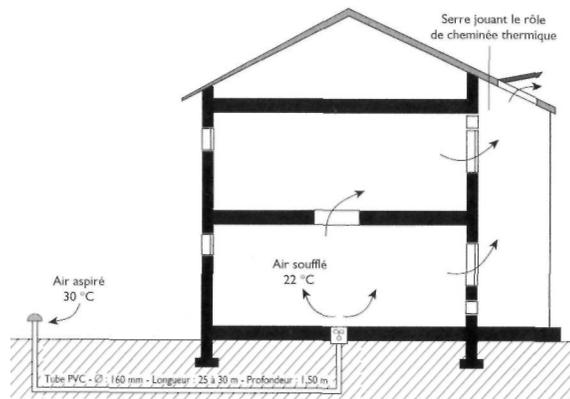


Schéma de fonctionnement en été d'un puits provençal.



## De la lumière du jour à la lumière artificielle

Au fait, qu'est-ce que la lumière? Tout corps émet un rayonnement dû à la plus ou moins grande excitation des atomes et des molécules qui le composent : c'est ce qui produit la « lumière », constituée de radiations.

L'œil humain est réceptif à certaines de ces radiations, et c'est cette sensation oculaire qui nous permet de voir les choses qui nous entourent et leurs couleurs.

Pendant des millénaires, seul le rayonnement émis en brûlant un combustible (bois de feu, torches, bougies, lampes à huile) a été utilisé par l'homme pour produire « artificiellement » de la lumière.

Puis au XIX<sup>e</sup> siècle est née l'idée de produire de la lumière en utilisant l'électricité. Depuis, la formidable souplesse de l'éclairage électrique a considérablement modifié notre confort et notre mode de vie.

Aujourd'hui l'éclairage dans les secteurs résidentiel et tertiaire représente 14% de toute l'électricité consommée en France, soit la production permanente de sept réacteurs nucléaires (41 TWh)<sup>[A]</sup>. Et un ménage consomme annuellement de l'ordre de 400 à 600 kWh pour s'éclairer<sup>[B]</sup>.

Nous allons voir que ce chiffre peut être réduit à 150 kWh/an sans perte de confort visuel par une meilleure utilisation de la lumière naturelle, quelques conseils simples et l'emploi de lampes performantes à basse consommation.

## Éclairage et lumière naturelle

*Laissez entrer la lumière naturelle!*

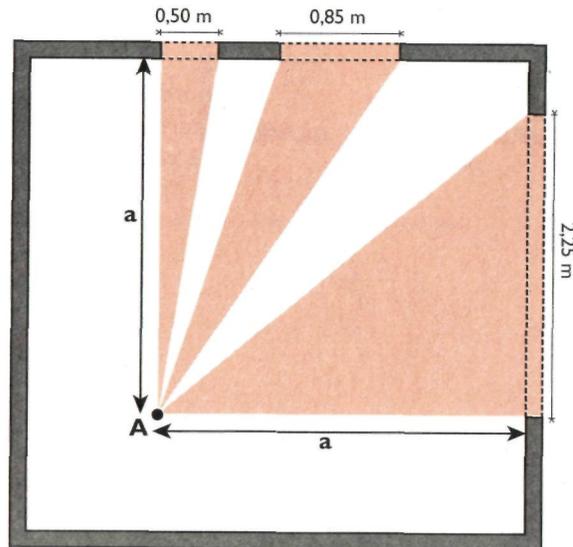
Trop souvent la conception des locaux et l'aménagement intérieur ne permettent pas d'utiliser au mieux la lumière naturelle, obligeant d'allumer inutilement des lampes alors qu'à l'extérieur il fait encore jour.

Or une orientation judicieuse des ouvertures peut facilement retarder d'une heure le moment où l'on aura besoin de recourir à l'éclairage électrique, ce qui permet 50 à 100 kWh par an d'économie. Il est donc important de tenir compte de l'orientation et de la dimension des ouvertures lors de la conception ou de la rénovation d'un logement.

**L'éclairage par les fenêtres** garantit le contact visuel indispensable avec l'extérieur et présente peu de risques d'infiltrations d'eau par pluie battante.

Il présente cependant des inconvénients : l'éclairage n'est pas uniforme sur le plan de travail, et la luminosité peut être trop élevée au voisinage des fenêtres.

L'apport significatif de lumière par un vitrage vertical est limité à une distance correspondant à deux fois la hauteur supérieure de la fenêtre, soit environ 3 à 4 mètres.



Pour quelqu'un situé en A, chacune des trois ouvertures apporte la même contribution de lumière du jour.

**L'éclairage par le plafond** (appelé aussi éclairage zénithal) a une efficacité bien supérieure à l'éclairage par les fenêtres, même par ciel couvert. La lumière provient en effet de la partie centrale du ciel, plus lumineuse. L'éclairage est alors plus uniforme durant toute la journée, et donne une lumière diffuse sans zones d'ombres.

L'éclairage par le plafond est très bien adapté aux locaux profonds ou aux plans de travail pour éviter de recourir trop tôt dans la journée à l'éclairage artificiel. Par contre, il présente des inconvénients : le risque d'infiltration d'eau et d'exposition à la poussière est plus important que pour une fenêtre; une ouverture en plafond mal isolée peut provoquer d'importantes pertes thermiques hivernales.

## Mieux utiliser la lumière du jour

Quelques conseils pratiques permettent à la fois un meilleur confort visuel et des économies d'énergie :

- éviter les couleurs sombres en plafond qui absorbent beaucoup de lumière et obligent à renforcer inutilement l'éclairage artificiel ;
- dans la cuisine, disposez si possible le plan de travail sous une fenêtre : cela évitera d'être obligé de l'éclairer même en plein jour pendant une grande partie de l'année ;
- des fenêtres assez hautes renforcent les apports de lumière dans le fond d'une pièce ;
- les écrans d'ordinateurs doivent être perpendiculaires aux ouvertures pour assurer un confort visuel optimal.

### Œil humain et lumière naturelle

Le système visuel de l'homme, au cours de son évolution, s'est parfaitement adapté aux caractéristiques de la lumière naturelle fournie par le soleil. C'est la raison pour laquelle son efficacité lumineuse est nettement supérieure à celles des principales sources d'éclairage artificiel.

La lumière naturelle est non polluante, gratuite et parfaitement adaptée à notre confort visuel : la capturer avec efficacité c'est découvrir un véritable gisement de négawatts!

## L'éclairage artificiel

Remplacer le soleil par un éclairage artificiel... Les savants qui ont permis à l'homme de réaliser ce rêve ont vite découvert qu'il y a deux façons d'exciter les atomes ou les molécules d'un corps afin de produire un rayonnement visible : l'incandescence et la luminescence.

*Achetez  
des lumens et  
non des watts*

### Infos Néon et tubes fluo

Le néon est un gaz utilisé dans les tubes pour enseignes lumineuses mais pas dans les tubes fluorescents, appelés très improprement "néons" : il y a du mercure, de l'argon, du krypton, mais... aucune trace de néon dans un "néon"!

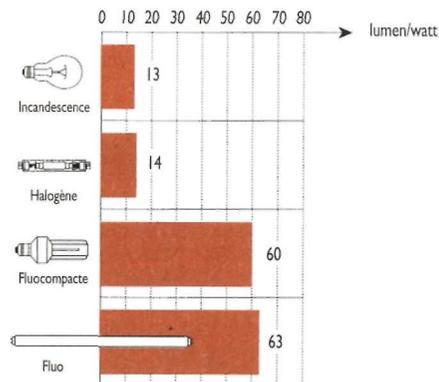
Les ampoules classiques et les lampes halogènes sont des lampes à incandescence dont la lumière est produite par élévation de la température d'un filament.

Les tubes « fluo » et les lampes basse consommation (appelées aussi fluocompactes) utilisent la luminescence produite par des poudres tapissant l'enveloppe des tubes.

Toute lampe, quelle soit incandescente ou luminescente, absorbe de l'énergie électrique pour produire de la lumière. Mais toute cette énergie n'est pas convertie en lumière et une très grande partie est perdue en chaleur.

La quantité de lumière visible émise par une lampe s'exprime en lumens. C'est cette valeur qui caractérise vraiment la quantité de lumière fournie, et non le nombre de watts qui n'exprime, lui, que la consommation d'énergie électrique.

Pour comparer différentes lampes, il faut donc comparer les lumens fournis par watt consommé. Ce rapport lumen/watt s'appelle l'efficacité lumineuse. Plus il est grand, et plus la lampe convertit l'énergie en lumière.



Efficacité lumineuse de différents types de lampes.

## Un comparatif éclairant

Comparons cinq types de lampes fournissant chacune sensiblement la même quantité de lumière <sup>[C]</sup> :

	Incandescence		Fluorescence		
	Lampe à incandescence	Lampe halogène « crayon »	Lampe halogène très basse tension	Tube fluorescent	Lampe fluocompacte
Flux lumineux	960 lumens	840 lumens	930 lumens	950 lumens	900 lumens
Tension	220 V	220V	12V	220 V	220V
Puissance	75 W	60 W	50W	15W	15W
Efficacité lumineuse	13 lumens/watt	14 lumens/watt	19 lumens/watt	63 lumens/watt	60 lumens/watt
Durée de vie	1000 h	2000 h	3 000 h	9000 h	12000 h
Pour 3 heures d'utilisation par jour, il faut la remplacer tous les...	1 an	2 ans	3 ans	8 ans	" "
Durée d'éclairage par kWh consommé	13 heures	17 heures	20 heures	66 heures	66 heures
Prix moyen d'achat		30 à 60 F	12 à 25 F	15 à 30 F	60 à 100 F
	(0,60 à 120 €)	(4,55 à 9,15 €)	(1,85 à 3,80 €)	(2,30 à 4,60 €)	(10,65 à 15,25 €)

La lampe à incandescence traditionnelle (la classique "ampoule") est moins chère, mais a une efficacité lumineuse très faible, de l'ordre de 13 lumens par watt. Elle produit finalement peu de lumière (5%)... et beaucoup de chaleur (95%)!

Les lampes halogènes sont un peu plus performantes, mais l'idée que ces lampes sont économiques est une légende. Très utilisés en éclairage indirect, les luminaires halogènes à éclairage au plafond produisent une lumière d'ambiance certes agréable, mais elles sont très énergivores : une lampe halogène « crayon » de 500 W utilisée chaque soir pendant trois heures consomme 550 kWh/an... soit plus que deux lave-linge! De plus certains luminaires à lampes halogènes chauffent si fort qu'ils peuvent présenter des risques pour la sécurité.

Une lampe fluorescente (improprement appelé « tube néon ») est cinq fois plus économe et dure huit à dix fois plus longtemps qu'une lampe à incandescence. Son encombrement est cependant plus

important et le rendu de couleur est légèrement moins bon : on les utilisera de préférence aux endroits où l'éclairage peut être de moindre qualité (cave, atelier, buanderie, garage, salle de bains).

Enfin une lampe compacte « basse consommation » (souvent appelée fluocompacte) est quatre à cinq fois plus économe et dure dix à douze fois plus longtemps qu'une lampe classique à incandescence<sup>1</sup>. Son faible encombrement lui permet d'être utilisée directement sur les luminaires existants.

#### Infos

##### 1.4 % de rendement...

Le rendement thermodynamique d'une centrale de production d'électricité thermique

(classique ou nucléaire) est de l'ordre de 33 %. Les pertes sur le réseau français sont de 11 %<sup>[D]</sup>. Enfin le rendement de conversion en lumière d'une lampe à incandescence n'est que de 5% seulement... Ces différents rendements se multiplient :  $33\% \times 89\% \times 5\% = 1,4\%$ .

98,6% de l'énergie primaire utilisée pour nous éclairer par des lampes à incandescence est donc perdue en chaleur!

## Les lampes fluocompactes

Les premières lampes fluocompactes ont été produites après la crise du pétrole dans les années 70, lorsque les chercheurs ont eu l'idée de replier sur lui-même un tube fluorescent et d'intégrer le starter et le ballast dans le culot de la lampe.

À l'origine ces lampes étaient volumineuses, assez lourdes, et donnaient une lumière un peu "papillonnante". Depuis, les constructeurs ont fait des progrès techniques constants afin de miniaturiser toujours plus l'électronique et d'augmenter les performances.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> La dernière génération de lampes fluocompactes atteint même 15000 heures (DULUX-EL Longlife d'OSRAM).

<sup>2</sup> En 20 ans, les progrès ont été considérables : pour un même flux lumineux, le poids d'une lampe fluocompacte a été divisé par quatre, son efficacité lumineuse augmentée de 24% et sa durée de vie a pratiquement doublé. Elle fournit maintenant une lumière stable et non papillonnante (Comparaison entre une Philips SL 18 W de 1980 et une OSRAM DULUX EL Longlife 15 W de 1999).



Les lampes fluocompactes fournissent aujourd'hui une lumière douce très semblable à celle des ampoules classiques à incandescence, mais avec des avantages remarquables. Ainsi une lampe fluocompacte de 20 W :

- fournit autant de lumière qu'une ampoule classique de 100 W,
- dure jusqu'à quinze fois plus longtemps,
- dégage 80% de chaleur en moins,
- consomme quatre à cinq fois moins, et donc économise près de 1000 kWh pendant sa durée de vie!

Contrairement à une lampe à incandescence, une fluocompacte se détériore peu en cas de variation de la tension du réseau électrique, et son intensité lumineuse baisse peu si la tension du réseau est faible.

Dégageant peu de chaleur, son tube monte en surface à 70 °C seulement contre 230 °C, évitant ainsi les risques de brûlure ou le jaunissement des abat-jour. Enfin elle supporte sans problème plusieurs centaines de milliers d'allumages.

Les lampes fluocompactes à **alimentation intégrée** sont destinées à remplacer les lampes classiques à incandescence car directement adaptables sur des culots à vis ou à baïonnette. Il en existe maintenant avec réflecteur, incorporée dans un globe, de forme circulaire pour abat-jour, ou bien encore avec détecteur de lumière incorporé...

Les lampes fluocompactes à **alimentation séparée** s'adaptent par un culot à deux broches sur un bloc d'alimentation 220 V. Cette solution permet de ne changer que la lampe, la durée de vie du bloc d'alimentation étant généralement beaucoup plus longue. Elles existent également avec alimentation séparée basse ou très basse tension, pour panneaux solaires, batteries ou générateurs.

Enfin le temps de montée en puissance d'une lampe fluocompacte n'est pas instantané : elle met une trentaine de secondes pour fournir la moitié de l'éclairage maximal, qui est atteint ensuite en une à deux minutes. On ne l'utilisera donc pas pour des éclairages de très courte durée.

#### Infos

##### Luminaires pour fluocompactes

Contrairement à ce qui se passe dans d'autres pays, peu de fabricants français commercialisent des luminaires réalisés spécifiquement pour les lampes fluocompactes : il serait pourtant judicieux de fabriquer des luminaires à éclairage indirect (mural ou sur pied) ou des petits spots adaptés aux lampes fluocompactes.

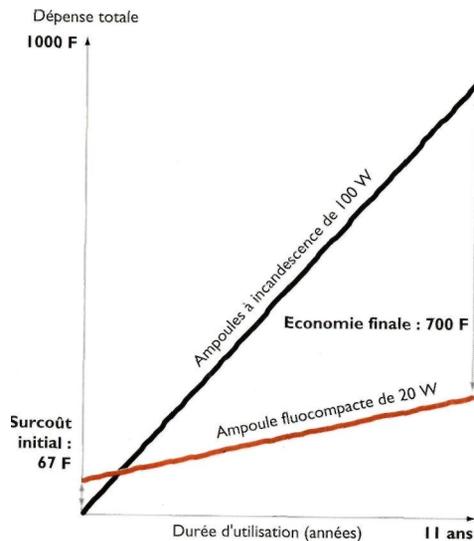
## Lampes basse consommation et économie

Si une lampe fluocompacte dure beaucoup plus longtemps et consomme le cinquième seulement d'une lampe classique à incandescence, elle est cependant plus chère à l'achat (75 F en moyenne soit 11,40 €) qu'une ampoule classique (8 F soit 1,20 €).

Alors cela vaut-il vraiment le coup de changer sa vieille "ampoule" pour une lampe fluocompacte?

Comparons<sup>3</sup> une lampe standard à incandescence de 100 W et une lampe fluocompacte de 20 W produisant le même flux lumineux, et restant allumée trois heures par jour.

Le graphique suivant montre comment évolue, au cours des années, la dépense totale (achat initial + énergie + coût de remplacement) :



12 000 heures  
d'économies pour  
un placement  
lumineux

Comparaison sur plusieurs  
années du coût d'une lampe  
à incandescence et d'une  
lampe fluocompacte.

En moins d'un an seulement le surcoût initial de la lampe fluocompacte est annulé, et les économies commencent. En fin de vie, soit 12000 heures, l'utilisation de la lampe fluocompacte a permis d'économiser 700 F (114 €).

<sup>3</sup> Base de calcul : lampe OSRAM DULUX EL 20 W à durée de vie 12 000 heures, lampe standard claire OSRAM à incandescence 100 W, durée de vie 1 000 heures - Prix de l'énergie 0,70 F TTC/kWh (0,107 € TTC/kWh).

Choisir de dépenser au départ 67 F de plus permet donc d'économiser 700 F en un peu plus de 11 ans, tout en contribuant à lutter contre le gaspillage des ressources énergétiques<sup>4</sup>!

### Fiche pratique : Comment choisir une lampe fluocompacte!

Pour trois heures d'utilisation par jour, vous pourrez conserver votre lampe fluocompacte pendant onze ans. Son achat doit donc être fait avec soin.

Attention tout d'abord aux lampes en promotion sans étiquetage clair, généralement signe d'une électronique ou de tubes de qualité moyenne. Mieux vaut cependant acheter une lampe fluocompacte bon marché qui ne tiendra que 5000 heures au lieu de 10000 heures que de continuer à utiliser une lampe à incandescence<sup>5</sup>.

Pour vous aider, une étiquette européenne énergie a été créée, sur le modèle des étiquettes figurant sur certains appareils ménagers. Elle devrait être obligatoire à compter du 31 décembre 2000.

Sur cette étiquette figure :

- la classe d'efficacité énergétique caractérisée par une lettre-code de A à G, les lampes A étant les plus efficaces. Une bonne lampe fluocompacte a une lettre-code A ou B ;
- le flux lumineux en lumens (lm) ;
- la puissance absorbée par la lampe en watts (W) ;
- la durée de vie nominale moyenne de la lampe en heures, qui est la durée moyenne au bout de laquelle 50% des lampes ne fonctionnent plus<sup>6</sup>.

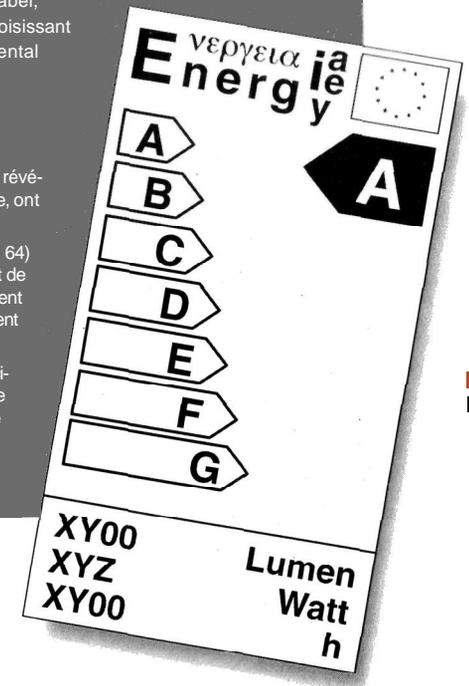
Un éco-label européen<sup>7</sup> peut également être attribué aux lampes les plus écologiques. Acheter une lampe ayant cet éco-label, c'est être sûr de respecter notre environnement en choisissant un produit présentant le plus faible impact environnemental de sa fabrication à son élimination.

<sup>5</sup> De récents tests (études danoises, test *Que Choisir* 1999) ont révélé que certaines lampes fluocompactes bon marché, sans marque, ont une durée de vie plus courte que les lampes de qualité.

<sup>6</sup> Il ne faut pas confondre avec la durée de vie utile (norme CEI 64) qui est la durée, sur un échantillonnage de 100 lampes, au bout de laquelle 80% d'entre elles fonctionnent encore ou ne produisent plus que 80% de leur flux lumineux initial. Elle est évidemment plus faible que la durée de vie nominale.

<sup>7</sup> Pour obtenir ce label, une lampe doit avoir une bonne efficacité lumineuse, utiliser une faible quantité de mercure et avoir une durée de vie utile d'au moins 8000 heures. Elle doit en outre être vendue dans un emballage en carton (recyclable à 65% minimum) donnant une information détaillée sur le fabricant (JO de la Communauté Européenne du 1/12/95).

<sup>4</sup> Un tel gain financier serait obtenu en plaçant la dépense supplémentaire initiale (67 F) sur un compte d'épargne à... 25% par an, net d'impôts!



*Toutes les six heures d'utilisation, une lampe fluocompacte de 20 W économise son propre poids en pétrole*

Durant sa vie, une seule lampe fluocompacte de 20 W permet une économie de 1 000 kWh, évitant ainsi les émissions polluantes et la génération de déchets liées à la production d'énergie correspondante.

Ainsi, en France, cette petite lampe évitera l'émission dans l'atmosphère de 60 kilos de gaz carbonique et 0,4 kilo d'oxyde de soufre, et elle rendra inutile la production de 150 cm<sup>3</sup> de déchets nucléaires [E].

En supprimant des consommations inutiles, elle sauvegarde également nos ressources énergétiques : une centrale électrique classique devrait consommer 210 litres de fioul pour produire les 1 000 kWh économisés. Ce qui veut dire que toutes les six heures d'utilisation une lampe fluocompacte économise son propre poids en pétrole !

La lampe fluocompacte (et le tube fluorescent) constituent donc une amélioration environnementale indiscutable par rapport aux lampes halogènes ou à incandescence.

Cependant on ne peut pas les considérer encore comme des lampes totalement écologiques, car elles contiennent un peu de mercure, un métal toxique. La quantité de mercure utilisée dans une lampe est néanmoins faible (de l'ordre de 10 milligrammes pour les lampes ayant l'éco-label européen).

Pour cette raison, lampes et tubes fluorescents usagés sont classés en France depuis mai 1997 comme déchets dangereux. Ces produits doivent donc être remis entiers à une collecte de petits déchets chimiques pour recyclage. Ne les cassez pas et ne les jetez pas dans les ordures ménagères !

Le bilan écologique des lampes fluocompactes est, malgré tout, beaucoup plus favorable<sup>8</sup> que celui des lampes à incandescence ou halogènes qui ont un faible rendement, une durée de vie courte et sont non recyclables.

<sup>8</sup> La fabrication et l'élimination ne représente que 10% de l'écobilan d'une lampe. 90% portent sur l'énergie consommée et le transport, étroitement liés à l'efficacité et à la durée de vie d'une lampe.

**Infos**  
**Le recyclage des lampes**

Le recyclage des lampes fluorescentes commence seulement à s'organiser en France pour les entreprises et les collectivités locales. Or le mercure, la poudre fluorescente, les culots en aluminium, le verre peuvent être totalement recyclés.

**Infos**  
**La lampe fluocompacte HBI**

La société française HBI a développé une lampe fluocompacte prototype munie d'une alimentation électronique plus performante et plus compacte, revenant moins cher qu'un circuit normal.

Cette innovation permet de réduire l'encombrement et le diamètre des lampes fluocompactes. Elle réduit les retours de courant indésirables sur le réseau (harmoniques), minimisant ainsi la puissance électrique supplémentaire que doit fournir EDF pour compenser ces harmoniques. Elle permet enfin de baisser les coûts sans altérer la qualité ni la durée de vie.

La commercialisation de la lampe HBI devrait débiter en France sous la marque Bower de la société Energy 2000.



Quelques recommandations simples pour mieux gérer l'éclairage chez soi.

- Pensez évidemment à éteindre en quittant une pièce...
- Supprimez le lampadaire halogène de votre salon. Remplacez-le par plusieurs lampes fluocompactes. Éventuellement, avec un peu d'astuce et de bricolage, vous pouvez transformer votre lampadaire halogène en lampadaire fluorescent.
- Pour une utilisation d'au moins une demi-heure par jour, remplacez systématiquement une ampoule classique par une lampe fluocompacte.
- Ne regardez pas la télévision dans le noir complet : un fort contraste augmente beaucoup la fatigue visuelle, particulièrement entre l'écran très lumineux d'une télévision et le reste de la pièce. Une lampe fluocompacte de faible puissance, placée derrière la télévision permettra de réduire ce contraste avec un minimum de consommation.
- La qualité de l'abat-jour et de l'armature est presque aussi importante que celle de la lampe elle-même : un abat-jour sombre ou trop épais réduit considérablement la lumière disponible. De même un bon réflecteur permet de diffuser la lumière de façon agréable et égale, à l'endroit souhaité et sans aveugler.
- Nettoyez régulièrement les lampes : trop de poussière diminue très vite la luminosité.
- Avant de changer une lampe débranchez la prise du luminaire : couper l'interrupteur ne suffit pas à éliminer tous risques.
- Il est préférable de dévisser les lampes fluocompactes en les tenant par l'embase et non par le verre des tubes.
- En fin de vie, une lampe à incandescence perd environ 15 % de son flux lumineux. Une surtension permanente de 10% réduit sa durée de vie de moitié.
- Remplacez les lampes à incandescence dès que l'ampoule noircit : leur efficacité, déjà faible, est alors fortement réduite.

## Fiche pratique : Comment choisir une lampe bien adaptée à son utilisation !

On a souvent reproché aux lampes fluorescentes de donner une lumière peu agréable : aujourd'hui ce n'est plus du tout justifié grâce aux progrès des ballasts électroniques et à condition de choisir la bonne température de couleur de la lampe.

Celle-ci caractérise en degré Kelvin (0 K = - 273 °C) la couleur apparente d'une source lumineuse : les teintes dites "froides" ont une température de couleur élevée, et les teintes dites "chaudes" ont une température de couleur basse.

Ainsi la flamme à température élevée d'un chalumeau est d'abord bleue (de teinte dite « froide ») en sortant du brûleur puis, en se refroidissant, elle devient jaune-orangé (de teinte « chaude »).

Une lampe de température de couleur 3 500 ou 4000 K produira donc une lumière plus bléutée (teinte « froide ») qu'une lampe ayant une température de couleur de 2 700 K :

	Gamme de puissance	Efficacité lumineuse lumen/watt	Température de couleur	Type de lumière	Utilisation
Lampe à incandescence	25W à 100W	11 - 14	2600 K	Chaude, intime	A réserver aux faibles durées d'utilisation ou allumages fréquents
Lampe halogène 220 V	60W à 500W	14 - 19	3000K	Vive et brillante	Très énergivore : ne pas employer!
Lampe halogène 12V	10W à 50W	13 - 19	2900K	Vive et brillante	Eclairage ponctuel ou décoratif
Tube fluorescent	10 W à 60 W	50-80	4000 K « Blanc » 3000 K « Blanc chaud » 2700 K « Blanc doré »	Neutre et brillante Claire Intime et douce	Garage, atelier, caves Cuisine, salle de bains Décoratif
Lampes fluocompactes	3W à 23W	55 - 65	2700 K	Intime et douce	Tous usages

Enfin la couleur d'un réflecteur détermine également celle de la lumière : "froide" lorsque l'on Souhaite un éclairage précis, "chaude" pour une ambiance plus intime.

## Éclairage et automatisme

Dans des endroits à passages fréquents et peu éclairés, comme un couloir, pourquoi ne pas installer un détecteur de présence à infrarouge? La lumière



s'allumera à chaque passage et s'éteindra après un temps réglable d'inoccupation. On est ainsi sûr que la lumière ne reste pas inutilement allumée.

Un simple contacteur sur la feuillure d'une porte peut également allumer et éteindre automatiquement une pièce aveugle (un WC par exemple) ou un placard. Si l'allumage est fréquent, préférez dans ce cas un tube à linolite (lampe tubulaire à incandescence à verre dépoli et deux culots), les tubes fluorescents courants ne supportant pas bien les allumages fréquents.

Les lampes fluocompactes sont bien adaptées aux éclairages extérieurs ou de sécurité de longue durée. Pour les endroits qui doivent rester allumés toute la nuit, les fabricants ont développé une innovation intéressante : la lampe à interrupteur crépusculaire intégré<sup>9</sup>. Cette lampe à économie d'énergie dispose de cellules détectant la luminosité ambiante, allumant la lampe au crépuscule et l'éteignant à l'aube. Il est possible de régler la sensibilité des cellules pour adapter le niveau d'allumage et d'extinction.

## Fiche pratique : Comment faire varier la lumière d'une lampe fluocompacte ?

L'utilisation d'un variateur permet de moduler exactement la lumière en fonction des besoins et de diminuer la consommation de courant au prix cependant d'une perte d'efficacité lumineuse. Cependant une lampe fluocompacte à alimentation intégrée ne peut pas fonctionner avec un variateur, contrairement aux autres types de lampes.

Pour y remédier certains fabricants — comme OSRAM avec la DULUX ELVario — ont développé la lampe fluocompacte à variation de lumière... sans variateur!

Si on allume cette lampe, elle se met normalement en puissance maximale. Mais si on l'éteint puis la rallume en l'espace de 3 secondes, le flux lumineux (et donc la consommation de courant) est réduit de moitié. On peut ainsi réaliser un éclairage à deux positions dans un salon par exemple, sans aucun équipement supplémentaire.

Un tube fluorescent à alimentation séparée peut être équipé d'un ballast électronique à variateur de lumière : on dit alors que de tels ballasts sont "dimposables".

<sup>9</sup> MINILINX Automatic SYLVANIA ou DULUX EL Sensor 15 W OSRAM.

De plus en les couplant à un détecteur infrarouge ou une cellule photoélectrique, il est alors possible d'ajuster, avec un calculateur, la lumière requise exactement au niveau souhaitable en fonction de la présence de personnes et de la lumière naturelle. De tels dispositifs sont déjà utilisés sur des grandes installations et permettent de réduire de moitié les dépenses d'éclairage : ils préfigurent l'éclairage intelligent et économe de demain !

### Références

<sup>[A]</sup> Données pour l'année 1995 (Etudes INESTENE 1996, cahiers du CLIP n°7).

<sup>[B]</sup> Valeur moyenne mesurée sur des F4 dans la Drôme : 465 kWh/an (Cabinet SIDLER, ECODROME). D'autres études indiquent 400 kWh/an en Europe, 500 kWh/an au Japon... et 1 000 kWh/an pour l'Amérique du Nord (cahiers du CLIP n° 7).

<sup>[C]</sup> Comparatif entre lampes OSRAM. Lampe standard : incandescence en verre clair Classic A FR 75. Lampe halogène « crayon » : HALOLINE® 64688. Lampe halogène TBT : HALOSTAR® Standard 64440. Tube fluo-compact : LUMILUX® PLUS L 18/31-830 de diamètre 26 millimètres. Lampe fluocompacte : DULUX® EL Interna.

<sup>[D]</sup> Total des pertes tous usages confondus selon les « Statistiques 96/97 de la production/distribution d'énergie électrique en France » (DGEMP-DIGEC).

<sup>[E]</sup> Taux d'émission utilisés pour le cahier des charges du nouveau siège de l'ADEME à partir d'une répartition nucléaire/combustible donnée par EDF (1995) : 0,06 kg/kWh de CO<sub>2</sub> ; 0,40 g/kWh de SO<sub>2</sub> ; 1,64 E-07 m<sup>3</sup>/kWh de déchets nucléaires.

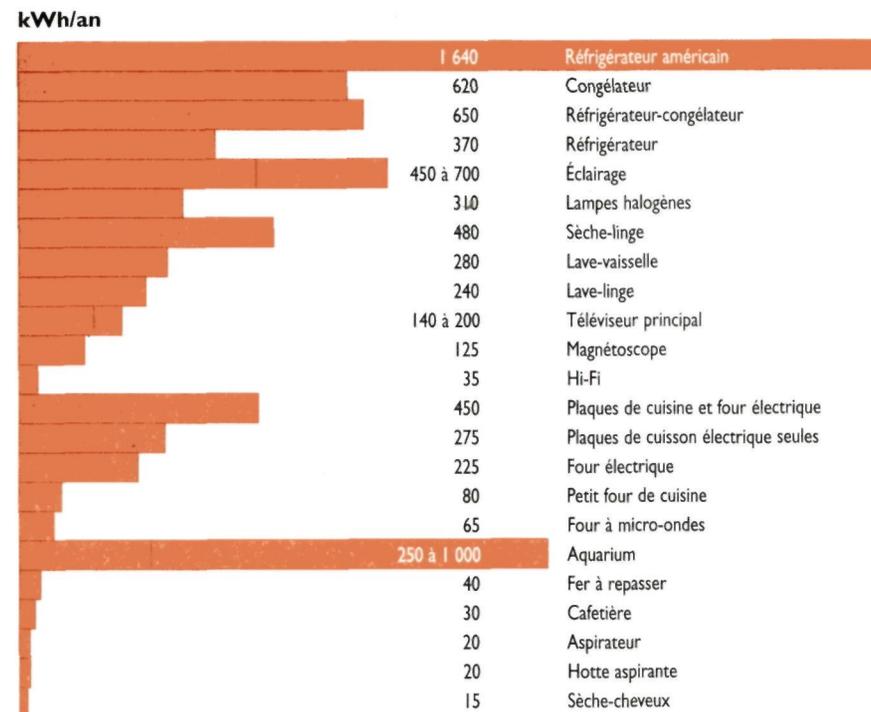
# Les appareils économes



## La consommation des appareils domestiques

Combien consomment nos différents appareils électro-ménagers en conditions normales d'utilisation ?

Curieusement, on ne le savait pas vraiment jusqu'à ce que de récentes campagnes de mesures fournissent des indications souvent surprenantes<sup>1</sup> :



<sup>1</sup> Résultats de la campagne de mesures CIEL en Saône-et-Loire réalisée par le cabinet Olivier Sidler pour l'ADEME, EDF et le programme européen SAVE. Ces résultats sont des moyennes de consommation d'énergie par type d'appareil : il existe de grandes disparités selon les habitudes des uns ou des autres.

Attention aux appareils très voraces, comme le gros réfrigérateur à production de glaçons ou la lampe halogène à éclairage en plafond. Un aquarium est aussi très gourmand, pouvant consommer à lui seul autant d'énergie que tout l'éclairage de la maison !

Un autre appareil peut gaspiller beaucoup d'énergie sans que l'on s'en rende compte : la pompe (appelée circulateur) d'une chaudière individuelle peut en effet tourner toute l'année 24 heures sur 24 si elle n'est pas correctement commandée par le thermostat du chauffage. C'est souvent le cas dans les chaudières anciennes ou lorsque le branchement n'a pas été bien fait. Des mesures ont montré que le circulateur peut alors consommer près de 500 kWh/an, au lieu de 60 normalement!

## L'étiquette "Énergie"

En France, depuis 1995, l'étiquette européenne "Énergie" doit être apposée sur les réfrigérateurs, congélateurs et combinés exposés à la vente. Elle précise la consommation annuelle de référence de l'appareil ainsi que sa classe énergétique au moyen d'une lettre-code de A (appareil très économe) à G (appareil très consommateur)<sup>2</sup>.

L'étiquette "Énergie" doit également être affichée sur les sèche-linge, les lave-linge et les lavantes-séchantes. Elle est obligatoire, et peut être exigée sur le lieu de vente si elle ne figure pas sur ces appareils.

Elle fera bientôt son apparition pour les lampes, les fours, les chauffe-eau électriques et les climatiseurs individuels.

Du meilleur (A) au moins bon (G), une lettre-code indique toujours la performance énergétique de l'appareil. D'autres indications apparaissent également, comme le volume utile pour les réfrigérateurs, la capacité de lavage en kilo ou la durée de vie pour les lampes.

<sup>2</sup> A noter qu'à partir d'octobre 1999, les industriels ne pourront plus commercialiser les appareils trop énergivores correspondant aux classes énergétiques actuelles D, E, F et G. L'échelle actuelle A - G sera alors repositionnée pour mieux représenter le marché.

*De A à G,  
un code à suivre  
à la lettre !*

## Comment se servir de l'étiquette Energie pour comparer deux appareils !

Avec l'étiquette Energie, il est possible d'avoir une bonne estimation du coût total de l'énergie consommée par un appareil électro-ménager sur toute sa durée de vie.

Ce calcul est simple<sup>3</sup> :

$$\begin{aligned} & \text{Consommation annuelle en kWh/an} \\ \times & \text{ Coût moyen de l'électricité F/kWh ou €/kWh} \\ \times & \text{ Durée de vie estimée de l'appareil en années} \\ = & \text{ Coût total de l'énergie consommée en Francs ou €} \end{aligned}$$

Le coût moyen de l'électricité (TVA, taxes et prorata d'abonnement inclus) peut être pris, en première approximation, dans le tableau suivant :

Tarifs EDF	Exemple d'utilisation	Coût moyen du kWh
Abonnement de base ou utilisation uniquement en heures pleines (HP)	Éclairage	0,75 F (0,114 €)
Utilisation uniquement en heures creuses (HC)	Appareil sur programmeur HC Cumulus sur contacteur HC	0,45 F (0,069 €)
Utilisation répartie heures creuses/pleines	Production de froid Chauffage électrique Cumulus électrique	0,60 F (0,091 €)

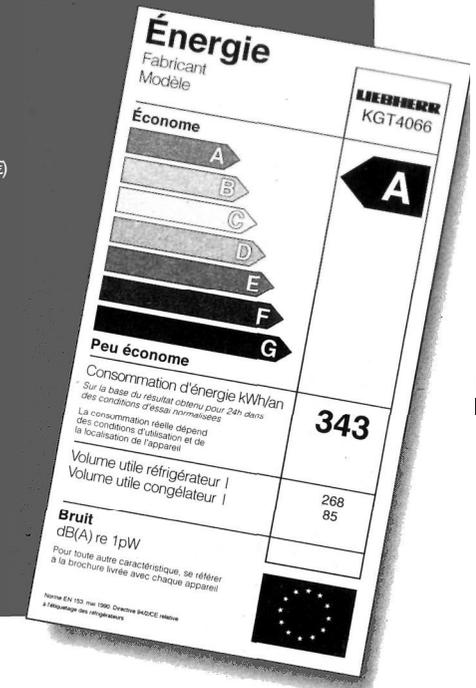
Prenons le cas d'un réfrigérateur vendu 3 000 F (457 €) pour lequel l'étiquette énergie indique une consommation de référence de 400 kWh/an. Sa durée d'utilisation est estimée à quinze ans.

Sur cette période, il coûtera en énergie :

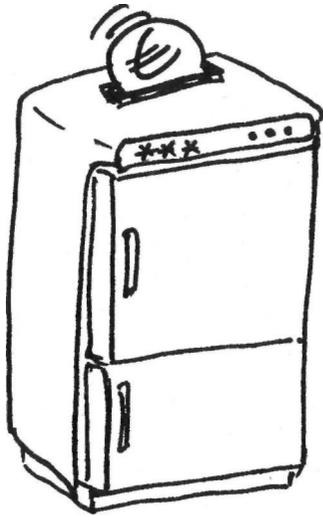
$$400 \text{ kWh/an} \times 0,60 \text{ F/kWh} \times 15 \text{ ans} = 3\,600 \text{ F (549 €)}$$

... soit bien plus que son prix d'achat!

Il est également intéressant de comparer le coût énergétique annuel de deux appareils. Par exemple, entre un appareil de classe A et un autre de classe D, il peut y avoir un écart de consommation annuelle de 300 F. Si la différence sur le prix est de l'ordre de 500 F, la différence de coût sera récupérée en moins de deux ans.



## Réfrigérateurs et congélateurs



### Infos

#### Gaz réfrigérants et effet de serre

Depuis début 1995, l'utilisation des chlorofluorocarbones (CFC) est interdite. Ces gaz ont été remplacés par deux fluides, le R 134a (hexafluorocarbène) et le R600a (isobutane). Le premier participe cependant à l'effet de serre et pourrait être interdit dans les prochaines années. Le second n'intervient pas sur l'effet de serre. C'est un gaz inflammable mais utilisé en faible quantité : un combiné réfrigérateur-congélateur n'en contient que 50 g contre 250 g pour un aérosol courant.

La production de froid consomme en moyenne de 400 à 1 000 kWh/an. Hors chauffage et eau chaude, c'est le poste de dépenses d'énergie le plus important d'un logement.

Il est possible de réduire fortement cette consommation en choisissant un appareil très bien isolé : sur un modèle courant, 86% des pertes proviennent en effet des déperditions de chaleur par les parois, 10% sont dues au refroidissement des aliments, et 4% seulement sont provoquées par les infiltrations d'air et l'ouverture des portes<sup>4</sup>.

Remplacer un vieil appareil sans attendre qu'il tombe en panne par un modèle très bien isolé (classe A ou B) s'avère donc un choix très vite gagnant, divisant par deux ou trois la consommation d'énergie.

Attention, au lieu des 60 centimètres habituels, les appareils super-isolés peuvent avoir 66 centimètres de largeur : il faut en tenir compte pour l'aménagement d'une cuisine intégrée.

Certains équipements ont par ailleurs une influence favorable (+) ou défavorable (−) sur la consommation d'énergie :

	Avantages ou inconvénients énergétiques	
Super-isolation (classe A)	Une très bonne isolation réduit fortement les pertes de chaleur	+++
Thermomètre intérieur	Permet d'ajuster précisément le thermostat à la bonne température	++
Dégivrage automatique	Evite les oublis de dégivrage...	+
Double compresseur	Meilleure régulation de la température Permet d'arrêter uniquement le réfrigérateur ou le congélateur durant une absence prolongée	+
Froid ventilé	Répartit mieux le froid et supprime la formation de givre, mais augmente la consommation électrique <sup>5</sup>	−

<sup>4</sup> Mesures sur un réfrigérateur standard de capacité 240 litres avec compartiment congélation de 30 litres. Programme de recherche NEFF 397.ARENA, Zurich, 1990. Source : Manuel RAVEL, OFQC Berne.

<sup>5</sup> L'option "froid ventilé" est surtout importante lorsque le taux d'humidité de l'air est élevé, comme en climat tropical, ce qui rend la formation de givre plus facile.

### Infos

#### Le problème du givre

On a cru pendant longtemps qu'une couche de givre, même très mince, entraînait une surconsommation importante en créant une couche isolante entre l'air intérieur et l'évaporateur. Des recherches récentes<sup>[A]</sup> ont montré qu'au contraire, une fine couche de givre diminuait un peu (5%) la consommation.

L'explication de ce paradoxe? Au début du givrage, de gros cristaux se forment, améliorant la surface d'échange et donc le rendement de l'évaporateur. Bien entendu cet avantage disparaît lorsque l'épaisseur de givre augmente.

Comme règle pratique, on peut retenir que jusqu'à 2 à 3 mm, il est inutile de dégivrer. Au-delà, c'est absolument indispensable : une couche de givre de plus de 5 mm peut entraîner une surconsommation

Enfin un gros "frigo-américain-avec-distributeur-de-glaçons" consomme à lui tout seul trois fois plus qu'un réfrigérateur-congélateur! Cet appareil cher et très vorace n'a pas sa place dans la maison des négawatts...

#### Quelques gestes simples

- > Réglez la température ni trop haute (4 à 6 °C au maximum selon les aliments), ni trop basse (les aliments se détériorent s'ils gèlent).
  - > N'hésitez pas à mesurer la température à différents endroits avec un thermomètre plongé dans un verre d'eau.
  - > Dépoussiérez tous les ans les bouches et grilles d'aération. Ne les bouchez surtout pas.
  - > N'installez pas votre réfrigérateur près d'une source de chaleur (four, plaque de cuisson, lave-vaisselle ou radiateur), ni à un emplacement souvent ensoleillé.
  - > Installez votre congélateur dans un endroit froid ou tempéré, mais pas sur un balcon où il surconsommerait pendant l'été.
  - > Un givrage rapide est le signe d'une mauvaise étanchéité de la porte.
  - > Si le moteur de l'appareil tourne pratiquement en permanence, cela peut vouloir dire qu'il y a eu une fuite de liquide réfrigérant. Faites réviser votre appareil par un spécialiste.
  - > Laissez refroidir les aliments cuisinés avant de les mettre au réfrigérateur.
  - > Pour éviter que les microbes prolifèrent, ne décongelez pas les aliments à l'air ambiant. Mettez-les d'abord dans le réfrigérateur... qui profitera du froid ainsi récupéré.
- ... soyez négawatt!

## Vaisselle à la main ou à la machine?

Depuis quelques années, les consommations d'eau et d'électricité des lave-vaisselle ont été considérablement réduites par les fabricants.

Alors, actuellement, qu'est-ce qui consomme le plus? Une vaisselle à la main sans gaspillage ou un lave-vaisselle<sup>[B]</sup> ?

Les lave-vaisselle actuels utilisent un peu moins d'eau et d'énergie que lors d'une vaisselle à la main, mais plus de produits de lavage. L'utilisation de détergents sans chlore ni phosphate réduit les risques de pollution.

	Vaisselle à la main	Lave-vaisselle (moyenne sur des modèles récents)	Lave-vaisselle performant avec raccordement à l'eau chaude
Nombre de couverts	12	12	12
Consommation d'énergie électrique <sup>6</sup>	1,6 à 2,0 kWh	1,4 kWh	0,55 kWh
Consommation d'eau	30 à 80 litres	19 litres	15 litres
Produits de lavage	8 g de détergent	30 g de détergent 3 g de produit de rinçage 50 g de sel régénérant	

Les appareils les plus performants sont nettement plus économes. Certains peuvent être branchés sur une arrivée d'eau chaude, fournie économiquement par des capteurs solaires, ou bien par une chaudière au gaz naturel ou au bois. Avec un raccordement à 55 °C, l'économie sur l'électricité peut alors atteindre 0,9 kWh.

Quelle énergie choisir pour faire la cuisine?

Transformer une énergie noble comme l'électricité en simple chaleur soulève les mêmes réserves que pour le chauffage. Beaucoup plus modulable et moins onéreux que l'électricité, le gaz (butane, propane ou gaz naturel) est bien mieux adapté aux tâches culinaires dans la maison des négawatts.

La consommation des cuisinières électriques à plaque de cuisson en vitrocéramique est un peu inférieure (- 5 à 10%) à celle des plaques électriques en fonte, car il faut chauffer une masse moins importante. Les plaques à induction sont normalement plus économes (- 30%), mais une récente étude<sup>[C]</sup> a montré que certaines consommaient des énergies de veille importante (70 kWh/an). C'est cependant moins le type de plaques mais davantage la manière de les utiliser qui pèse ou non sur la consommation d'énergie.

Un four à micro-onde permet des économies d'énergie lorsqu'il sert à chauffer de petites quantités. À l'inverse, il n'est pas intéressant de cuire au micro-onde un plat contenant beaucoup d'eau.

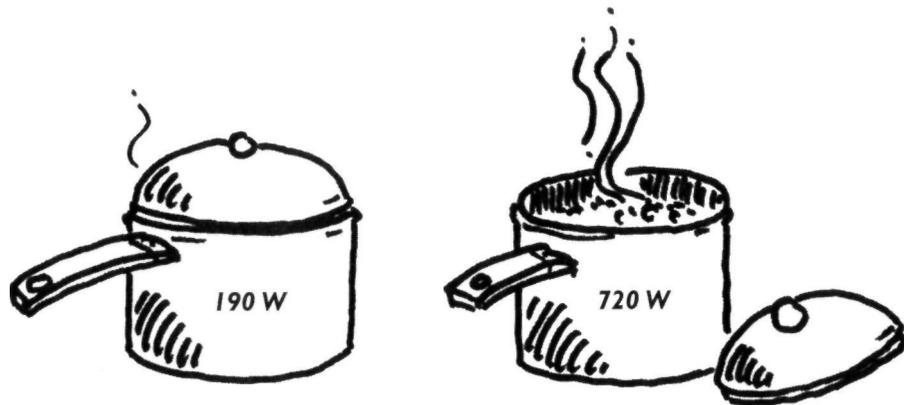
Certains fours disposent d'un équipement d'auto-nettoyage. Un système catalytique ne consomme pas d'énergie supplémentaire. La pyrolyse s'effectue à 500 °C : elle est plus efficace que la catalyse mais consomme de 3 à 5 kWh par opération, soit autant que cinq à huit cuissons normales<sup>7</sup>!

Enfin la cuisson à l'étouffée<sup>8</sup> ou avec une cocotte-minute sont les modes de cuisson les moins gourmands en énergie.

<sup>6</sup> Lave-vaisselle performants type AEG öko-Favorit 8081 ou de la marque suédoise ASKO. Ces valeurs ne tiennent pas compte de ce qu'on appelle l'énergie "grise" du lave-vaisselle, c'est-à-dire de l'énergie nécessaire pour produire tous ses composants et de celle permettant de le fabriquer, le transporter et finalement l'éliminer en fin de vie.

<sup>7</sup> La pyrolyse évite cependant l'emploi de produits détachants nuisibles à l'environnement.

<sup>8</sup> Des accessoires de cuisine (trop peu utilisés en France) permettent de notables réductions d'énergie. Ainsi le "dôme de cuisson" vitré avec gouttière de récupération des graisses qui s'adapte sur des poêles ou casseroles rondes pour la cuisson à l'étouffée des aliments.



Remarquable invention, le couvercle de casserole permet de réduire considérablement la consommation d'énergie : pour maintenir 1,5 litre d'eau en ébullition sans couvercle il faut une puissance de 720 watts. Avec un couvercle, 190 watts suffisent<sup>[9]</sup> !

#### Pour que gastronomie rime avec économie

- > Inutile de faire bouillir trop d'eau : par exemple, n'utilisez que la quantité juste nécessaire pour la cuisson des légumes.
- > Mettez le plus souvent possible un couvercle sur les casseroles pendant la cuisson.
- > Baissez le feu au minimum dès que l'eau est à ébullition.
- > Ne mettez pas de casseroles sur une plaque trop grande.
- > Arrêtez les plaques électriques avant la fin de la cuisson : elles resteront chaudes plusieurs minutes.
- > Ne décongelez pas des aliments non cuits au four à micro-ondes : cela consommera inutilement de l'énergie et risque de les pré-cuire.

... soyez négawatt !

## Lave-linge

Pendant sa durée de vie normale un lave-linge va consommer en électricité et en eau à peu près son coût d'achat. Et sur 10 ans, la différence de consommation entre deux lave-linge de même capacité peut dépasser 2500 F (381 €)<sup>9</sup> :

<sup>9</sup> Sur la base de 5 cycles par semaine - 17 F/m<sup>3</sup> - 0,70 /kWh électrique.

	Consommation pour un cycle de référence 60 °C	Consommation sur 10 ans	Coût total sur 10 ans
Appareil gourmand	1,4 kWh	3640 kWh	6750 F
	95 litres	247 m <sup>3</sup>	(1030 €)
Appareil économe	0,95 kWh/cycle	2470 kWh	3950 F
	50 litres	130 m <sup>3</sup>	(600 €)

Pour choisir votre lave-linge, trois critères sont importants : la consommation d'énergie, la consommation d'eau et la vitesse d'essorage. Ces trois valeurs sont indiquées sur l'étiquette énergie, obligatoire en France pour les lave-linge depuis janvier 1999. Elle renseigne également sur les performances de lavage et de rinçage grâce à une échelle graduée de A (très bon) à G (très mauvais).

En plus de l'étiquette énergie, il existe pour les lave-linge un "éco-label européen". Celui-ci garantit que l'appareil est économe en énergie et en eau (il est nécessairement de classe A ou B) et qu'il respecte mieux l'environnement depuis sa fabrication jusqu'à sa mise en décharge. Cet éco-label est symbolisé par une petite fleur située sur l'étiquette énergie, sous le curseur A ou B.

D'autres possibilités sont proposées par les fabricants. Quelles en sont les avantages (+) ou les inconvénients (-) sur les consommations d'énergie et d'eau ?

Touche "éco"	Réduit la température de lavage à 40 °C, mais augmente le temps de brassage	+
	Economise l'eau par adaptation à la quantité de linge. Il est toujours préférable de faire tourner la machine à pleine charge	+
Touche demi-charge	Réduit en principe de 20 à 30% la consommation en eau et en électricité. Cependant une machine à pleine charge consommera moins que deux cycles à demi-charge	=
Touche "Rinçage plus"	Demande 6 à 7 litres d'eau supplémentaires	-
Prélavage	Augmente de 15 à 20% la consommation en eau et électricité. Le prélavage n'est plus vraiment indispensable sur les machines actuelles	--

La vitesse d'essorage est un critère de choix important si on utilise régulièrement un sèche-linge : plus elle est élevée, plus le séchage sera rapide et

## Infos

Le poids réel du linge introduit dans une machine complètement remplie est très souvent inférieur à 5 kilos parce que le linge est mis en vrac. Un rapide pliage permet de charger plus la machine, sans diminuer l'efficacité du lavage.

donc économique. Dans ce cas il faut choisir un appareil ayant une vitesse d'essorage supérieure à 900 tours/minute.

Enfin si l'on dispose d'une source d'eau chaude sanitaire à bon marché (solaire, pompe à chaleur, gaz naturel ou bois), le choix d'un modèle à double alimentation (eau chaude/eau froide) peut être très vite rentabilisé<sup>10</sup>.

### Quelques gestes simples

- > Remplissez votre machine toujours au maximum en n'hésitant pas à tasser le linge.
- > Nettoyez souvent le filtre.
- > Préférez les cycles de lavage à basse température.
- > Lavez à une température maximum de 60 °C : ne choisissez le programme à 90 °C que lorsque le linge est exceptionnellement sale. Vous économiserez ainsi entre 1 et 2 kWh par lavage.
- > Essorez à grande vitesse.

soyez négawatt !



l'air dans la pièce où ils se trouvent pour l'évacuer au dehors, chargée de l'humidité du linge. Si la pièce est chauffée, le gaspillage est certain.

Par ailleurs le linge sèche beaucoup plus vite si la vitesse d'essorage du lave-linge est élevée : un essorage à 500 tours/minute n'élimine que 35% d'eau, contre plus de 50% à 1100 tours/minute. Comme l'essorage consomme beaucoup moins d'énergie que le séchage, une vitesse élevée réduit considérablement la consommation d'énergie :

Vitesse d'essorage	400 t/mn	800 t/mn	1100 t/mn
Séchage à l'air libre	12 heures	6 heures	5 heures 30
Sèche-linge	3 heures 30	70 minutes	50 minutes
Consommation d'électricité moyenne	7 kWh	3 kWh	

## Infos

Pendant des générations, pour sécher du linge, il a suffi d'un peu de soleil, d'un fil d'étendage et de quelques pinces à linge. Quelques francs d'investissement, des frais d'énergie nuls, une pollution zéro, et de surcroît le linge sentait bon...

L'inventeur méconnu de la pince à linge devrait recevoir le grand prix de l'efficacité énergétique !

Quelques sèche-linge de classe A sont apparus sur le marché allemand et néerlandais. Fonctionnant comme une pompe à chaleur", cette nouvelle génération de sèche-linge réduit de moitié la consommation d'énergie par rapport aux appareils conventionnels fonctionnant à l'aide d'une résistance électrique.

Enfin, des sèche-linge au gaz sont utilisés depuis longtemps en Angleterre et sont maintenant commercialisés en Allemagne. Ils réduisent de plus de 60% le coût d'un cycle de séchage. Un appareil intéressant pour ceux qui disposent du gaz de ville.

## Le séchage du linge

### Infos

Les lavantes-séchantes sont des lave-linge qui ont été modifiés pour sécher une demi-charge de linge. Leur cycle de séchage est rarement optimisé.

De plus, avec ces appareils, non seulement le séchage consomme de l'énergie, mais aussi de l'eau : pour condenser l'humidité présente dans le linge, on utilise de l'eau froide. Ainsi dans certaines lavantes-séchantes on utilise presque autant d'eau pour sécher le linge que pour le laver!

Le sèche-linge est un appareil très gourmand en énergie : sécher le linge demande deux fois plus d'énergie que pour le laver!

Si cela est possible, il est préférable de s'en passer et de sécher son linge à l'air libre ou dans un local bien ensoleillé : aménager une serre-séchoir lors de la conception ou la rénovation d'un logement s'avère particulièrement économique.

Il existe deux familles de sèche-linge : les appareils à condensation et ceux à évacuation. Les premiers consomment un peu plus, mais gardent la chaleur dans la pièce. Les seconds sont un peu moins chers à l'achat, peuvent consommer moins, mais puisent

<sup>10</sup> Ce type d'appareil existe chez SIEMENS, BOSCH, AEG, FAGOR.

## Les consommations cachées

De plus en plus d'appareils restent inutilement en mode veille toute la journée, que ce soit à la maison (téléviseur, magnétoscope, décodeur TV, chaîne hi-fi) ou au bureau (ordinateur, télécopieur, imprimante). D'autres consomment encore du courant alors qu'on

<sup>11</sup> C'est-à-dire sur un cycle thermodynamique avec condenseur et évaporateur, comme un appareil producteur de froid. L'énergie électrique sert à compresser un liquide réfrigérant.

les croit éteints, comme certaines radios ou lecteurs-cassettes, les combinés radio/cassette/CD, les chargeurs de batterie pour téléphone ou pour divers outils de bricolage, etc.

Toutes ces petites consommations électriques cachées passent inaperçues : elles sont invisibles<sup>12</sup>, ou bien elles ne se manifestent que par une petite lampe-témoin, comme la petite diode rouge d'une télévision arrêtée par télécommande.

Inaperçues, mais cependant bien réelles : voici quelques valeurs courantes en mode veille<sup>[E]</sup> :

Téléviseur	8 à 20 W
Magnétoscope	5 à 19W
Décodeur Canal +	9 à 16W
Démodulateur d'antenne satellite	13 à 15W
Lecteur de CD	0 à 21W
Ampli d'antenne TV individuel	1 à 2W
Radio-réveil	1 à 3W
Poste de radio ou radiocassette	0 à 2W
Chargeur d'accumulateurs vide	1 à 2W
Téléphone sans fil	1 à 6W
Téléphone fax	8 à 11W
Minitel 2	7W
Répondeur téléphonique	2 à 6W
Photocopieur	11 à 25W
Imprimante	0 à 3W
Fax	10 à 20W
Lampe halogène	0 à 10 W
Four à micro-onde	2 à 9W
Horloge de cuisinière électrique	1 à 4 W
Machine à café	2 à 4 W
Brosse à dents électrique	1 à 2W
Horloge électronique	1 à 3W
Console vidéo	1W

*Petites veilles,  
grandes dépenses!*

À première vue, ces petites puissances semblent ridiculement faibles et sans grandes conséquences. Qu'est-ce que quelques watts en comparaison, par exemple, des 1000 W d'un fer à repasser?

<sup>12</sup> Comme, par exemple, à chaque fois que le courant arrive sur le primaire du transformateur d'alimentation.

Or ces appareils restent en veille de 18 heures à 24 heures toute l'année, 365 jours par an. Les consommations correspondantes finissent ainsi par représenter une part non négligeable de nos dépenses d'électricité.

Par exemple, il est courant que dans un logement restent constamment en veille une télévision (15 W), un magnétoscope (10 W), une petite chaîne hi-fi (10 W) une lampe halogène (6 W), un four à micro-onde (5 W) et deux horloges électroniques (2 x 2 W).

Le total de ces énergies cachées est de 50 W : autrement dit cela revient à laisser allumer pratiquement jour et nuit une lampe de 50 W, et la consommation annuelle correspondante est de... 400 kWh<sup>13</sup>!

400 kWh/an, c'est autant qu'un gros réfrigérateur, trois fois plus qu'un très bon réfrigérateur de classe A et dix fois plus que la consommation annuelle d'un fer à repasser.

Additionnées, toutes ces petites consommations cachées finissent donc par avoir des conséquences bien visibles, : pour l'ensemble des pays de l'Union européenne, les appareils domestiques en veille mobilisent la production permanente de huit réacteurs nucléaires<sup>14</sup>!

### Audio-visuel : attention au mode veille!

Vous regardez la télévision 3 heures par jour : si votre téléviseur a une puissance en marche normale de 80 W, il consommera durant ce temps 80 W x 3 h = 240 Wh.

<sup>13</sup> Soit 50W x (20 à 24 h selon appareils) x 365 jours.

<sup>14</sup> Une étude suisse indique une puissance moyenne de 60 W en veille par ménage dans ce pays. Avec une hypothèse de 50 W en permanence (soit 440 kWh/an) pour les 120 millions de foyers de l'Union européenne, la consommation correspondante est d'au moins 53 TWh. Or, en France, en 1997, 376 TWh ont été produits par 56 réacteurs, soit 6,7 TWh par réacteur en moyenne.

Huit réacteurs nucléaires (53/6,7) sont donc mobilisés dans l'Union européenne pour ces consommations de veille des seuls ménages. En France 1,25 réacteur ne sert qu'à cela!

Pas facile d'éliminer les veilles de ses appareils audio-visuels. Par exemple des chaînes hi-fi bon marché sont maintenant vendues sans interrupteur marche/arrêt. L'extinction se fait uniquement en mode veille par la télécommande. Et si on débranche l'appareil, la programmation en mémoire n'est conservée que durant quelques minutes... On peut cependant placer soi-même des interrupteurs sur le fil d'alimentation de certains appareils (petite chaîne hi-fi, radio, radio/cassette) ou bien brancher plusieurs appareils (hi-fi, TV, magnétoscope) sur une prise multiple possédant un interrupteur.

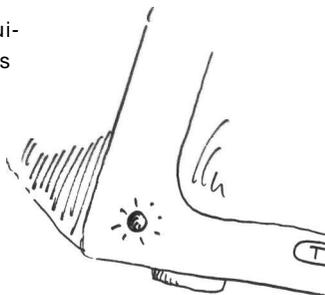
Il existe, venant d'Allemagne, des boîtiers électroniques permettant de réduire le niveau de veille à moins de 1 W. Ils permettent par exemple de continuer à allumer ou éteindre un poste de télévision avec la télécommande. Assez onéreux individuellement, leur surcoût ne serait que de quelques dizaines de francs s'ils étaient incorporés dès l'origine dans tous nos appareils électroniques et de bureautique. Qu'attend-t-on pour le faire ?

Le reste de la journée (soit 21 h) vous laissez votre téléviseur en mode veille (15 W), après l'avoir éteint avec la télécommande. Il consommera durant cette période  $15 \text{ W} \times 21 \text{ h} = 315 \text{ Wh} \dots$

Étonnante conclusion : la télévision vous coûte plus cher... lorsque vous ne la regardez pas !

La plupart des équipements audio-visuels (magnétoscopes, décodeur Canal Plus, modulateurs satellitaires) sont également de gros consommateurs de veille. Ainsi un décodeur Canal Plus

consomme de l'ordre de 17 W en permanence, soit 150 kWh/an, ce qui revient aussi cher qu'un mois d'abonnement!



## Ordinateurs, fax et photocopieurs

Un ordinateur de bureau courant consomme entre 80 W (écran 14") et 200 W (écran 19"). Un ordinateur portable est beaucoup moins gourmand : de 15 à 25 W seulement. Les écrans à cristaux liquides ont maintenant une qualité remarquable et consomment, avec éclairage de fond, 10 fois moins qu'un tube cathodique. Choisir un ordinateur portable, surtout pour une utilisation fréquente, permet donc d'économiser de 200 à 400 kWh/an.

Un ordinateur de bureau mis en mode "veille" ou "suspension d'activité" par l'utilisateur ou le logiciel système consomme encore 20 à 60 W : il est préférable de l'éteindre complètement lors d'une pause prolongée.

Avec une puissance en veille de l'ordre de 15 W, un télécopieur gaspille 130 kWh/an uniquement à attendre des fax! Il est donc important, avant d'en acheter un, de se renseigner sur sa consommation.

Il existe sur le marché des télécopieurs pour lesquels les puissances de veilles sont inférieures à 2 watts<sup>15</sup>. Intégrer une carte modem-fax à un ordinateur de bureau peut engendrer des surconsommations inutiles si l'on est obligé de laisser l'ordinateur allumé 24 heures sur 24 : il est alors préférable d'utiliser un boîtier externe avec mémoire autonome<sup>16</sup>.

Les différents types d'imprimante ont des consommations d'énergie très différentes : sur une imprimante à laser, la vitesse d'impression élevée exige des hautes températures du four pour la cuisson et la fixation du toner sur le papier. Les consommations sont donc au moins trois fois plus importantes que pour une imprimante à jet d'encre. Si l'on est contraint d'utiliser une imprimante laser, il faut veiller à ce que l'appareil ne reste pas en service toute la journée, mais soit mis en veille le plus rapidement possible.

Les photocopieurs fonctionnent comme une imprimante laser, nécessitant lorsqu'ils ne sont pas en service «ne forte énergie de veille pour l'électronique et le chauffage du cylindre. Certains modèles sont cependant équipés de systèmes permettant de se mettre en veille rapidement et à faible puissance.



<sup>15</sup> Par exemple : Canon Multipass 10, Ricoh Fax 3700 L et 4700 L.

<sup>16</sup> Il existe (par exemple OLITEC Smart Memory) des modem-fax-répondeur-enregistreur à mémoire intégrée permettant d'enregistrer sous forme numérique tous les messages arrivant lorsque l'on est absent. Ce même boîtier peut aussi rechercher tout seul les messages électroniques arrivés sur sa boîte aux lettres.



## Références

<sup>[A]</sup> Recherches effectuées par le fabricant BOSCH, citées dans le manuel RAVEL, OFQC Berne.

<sup>[B]</sup> INFEL (Suisse), ENERCO (étude d'Alain Gaumann) et GreenPeace Belgique.

<sup>[C]</sup> Étude Ecuelle, cabinet Sidler, 1999.

<sup>[D]</sup> INFEL, ENERCO (Gaumann).

<sup>[E]</sup> Cabinet Olivier Sidler, Alain Gauman (ENERGECO, Suisse), Mesures GEFOSAT.

<sup>[F]</sup> Manuel Ravel, OFQC Berne.

## La consommation d'eau dans la maison

Lorsqu'on ouvre un robinet, il coule de l'eau potable, prête à être utilisée, quasi inépuisable...

Ce geste est devenu tellement banal que nous avons oublié que l'eau douce est une ressource précieuse et peu abondante sur Terre.

99,7% de l'eau terrestre est salée ou congelée. Le reste (0,3 %) est difficilement récupérable, ou déjà pollué : ainsi un tiers des eaux souterraines françaises ont un taux de nitrates supérieur aux normes de potabilité <sup>sanitaires</sup><sup>1</sup>.

Chaque français utilise aujourd'hui entre 150 et 200 litres d'eau potable par jour pour ses besoins personnels dont 7% seulement pour l'alimentation, et 93% pour l'hygiène, les travaux de lavage et de nettoyage.

Or, comme pour l'énergie, la consommation n'a fait qu'augmenter ces dernières années : nous utilisons huit fois plus d'eau que nos grands-parents!

Comme pour l'énergie, il est devenu impératif de réapprendre à ne plus gaspiller...

Pour cela il nous faut tout d'abord adopter, dans notre vie quotidienne, quelques « gestes simples » qui évitent des consommations inutiles.

On peut ensuite installer différents appareils économiseurs — comme les limiteurs de débit ou les WC à double capacité — pour n'utiliser, pour chaque usage, que la quantité d'eau vraiment nécessaire.

Il faut enfin choisir avec soin le système de production d'eau chaude. C'est un poste important de dépenses, pour lequel il est possible de faire un joli

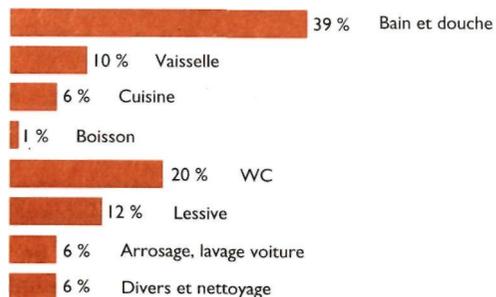
<sup>1</sup> Actuellement la norme européenne est de 50 milligrammes par litre. Aux États-Unis elle n'est que de 25 mg/l.

### Infos

Réduire nos besoins en eau potable, c'est aussi économiser l'énergie qu'il faut pour la pomper, la traiter, la distribuer sous pression puis enfin assainir les eaux usées : toutes ces opérations consomment plus d'un kWh par m<sup>3</sup>.

## Nous consommons huit fois plus d'eau que nos grands-parents

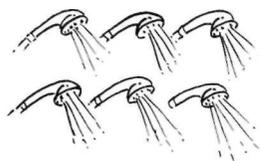
coup double : en diminuant la facture d'eau on réduit, dans le même temps, la facture d'énergie.



### Petits gestes pour ne pas gaspiller l'eau

Quelques gestes simples permettent de réduire facilement la consommation d'eau.

- Il est inutile d'ouvrir le robinet en grand ni de laisser couler l'eau de façon continue pour se raser ou se brosser les dents.
- Une douche consomme 15 à 25 litres d'eau chaude si l'on veille à ne pas la gaspiller (par exemple en refermant le robinet pendant que l'on se savonne) et plus de 60 litres si on laisse couler l'eau en permanence.
- Rien de plus agréable qu'un grand bain : il faut cependant savoir qu'il consomme quatre à six fois plus d'eau chaude qu'une douche rapide.



Dans le jardin, il faut bien sûr arroser tôt le matin ou tard le soir pour éviter que l'eau ne s'évapore. Tenir compte des prévisions météo permet également d'éviter de gaspiller de l'eau si de la pluie est annoncée.

Le lavage d'une voiture au jet nécessite environ 200 litres d'eau. Utilisez plutôt un seau et une éponge.

- Il est indispensable de surveiller les fuites et de ne pas attendre pour les réparer : un robinet qui goutte en permanence perd de 5 à 15 m<sup>3</sup> par an, un mince filet d'eau au robinet gaspille une dizaine de litres d'eau à l'heure, soit près de 100 m<sup>3</sup> par an...

- Enfin une fuite sur une chasse d'eau peut facilement dilapider 200 à 300 m<sup>3</sup> par an, soit autant que la consommation de toute une famille!

### Fiche pratique : Comment détecter une petite fuite d'eau ?

Un WC peut fuir de façon peu visible, une fuite peut se produire dans une partie cachée ou encastrée de votre installation. Or celle-ci, même légère, peut à la longue être importante : une fuite égale à un grand verre d'eau en une heure finit par faire un volume de 1 m<sup>3</sup> par an.



#### Comment détecter une petite fuite d'eau ?

- Procédez un soir, pendant la nuit, ou à une période où il y a peu de monde chez vous, en veillant à ce qu'aucun appareil utilisant de l'eau ne puisse se mettre en marche (comme un lave-linge ou lave-vaisselle sur programmation).
- Notez l'heure et le volume d'eau sur l'index de votre compteur<sup>2</sup>, au litre près, c'est-à-dire avec trois chiffres après l'indication des mètres cubes (par exemple 2305,112 m<sup>3</sup>).
- Notez quelques heures plus tard l'index de votre compteur (par exemple 2305,132 m<sup>3</sup> au bout de 5 heures).

#### Le débit de fuite sera égal à :

$$2305,132 \text{ m}^3 - 2305,112 \text{ m}^3 = 0,020 \text{ m}^3 = 20 \text{ litres pour 5 heures soit 4 litres/heure.}$$

Ce type de fuite peut se produire si le joint du mécanisme de WC est usé. Elle peut ne faire aucun bruit et être peu visible sur les parois de la cuvette. Elle dilapide cependant 35 m<sup>3</sup> d'eau par an et coûte près de 600 F (91 €)... soit cent fois plus que le joint fautif<sup>3</sup>!

#### À titre indicatif, voici quelques valeurs souvent rencontrées<sup>TM</sup> :

Robinet qui suinte	0,1 litre/h	1 m <sup>3</sup> /an
Petit goutte à goutte	0,5 litre/h	5 m <sup>3</sup> /an
Robinet qui goutte	1,5 litre/h	15 m <sup>3</sup> /an
Fuite légère de chasse d'eau	3 litres/h	30 m <sup>3</sup> /an
Filet d'eau au robinet	10 litres/h	90 m <sup>3</sup> /an
Chasse d'eau qui coule	30 litres/h	250 m <sup>3</sup> /an
Robinet oublié dans un jardin	60 litres/h	500 m <sup>3</sup> /an

Enfin, si la fuite d'un WC n'est pas très visible, on peut utiliser du bleu de méthylène pour s'assurer de la réelle étanchéité du réservoir.

<sup>2</sup> Certains compteurs (à hélice classe A ou B) peuvent donner des indications peu précises pour de très faibles débits.

<sup>3</sup> Pour un prix moyen de l'eau de 17 F/m<sup>3</sup> (2,6 €)•

## Les appareils économiseurs d'eau

### De l'eau à la (bonne) pression

Les équipements sanitaires sont conçus pour fonctionner sous une pression d'environ 3 bars<sup>4</sup>. Or cette pression engendre, à l'utilisation, un débit trop important pour de nombreuses utilisations courantes. Beaucoup d'eau est alors inutilisée et s'en va directement à l'évier.

Se laver les mains, par exemple, est aussi efficace lorsque l'eau s'écoule à 6 litres/minute que pour un débit de 12 litres/minute, valeur courante sous 3 bars. Le service rendu est le même, mais la consommation est divisée par 2 !

Pour baisser de façon significative sa consommation d'eau, il faut donc adapter la pression et le débit à chaque type d'utilisation.

Si la pression du réseau est supérieure à 3 bars, le plus efficace est de placer un **réducteur de pression** en amont de toute la distribution d'eau dans le logement, c'est-à-dire juste après le compteur. Lorsque la pression est réduite de moitié, le débit diminue d'environ 30%. Gain de l'opération : jusqu'à 500 F/an (76 €/an)<sup>5</sup> !

Il est également possible de visser des embouts **limiteurs-régulateurs** de débit sur les robinets d'un lavabo ou d'un évier. Ils permettent de maintenir le débit d'eau<sup>6</sup> à une valeur constante (6 à 8 litres/minute au lieu de 12), et sont particulièrement utiles si la pression est fluctuante.

Un autre accessoire permet de maintenir une vitesse d'eau suffisante en réduisant le débit : ce sont des **embouts mousseurs** permettant d'« aérer »

<sup>4</sup> Dans les étages inférieurs d'un immeuble l'alimentation par le réseau se fait souvent à une pression supérieure à 3 bars, ce qui augmente rapidement l'usure et l'entartrage des équipements sanitaires.

<sup>5</sup> L'économie d'eau peut atteindre 40% sur les points d'utilisation concernés (lavabo, évier, douches) représentant le tiers des postes de consommation d'eau d'un foyer. Pour 4 personnes, l'économie annuelle est donc de 30 m<sup>3</sup> par an, soit 500 F/an (78 €/an). Hors pose, un réducteur de pression coûte environ 100 F (15,2 €).

<sup>6</sup> Lorsque la pression augmente, un joint torique réduit le passage de l'eau et limite le débit. À l'inverse, lorsque la pression diminue, le passage augmente. Dans un sens comme dans l'autre, le débit est maintenu à une valeur constante.

### Infos

#### Bien choisir les économiseurs d'eau

Il est préférable de se fournir chez des grossistes spécialisés, et d'acquérir du matériel de qualité conçu pour les collectivités ou les lieux où les besoins d'eau sont importants (hôtels, hôpitaux, clubs sportifs). Les accessoires « grand public » sont souvent moins bien conçus, comme les mousseurs ne comportant qu'une simple rondelle en caoutchouc.

l'eau tout en gardant un confort d'utilisation suffisant<sup>7</sup>.

Quelques robinets sont également munis d'une **touche économique** (bouton vert) qui réduit de moitié le débit.

Sur une douchette, un limiteur-régulateur adapte le débit à environ 12 litres/minute au lieu de 18 en moyenne. Il doit être placé de préférence avant le flexible pour ne pas créer de surpression dans celui-ci. Sur d'autres modèles de douchette, comme les **douchettes à turbulence**, la propulsion de l'eau par une buse provoque une aspiration d'air. Celui-ci est mélangé à l'eau, réduisant ainsi la consommation à 8 l/mn tout en multipliant par 4 la surface d'eau en contact avec le corps.

Pour les douches équipées d'un mélangeur (2 robinets) et non d'un mitigeur (1 robinet), il est utile de placer avant le flexible un « **stop-douche** », qui permet d'arrêter l'écoulement sans avoir à reprendre à chaque fois le réglage eau chaude-eau froide.

Enfin des **robinets temporisés** coupent automatiquement l'écoulement au bout d'un certain temps d'utilisation. Vendus en grandes surfaces, ils peuvent être utiles avec de jeunes enfants étourdis ou pour des locaux collectifs.



Vue en coupe d'un limiteur-régulateur de débit DWEO-Cascade de NEOPERL

<sup>7</sup> Si l'on produit de l'eau chaude par une chaudière gaz murale sans accumulation, il faut cependant veiller à ne pas trop limiter le débit : au-dessous d'une certaine valeur de débit de soutirage au robinet, l'allumage risque de ne pas s'effectuer.

### Le problème de la fermeture de la chasse...

#### Infos

#### La brique dans les WC, une fausse bonne astuce

Contrairement à une idée très répandue il ne faut pas mettre une brique dans la cuvette d'un WC pour en limiter la capacité. Pour au moins trois raisons :

- l'effet de chasse risque d'être plus faible : on risque donc souvent d'avoir à s'y reprendre à deux fois ;
- une brique pleine courante a un volume de 1,3 litre seulement : le volume d'eau évacué est nettement moins réduit qu'avec un système diminuant la capacité de moitié ;
- la brique peut s'effriter avec le temps. De petites particules abrasives d'argile cuite risquent alors de s'infiltrer sous le joint, de s'y incruster... et de provoquer ainsi une fuite d'eau permanente !

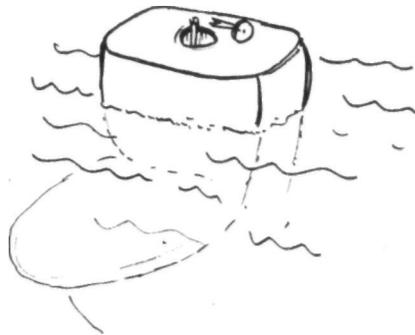
Les WC sont très souvent le premier poste de consommation d'eau dans un logement. À chaque utilisation, huit à douze litres d'eau repartent vers l'assainissement. Faut-il vraiment, pour nos petits besoins, gaspiller à chaque fois autant d'eau potable?

Les anciens modèles de WC ont des réservoirs allant jusqu'à 15 litres. Dans ce cas, aucune hésitation : il faut changer tout l'ensemble pour un modèle de capacité 6 litres<sup>8</sup>.

Conçus pour les modèles récents, les mécanismes de WC avec réservoir à double capacité (3 litres/6 litres) permettent de faire varier la consommation d'eau en fonction des besoins. L'économie est considérable : de 30 à 40 m<sup>3</sup> par an pour une famille de quatre personnes, soit 600 F (91 €) par an !

Il existe aussi des mécanismes moins performants qui permettent d'arrêter volontairement l'écoulement d'eau avant vidage complet de la cuvette.

Enfin, si l'on ne souhaite pas changer de mécanisme, il est souvent possible de régler la position du flotteur ou bien d'insérer dans le réservoir des plaquettes permettant de limiter le volume d'eau évacué.



<sup>8</sup> Il est préférable de changer l'ensemble réservoir, cuvette et mécanisme pour un meilleur résultat : l'effet de chasse serait insuffisant si 6 litres d'eau seulement étaient évacués dans une cuvette ancienne conçue pour un volume supérieur.

<sup>9</sup> Diffusée par ADM Plus. Ces éco-plaquettes sont une solution rapide et intéressante en rénovation lorsqu'on ne souhaite pas remplacer un vieux WC.

### Ne pas gaspiller l'eau chaude : une double économie sur vos factures d'eau et d'énergie

Sans incidence sur le confort, il est possible de faire d'importantes économies sur la consommation d'eau chaude.

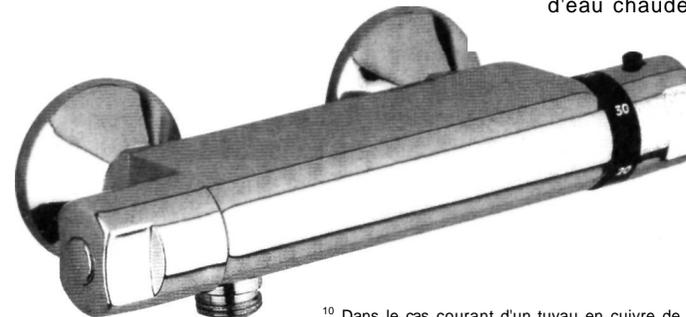
Tout d'abord il faut veiller à ce que les conduites d'eau chaude soient bien isolées et les plus courtes possible entre le chauffe-eau et les robinets de la cuisine et de la salle de bain. En effet une conduite remplie d'eau qui s'est refroidie doit d'abord se vider complètement avant que de l'eau ne sorte de nouveau chaude du robinet. Ainsi pour 15 mètres de canalisations, il faudra soutirer de l'eau pendant 13 secondes avant d'obtenir de l'eau chaude. Si ce geste se répète dix fois par jour, le coût annuel de l'eau chaude ainsi gaspillée est de l'ordre de 300 F (46 €)<sup>10</sup>!

Outre les réducteurs de débit, plusieurs appareils permettent de faire des économies à l'utilisation :

- un mitigeur économise de 10 à 15% par rapport à un mélangeur traditionnel à 2 robinets, eau chaude et eau froide.
- un robinet thermostatique permet de régler directement le niveau de température souhaité. Surtout utile pour les douches, il évite de perdre beaucoup d'eau en réglant la température. Il économise jusqu'à 30% d'eau chaude.

Enfin pourquoi ne pas faire appel au soleil? Un chauffe-eau solaire peut fournir en France 40 à 70% de l'énergie nécessaire à la production d'eau chaude. Sans aucune pollution et sans envoyer de facture.

Robinet thermostatique.



<sup>10</sup> Dans le cas courant d'un tuyau en cuivre de 13/16 mm et d'une vitesse d'écoulement de 12 m/s. L'eau potable ainsi gaspillée représente 6,4 m<sup>3</sup>/an soit 100 F/an (15,2 €). Si toute l'eau restant dans le tuyau est refroidie avant le prochain soutirage, la consommation d'énergie correspondante est de l'ordre de 200 F (30,4 €) •

## Infos

### Conseils pratiques...

- Les chauffe-eau électriques sont souvent réglés en usine pour produire de l'eau à 70 °C environ. Cette température trop élevée augmente la consommation tout en favorisant l'entartrage, qui devient important à partir de 60 °C. Au-dessous de cette température, il y a des risques plus importants de développement de bactéries pathogènes. Une température comprise entre 55 et 60 °C est un bon compromis<sup>11</sup>.
- Il est préférable de choisir un chauffe-eau équipé d'une résistance stéatite qui, étant moins chaude, limite la formation de tartre. Son remplacement peut se faire dans ce cas sans vider le chauffe-eau.
- Les ballons en acier inoxydable résistent mieux à la corrosion que ceux en acier émaillé.
- Si le point d'utilisation (lavabo, douche) est éloigné (plus de 8 mètres) de l'appareil de production d'eau chaude, les pertes dans les tuyauteries peuvent être élevées. Il est préférable d'utiliser un chauffe-eau à accumulation de petite capacité (5 à 30 litres), installé le plus près possible du point d'utilisation.

<sup>11</sup> Après une absence prolongée, il est conseillé de faire couler de l'eau chaude pendant quelques minutes pour éviter l'inhalation de légionelles qui pourraient être présentes dans la vapeur d'eau en prenant une douche.

## La face cachée du cumulus

Dans un chauffe-eau électrique à accumulation (un « cumulus »), l'eau est directement chauffée par une résistance électrique plongée dans une cuve isolée.

Faible prix d'achat, facilité d'installation, peu d'entretien, pas de bruit, rendement à première vue très bon car la chaleur dissipée par l'énergie électrique est transférée quasiment intégralement à l'eau : même si l'électricité est une énergie chère, le cumulus semble présenter tous les avantages, et il s'est généralisé en France ces dernières années.

Ce tableau serait presque parfait s'il ne cachait de graves inconvénients.

Tout d'abord l'électricité est une énergie chère. Le coût de fonctionnement d'un cumulus est donc sensiblement plus élevé que celui d'un chauffe-eau au gaz et au fioul, même en heures creuses.

Même bien isolé, un ballon de stockage dissipe de la chaleur, surtout s'il est situé dans une pièce non chauffée. De l'énergie est donc consommée en permanence pour maintenir l'eau à la bonne température.

Avec un cumulus, production et utilisation ne sont pas simultanées : de l'eau chaude est souvent produite inutilement, en cas de départ pour quelques jours par exemple. Inversement, sa capacité étant limitée, on pourra se retrouver sans eau chaude en cas de fortes consommations occasionnelles.

Enfin, comme pour tout système de production d'eau chaude, le cumulus électrique est très sensible au tartre : si l'eau est calcaire, la résistance électrique s'entartre rapidement ce qui diminuera le rendement d'échange.

Toutes ces pertes s'ajoutent, si bien que le rendement réel d'utilisation d'un cumulus électrique n'est que de 65 à 85%.

Mais ce n'est pas tout : hors hydraulique, la production et la distribution d'électricité s'effectuent avec un rendement de 30% seulement par rapport à l'énergie primaire.

Le rendement énergétique global d'un cumulus électrique n'est donc que de 23%, ce qui veut dire qu'en moyenne, sur 4 kWh d'énergie primaire consommée, plus de 3 kWh sont perdus<sup>12</sup>!

Comme pour le chauffage électrique, il y a là un formidable gaspillage d'énergie que la facilité d'usage de l'électricité ne doit pas masquer.

L'utilisation de l'électricité pour la production d'eau chaude doit donc être réduite au minimum dans la maison des négawatts. On préférera, chaque fois que c'est possible, un chauffe-eau au gaz ou, mieux, un chauffe-eau solaire.

## La production d'eau chaude au gaz

L'utilisation du gaz pour le chauffage de l'eau chaude est une bonne alternative au cumulus électrique : le gaz est une énergie peu chère, les émissions polluantes sont modérées.

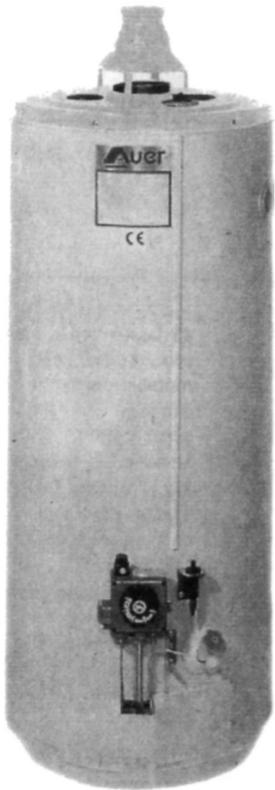
Le chauffe-eau instantané au gaz se met en marche chaque fois que l'on a besoin d'eau chaude. Cet appareil est généralement employé pour des petits logements ou lorsque le chauffage est assuré par une autre énergie<sup>13</sup>. À partir de deux personnes et de trois points de puisage dans le logement les systèmes à accumulation ou les ballons couplés à une chaudière offrent un meilleur confort.

L'accumulateur d'eau chaude au gaz s'utilise plutôt lorsque l'importance de la famille requiert au même moment des besoins d'eau chaude importants, et que le chauffage n'est pas déjà au gaz.

Ce système se rapproche du chauffe-eau électrique, la résistance étant remplacée par un brûleur gaz. Celui-ci est placé sous la cuve ou bien immergé,

<sup>12</sup> On est donc très loin du rendement de 90% obtenu si l'on ne considère que l'échange entre la résistance électrique et l'eau stockée, et non la globalité du processus de production.

<sup>13</sup> Les chauffe-eau de 8 kW ne sont pas obligatoirement reliés à un conduit de cheminée. Excepté la salle de bain, ils peuvent être installés dans toute pièce (habituellement la cuisine) pourvue d'une ventilation extérieure haute et basse. Depuis le 26 août 1996, ces appareils doivent être pourvus d'une triple sécurité.



Accumulateur au gaz.

ce qui améliore alors le rendement de production. L'évacuation des fumées se fait par un conduit de cheminée ou une micro-ventouse.

D'une capacité de 75 à 300 litres pour une puissance comprise entre 3 et 17 kW, l'accumulateur offre l'avantage de fournir une eau chaude à grand débit pour plusieurs appareils à la fois. Plus puissant, il monte en température beaucoup plus rapidement qu'un chauffe-eau électrique : 45 minutes à 2 heures contre 6 heures.

#### Infos

##### La veilleuse, petite voleuse d'énergie...

Une veilleuse brûle de l'ordre de 12,5 litres de gaz à l'heure. Allumée en permanence, elle consomme de l'ordre de 90 m<sup>3</sup> de gaz, soit l'équivalent de 1000 kWh/an<sup>14</sup>.

Les appareils à allumage électronique n'ont pas besoin de veilleuse. Ils consomment par contre un peu d'électricité pour créer les étincelles du train d'allumage. L'économie de gaz est de l'ordre 180 à 270 F par an (27 à 41 € par an) s'il s'agit de gaz naturel et de 350 F (53 €) pour le propane.

## Eau chaude sanitaire et chauffage central

La production d'eau chaude peut être assurée par la chaudière du chauffage central, couplée ou non à un ballon d'eau chaude. Dans ce cas l'énergie utilisée peut être le gaz, le propane, le fioul, le bois...

Dans les anciennes chaudières produisant également de l'eau chaude sanitaire, l'eau restait en permanence à une température élevée (70° minimum) : il en résultait d'importantes pertes de chaleur et un rendement faible.

Dans les chaudières actuelles, la production d'eau chaude est indépendante de la demande en chauffage, ce qui améliore le rendement. Généralement la

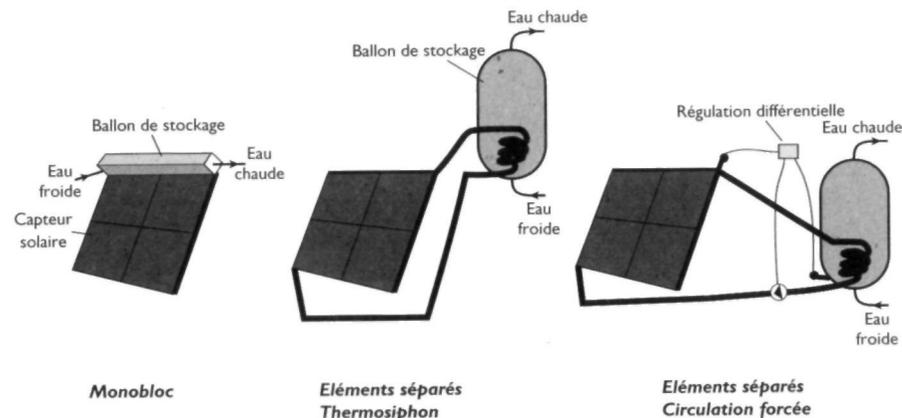
priorité est donnée à l'eau chaude sanitaire. Profitant de la puissance de la chaudière le réchauffage du ballon se fait rapidement, entre 10 et 30 minutes.

Le ballon peut être intégré à la chaudière (capacité 30 à 150 litres) ou bien être indépendant (jusqu'à 300 litres). Cette dernière solution permet d'utiliser une ou même deux énergies complémentaires avec un simple ou double échangeur : on peut ainsi coupler des énergies renouvelables comme le bois ou le solaire à une énergie classique.

## Le soleil, source naturelle d'eau chaude!

Notre brave soleil peut assurer 40 à 70% des besoins d'eau chaude annuels d'une habitation. Pour cela, inutile de produire de l'électricité à partir de cellules solaires pour chauffer un cumulus : il est beaucoup plus économique d'utiliser directement la chaleur du soleil avec un chauffe-eau solaire.

Celui-ci se compose tout d'abord de **capteurs solaires**, constitués de plaques noires absorbantes en contact avec des tuyaux en cuivre. Ces plaques sont sous vitrage, pour bénéficier de l'effet de serre. Un fluide (généralement de l'eau avec un antigel) circule dans ces tuyaux.



## 1 m<sup>2</sup> de capteur solaire évite d'émettre chaque année 250 kilos de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère<sup>15</sup>!

Des canalisations isolées relient les capteurs à un ballon de stockage d'eau chaude. La chaleur solaire est communiquée au fluide, puis transférée à l'eau du ballon par un échangeur.

Avec un chauffe-eau solaire « monobloc », les capteurs et le ballon sont intégrés sur un châssis servant également de support. Le liquide chauffé dans le capteur s'élève par thermosiphon dans le ballon situé au-dessus de lui.

Avec un chauffe-eau solaire « à éléments séparés » le ballon est situé dans la maison. Selon la position des capteurs, deux types de fonctionnement sont alors possibles :

- si le ballon est situé au-dessus des capteurs la circulation peut se faire par thermosiphon comme dans le cas du monobloc<sup>16</sup> ;
- si le ballon est situé au-dessous des capteurs, le fluide du capteur doit être mis en mouvement par un circulateur commandé par une régulation (circulation forcée).

### Conseils...

- > Pour un bon fonctionnement du chauffe-eau solaire, une orientation plein sud et une inclinaison du capteur comprise entre 40° et 50° sont optimales.
- > Il est néanmoins possible de s'écarter de ces conditions sans trop perdre en efficacité : une orientation entre sud-est et sud-ouest, et une inclinaison de 20° à 60° restent admissibles.
- > Pour favoriser son intégration sur site, un capteur solaire peut ainsi être mis dans le plan d'une toiture peu inclinée : mieux vaut un capteur très bien intégré mais un peu moins performant qu'une verrière disgracieuse...

<sup>15</sup> Valeur moyenne pour la France par rapport à une chaudière à combustible fossile ou un chauffage électrique.

<sup>16</sup> Pour un fonctionnement en thermosiphon, il faut une distance d'au moins 40 centimètres entre le milieu du capteur et le milieu du ballon. Les pertes de charges dans les canalisations doivent être faibles : le diamètre des tuyauteries doit être de 18 millimètres minimum si la distance entre le haut du capteur et le bas du ballon est inférieure à 20 centimètres pour une longueur de tuyauterie inférieure à 5 mètres. Ce diamètre sera de 20 millimètres pour une longueur supérieure.

### Fiche : Quelle surface de capteurs faut-il pour un chauffe-eau solaire ?

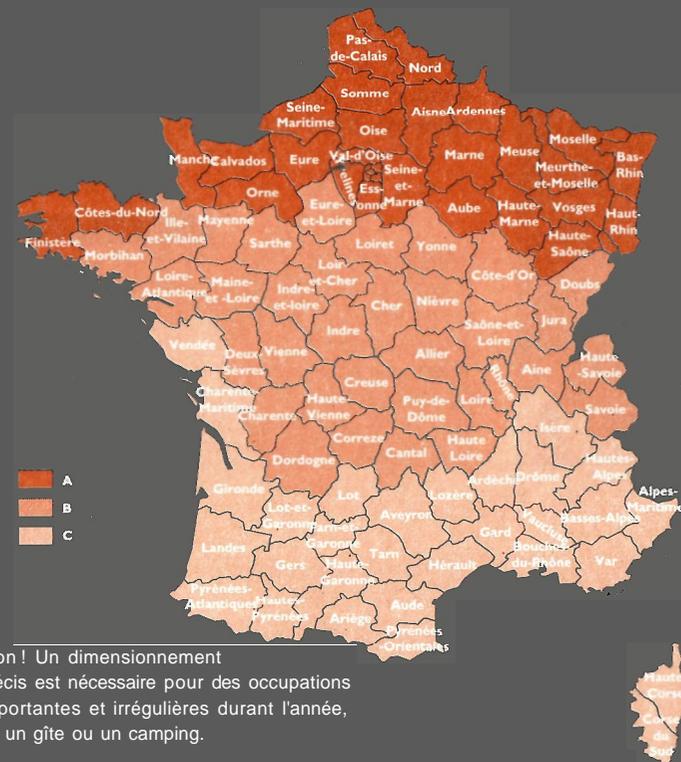
La surface de capteurs solaires doit permettre, par une journée ensoleillée, de fournir les besoins d'eau chaude à 60 °C.

En été, le soleil est capable de couvrir les besoins d'eau chaude pendant 2 à 5 mois en fonction des régions. En hiver et en mi-saison, le chauffe-eau solaire continue à préchauffer l'eau durant les journées moins ensoleillées. Une énergie d'appoint est bien sûr nécessaire pour élever l'eau à la température souhaitée.

Les installations d'eau chaude solaire ont, dans la majorité des cas, une surface de capteurs de 2 à 4 m<sup>2</sup>. En première approche, le dimensionnement de l'installation peut se faire simplement en tenant compte de la zone climatique et du nombre de personnes <sup>[C]</sup> :

	Zone A	Zone B	Zone C
Surface des capteurs	1 m <sup>2</sup> /personne	0,75 m <sup>2</sup> /personne	0,6 m <sup>2</sup> /personne
Volume du ballon	50 à 60 litres/personne		

Enfin des mesures effectuées sur des chauffe-eau dans le Sud de la France ont montré qu'il est inutile de prévoir une surface de capteurs trop grande car, dans ce cas, la productivité des capteurs diminue, l'installation devient trop onéreuse et l'eau peut surchauffer l'été<sup>17</sup>.



Attention ! Un dimensionnement plus précis est nécessaire pour des occupations plus importantes et irrégulières durant l'année, comme un gîte ou un camping.

## Le choix d'un chauffe-eau solaire

### Conseils pratiques...

- Le circuit du capteur doit contenir un antigel de qualité alimentaire.
- Il est intéressant d'utiliser un mitigeur thermostatique pour avoir une eau juste à la température souhaitée (50 °C) : l'eau circulant dans les tuyauteries de distribution sera moins chaude, limitant ainsi l'entartrage, les risques de brûlure et les déperditions<sup>18</sup>.
- Un chauffe-eau solaire demande peu d'entretien. Il suffit de contrôler de temps en temps la pression dans le circuit (entre 1 et 2 bars), le bon fonctionnement de la régulation, et de nettoyer régulièrement la vitre du capteur.

<sup>18</sup> Un mitigeur thermostatique vaut 500 F (76 €) environ.

Un chauffe-eau monobloc est moins cher qu'un système à éléments séparés, mais son intégration esthétique est difficile en toiture : il s'adapte mieux sur une terrasse. Son rendement est également plus faible puisque le ballon est à l'extérieur du logement, ce qui provoque des pertes de chaleur plus importantes.

S'il est possible de situer le ballon au-dessus du capteur, le chauffe-eau à éléments séparés en thermosiphon est la meilleure solution : son fonctionnement n'est pas dépendant de l'électricité et la faible perte de rendement du thermosiphon est compensée par l'économie réalisée sur la consommation électrique du circulateur.

Les prix dépendent des systèmes employés et des contraintes du site. Voici un ordre de grandeur des coûts de fournitures et de pose pour une surface de capteur comprise entre 2 à 4 m<sup>2</sup> de capteur avec un ballon de 200 à 300 litres :

	de...	à ...
Chauffe-eau monobloc	14 000 F	21 000 F
Chauffe-eau à éléments séparés en thermosiphon	15 000 F	22 000 F
Chauffe-eau à éléments séparés et circulation forcée	18 000 F	25 000 F
Surcoût d'un chauffe-eau solaire relié au ballon d'une chaudière	13 000 F	19 000 F

Il y a une quinzaine d'années de nombreuses entreprises se sont mises à fabriquer des capteurs solaires : la qualité n'était pas toujours au rendez-vous, et les installateurs pas toujours bien formés...

Ce n'est plus le cas aujourd'hui : les avis techniques décernés par le CSTB garantissent la qualité et la durabilité des capteurs, et les fabricants assurent régulièrement des formations auprès de leurs installateurs.

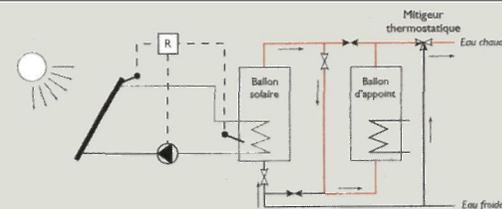
## Fiche pratique : Comment utiliser une énergie d'appoint avec des capteurs solaires?

Pour optimiser les apports solaires il faut respecter quatre règles de base<sup>[D]</sup> :

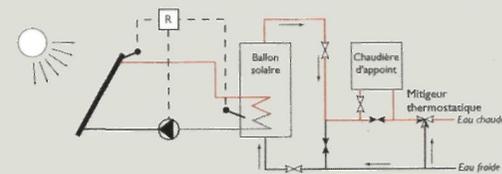
- capter le plus d'énergie solaire possible,
- consommer l'énergie solaire en priorité,
- ne consommer l'énergie d'appoint qu'en strict complément du solaire,
- ne pas mélanger les énergies.

Ces quatre règles paraissent évidentes. Elles ne sont pas toujours respectées et un mauvais couplage entre l'appoint et le solaire peut s'avérer désastreux. C'est le cas par exemple si l'eau froide est chauffée en priorité par l'appoint : même s'il y a du soleil, on ne réalise pas d'économies car l'eau étant déjà chaude, le capteur solaire n'a plus besoin de fournir d'énergie...

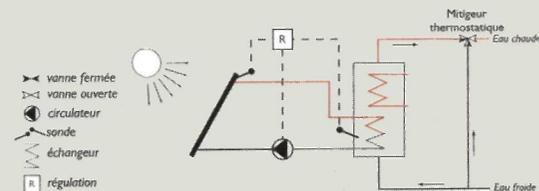
### A. Appoint séparé par ballon avec échangeur ou par cumulus électrique



### B. Appoint séparé par chaudière gaz instantanée



### C. Appoint intégré avec ballon double échangeur et (ou) électrique



### Trois configurations sont possibles :

A. L'idéal est d'avoir deux ballons d'eau : le premier alimenté par les capteurs solaires, le second en série chauffé par l'appoint. Ce deuxième ballon peut être un ballon déjà existant (électrique ou avec échangeur).

B. L'appoint d'eau chaude peut aussi être assuré par une chaudière gaz instantanée. Dans ce cas il faudra que la puissance de la chaudière soit modulée en fonction de la température d'entrée d'eau ou de la température de consigne en sortie.

C. Pour limiter le coût et l'encombrement, on peut aussi utiliser un ballon mixte (solaire/électrique par exemple) où l'appoint chauffe uniquement la partie haute du ballon. Le rendement sera cependant plus faible.

Seules les configurations A et B respectent les quatre règles.

## Références

<sup>[A]</sup> Données du Centre d'information sur l'eau (CIEAU).

<sup>[B]</sup> Distributeurs d'eau et ARC (Association des responsables de copropriétés).

<sup>[C]</sup> Fiches ADEME, « Le chauffe-eau solaire individuel », n° 980, 1992.

<sup>[D]</sup> « La thermique solaire, ses particularités », André Rio, article paru dans *Cegibat* n° 82.



### L'efficacité énergétique, source d'innovations

Tous les matériaux et les équipements dont nous venons de parler ont quitté depuis longtemps les laboratoires de recherche.

Ils ont été testés, puis certifiés. Leur diffusion en grande série a permis d'abaisser progressivement les coûts<sup>1</sup>.

Mais dans le monde si passionnant et si évolutif de l'efficacité énergétique, bien d'autres innovations en sont aujourd'hui au stade expérimental.

Dans quelques années, les fenêtres intelligentes, les isolations transparentes, les toitures solaires, la cogénération individuelle ou de nouvelles lampes à haute performance feront partie de notre quotidien.

Voici quelques exemples de ces négawatts de demain.

### Demain... les super-fenêtres intelligentes

La fenêtre est le point faible thermique d'une habitation : 1 m<sup>2</sup> de fenêtre avec simple vitrage laisse passer autant de chaleur que 10 m<sup>2</sup> de murs correctement isolés.

L'isolation des parois pouvant être maintenant très performante, c'est surtout sur les fenêtres qu'il est possible d'améliorer le niveau d'isolation.

Une société allemande Pazen diffuse par exemple des « super-fenêtres » en double ou triple vitrage anti-émissif avec un gaz rare entre les vitrages et une

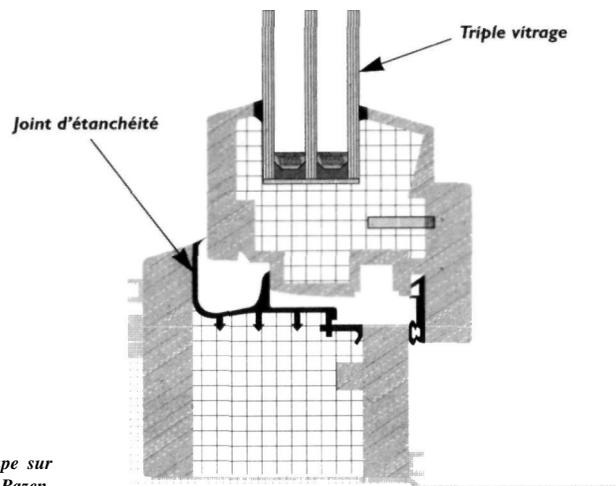
<sup>1</sup> Ainsi on trouve depuis quelques mois des lampes fluocompactes de qualité (classe A) en grande surface pour 30 à 40 F, contre une centaine de francs un an auparavant.

*Lorsque  
l'intelligence  
vient aux fenêtres*

triple coupure de pont thermique. Le niveau d'isolation de telles fenêtres est exceptionnel : autant que 6 centimètres de polystyrène!

Des performances remarquables sont également atteintes par les « vaccum Windows », double vitrage entre lequel on maintient un vide très poussé.

D'autres innovations sont surprenantes, comme les « smart Windows ». Ces fenêtres intelligentes comportent un film à cristaux liquides intercalé dans le vitrage. Un champ électrique suffit à orienter les cristaux pour que le vitrage devienne, à volonté, transparent ou opaque. Une autre possibilité est d'inclure dans le vitrage des cellules photovoltaïques en couches minces : le vitrage devient alors producteur d'énergie.



*Coupe sur  
super-vitrage Pazen.*

*Des toitures  
solaires très  
branchées*



*Toiture solaire Phebus.*

électrique de l'habitation est reliée à la fois au réseau et à ces panneaux par l'intermédiaire d'un onduleur-régulateur, sans aucun stockage d'énergie par batteries. Quand le soleil brille, les cellules solaires fournissent tout ou partie du courant électrique. Par ciel couvert, durant la nuit ou lorsque la demande d'énergie est forte, le réseau procure le courant manquant. Et si les cellules solaires fournissent plus que ce dont on a besoin, c'est vous qui devenez alors producteur d'électricité !

En France, l'association Phebus a développé un programme-pilote de toitures solaires. Le courant excédentaire est renvoyé sur le réseau EDF et fait tourner le compteur à l'envers, diminuant ainsi la consommation !

## Demain... les toitures photovoltaïques

Un toit qui se transforme en centrale de production électrique! Ce rêve à la Jules Verne est déjà une réalité pour des milliers de personnes en Europe, aux États-Unis, au Japon... et quelques dizaines en France.

Le principe est simple : des panneaux solaires photovoltaïques sont posés sur le toit<sup>2</sup>. L'installation

<sup>2</sup> Ou bien servent directement de composants de toiture, comme le système d'ardoise solaire (Sunlates) développé par Atlantis Solar System.

## Demain... la cogénération individuelle

La cogénération consiste à produire simultanément de l'électricité et de la chaleur. Cette double production d'énergie permet un rendement global de 80 à 90 %, contre 35 % seulement pour les centrales électriques thermiques (classiques ou nucléaires) qui ne valorisent pas les rejets thermiques.

## La centrale d'énergie est dans le garage

La cogénération permet donc d'utiliser au mieux la totalité de l'énergie primaire. Elle était réservée jusqu'à présent aux sites ayant des besoins importants d'électricité et de chaleur.

Différentes sociétés ont relevé le défi de la cogénération pour des maisons individuelles.

La société suisse Ecopower, avec le concours de l'École d'ingénieurs de Bienne, a conçu un mini-cogénérateur composée d'un moteur thermique au gaz couplé à une génératrice de courant à rotor périphérique. Un onduleur fournit ensuite de manière régulée du courant 50 Hz/230 V.

La chaleur est récupérée au refroidissement du moteur mais aussi sur l'échappement des gaz. Cette mini-centrale de cogénération peut fournir de 1 à 15 kW thermiques, et de 0,5 à 7 kW électriques selon la demande de chauffage et d'électricité.

Le système travaille à régime variable, ce qui permet de moduler la puissance de chauffage en fonction des besoins. Aucun chauffage d'appoint n'est nécessaire, contrairement aux tentatives précédentes de cogénération domestique.

Le courant produit en excès est renvoyé sur le réseau, avec, en Suisse, un tarif de reprise avantageux aux périodes de forte consommation électrique. Équipée d'un catalyseur et d'une régulation par sonde lambda, la mini-centrale de cogénération a un très bas taux d'émissions polluantes, comparable aux plus récentes chaudières à gaz.

D'autres fabricants s'apprêtent à mettre sur le marché des cogénérateurs individuels :

- Aux États-Unis, Plug Power a mis au point un cogénérateur de 7 kW électrique fonctionnant avec une pile à combustible alimentée au gaz. Sa mise sur le marché américain est prévue pour l'an 2000.
- En Norvège Sigma Elektroteknisk s'apprête à commercialiser un cogénérateur fonctionnant avec un moteur Stirling. Il présente l'avantage de pouvoir être alimenté par n'importe quel combustible, y compris du bois ou du biogaz.
- En Allemagne, enfin, Fichtel et Sachs fabrique un cogénérateur de 5 kW électrique fonctionnant au gaz avec un moteur diesel.

## Demain... l'isolation transparente

### Les idées au poil des ours polaires

Un vitrage transparent laisse pénétrer directement l'énergie solaire à l'intérieur d'une habitation. Pourquoi ne pas imaginer qu'une paroi opaque capte et transmette elle aussi le rayonnement solaire?

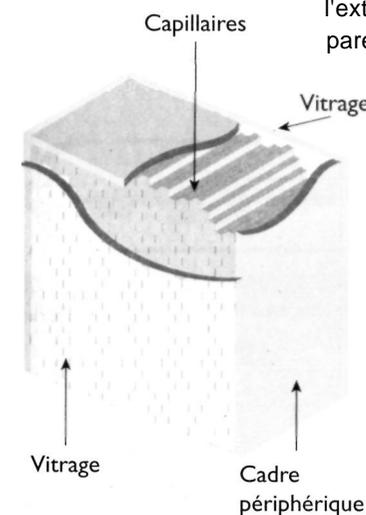
Cette idée n'était que douce utopie jusqu'à ce que... la fourrure des ours polaires inspire une élégante solution !

L'agencement des poils blancs de la toison de ce plantigrade constitue en effet un véritable piège à rayonnement thermique. D'où l'idée de réaliser des « isolants transparents » constitués d'une mousse capillaire, translucide et isolante.

Placés devant des murs lourds sur une façade ensoleillée d'une habitation, ces isolants transparents laissent passer le rayonnement solaire. Celui-ci frappe alors le mur peint d'une couleur sombre et absorbante. La chaleur accumulée par le mur est ensuite transmise dans l'habitation par conduction avec un retard de plusieurs heures, permettant ainsi de profiter de la chaleur solaire en soirée et durant une partie de la nuit. Le rayonnement du mur vers l'extérieur est quant à lui arrêté par l'isolation transparente.

L'aspect translucide de l'isolant masque l'aspect sombre de la surface absorbante du mur, autorisant d'intéressantes combinaisons esthétiques. Les isolants transparents peuvent également être utilisés comme vitrages diffuseurs de lumière pour éclairer des pièces en profondeur et éviter l'éblouissement.

Plusieurs maisons dans les Ardennes<sup>3</sup> utilisent déjà les isolants transparents. Une campagne de mesures a confirmé tout l'intérêt de ces nouveaux matériaux.



<sup>3</sup> Maisons individuelles à ossature-bois à Mouzon. Architecte Jacques Michel. Campagne de mesures réalisée par Bruno Peuportier, Centre énergétique de l'École des Mines de Paris.

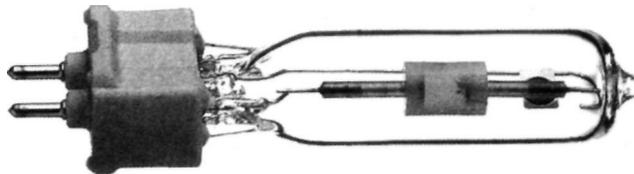
*Petite ampoule, haute performances*

Les lampes fluocompactes, nous l'avons vu, constituent un net progrès par rapport aux lampes à incandescence. D'autres améliorations sont cependant possibles pour augmenter le rendement et la qualité des lampes comme par exemple la lampe aux halogénures métalliques.

Ce type de lampe à décharge comprend, en plus du mercure, des composés halogènes (iodures) portant l'efficacité lumineuse à 90 lumens/watt, contre 60 pour une lampe fluocompacte.

Autrefois réservées aux puissances de l'ordre de 250 à 1000 W, elles commencent à faire leur apparition pour des puissances plus faibles (35-70 W). Compactes, elles ont un rendement supérieur à celui des meilleures lampes ou tubes fluorescents, mais sont de la taille d'une petite ampoule halogène.

Leur couleur est cependant un peu plus « froide » que celles des lampes à incandescence, et elles ont besoin de quelques minutes pour fonctionner à plein régime. Elle ne conviennent donc pas aux allumages-extinctions fréquents.



Lampe à halogénures métalliques.

# Le bilan des négawatts



Au fil des pages nous avons vu que « produire des négawatts », c'est rechercher — à qualité de vie égale — une meilleure utilisation de l'énergie plutôt que de continuer à consommer toujours plus.

Nous avons montré que nous disposons aujourd'hui de toute une gamme de techniques et de matériels pour mieux concevoir et mieux construire.

Nous avons fait également le tour des équipements et des appareils qui permettent d'employer chaque kWh avec une plus grande efficacité.

Enfin nous avons vu que, pour mieux employer l'énergie, le comportement de chacun est essentiel : quelques gestes simples permettent de considérables économies.

Quelles sont les conséquences d'une telle démarche ?

Nous allons le découvrir, en faisant le bilan des dépenses d'énergie d'une famille, puis en évaluant l'impact sur notre système de production d'énergie.

## Plus de 60 % d'économie !

- Imaginons les deux situations suivantes :
  - une maison « standard », équipée avec du matériel courant. Les habitants ne surveillent pas vraiment les consommations.
  - une maison « négawatt » de même surface, de conception bioclimatique, équipée d'appareils économiques. Les habitants ont pris l'habitude d'adopter un comportement non gaspilleur d'énergie, sans restreindre cependant leur qualité de vie.

Comparons maintenant poste par poste, les dépenses d'énergie et d'eau<sup>1</sup> :

	Maison « standard »		Maison « négawatt »		
Chauffage <sup>2</sup>	Conception traditionnelle et convecteurs électriques	7850 F	Conception bioclimatique et chaudière gaz	2 200 F	-72 %
Climatisation <sup>3</sup>	Équipement de climatisation	1780 F	La climatisation est inutile	• 0 F	- 100%
Éclairage <sup>4</sup>	Ampoules classiques + lampe halogène	650 F	Lampes fluocompactes systématiques	200 F	- 69 %
Électro-ménager <sup>5</sup>	Équipement classique	1900F	Appareils économes	1425 F	-25 %
Énergie cachée (veille) <sup>6</sup>	60 W en permanence	380 F	30 W en permanence	190 F	-50 %
Cuisine <sup>7</sup>	Plaques et four électriques	900 F	Cuisine au gaz + comportement économe	270F	-70%
Chauffage de l'eau sanitaire <sup>8</sup>	Cumulus électrique	2 280 F	Capteurs solaires et complément chaudière gaz!	980 F	-57 %
Eau froide <sup>9</sup>	240m <sup>3</sup> par an	4080F	Appareils et comportement économe	2450 F	-40%
	Total maison « standard »	19 820 F	Total maison « négawatt »	77 15 F	- 61 %
			Gain financier annuel	12 105 F	

*Coupez vos factures en deux ou trois...*

Il est donc possible de réaliser plus de 60 % d'économies sur l'énergie et l'eau par une meilleure conception de l'habitat, des équipements économes et un comportement moins gaspilleur.

<sup>1</sup> Calcul GEFOSAT pour une famille de 4 personnes habitant un logement de 100 m<sup>2</sup>. Station-météorologique de référence : Montélimar. Prix moyen de l'énergie : électricité 0,76 F/kWh, gaz naturel 0,28 F/kWh. Prix moyen de l'eau : 17 F/m<sup>3</sup>.

<sup>2</sup> Maison standard : 100 m<sup>2</sup>, 250 m<sup>3</sup>, coefficient G conforme aux normes actuelles, convecteurs électriques. Besoins de base : 10 330 kWh. Maison négawatt : 100 m<sup>2</sup>, 250 m<sup>3</sup>, serre solaire sud, conception bioclimatique, chauffage complémentaire par chaudière murale au gaz naturel. Besoins de base : 3 430 kWh.

<sup>3</sup> Maison standard : équipements de climatisation individuels pour assurer 27 °C maximum • Maison négawatt : rafraîchissement naturel par protection solaire et surventilation nocturne, climatisation inutile.

<sup>4</sup> Maison standard : ampoules à incandescence + un halogène 500 W • Maison négawatt : 75 % de lampes fluocompactes.

<sup>5</sup> Maison standard : équipement classes C, D. • Maison négawatt : A, B.

<sup>6</sup> Maison standard : pas de précautions particulières • Maison négawatt : suppression de toutes les veilles inutiles.

<sup>7</sup> Maison standard : four électrique et plaques chauffantes • Maison négawatt : cuisinière au gaz.

<sup>8</sup> Maison standard : cumulus électrique • Maison négawatt : capteurs solaires + complément sur chaudière au gaz naturel.

<sup>9</sup> Maison standard : 60 m<sup>3</sup>/an/personne • Maison négawatt : réduite à 36 m<sup>3</sup>/an/personne par des limiteurs de débit, des appareils performants et un comportement plus économe.

Et ceci sans aucune perte de confort, bien au contraire : une « maison négawatt » sera plus agréable à vivre, car, mieux conçue, la qualité des ambiances intérieures y sera particulièrement soignée.

## Mille millions de négawatts !

Notre potentiel d'économies d'énergie est considérable.

Rien que pour la France, voici les économies d'énergie électrique réalisables par des mesures simples, en n'utilisant que des équipements actuellement disponibles <sup>[A]</sup>.

	Potentiel d'économies en TWh/an (milliards de kWh/an)	Equivalent en nombre de réacteurs nucléaires de 1000 MW
Diffusion de lampes basse consommation dans les logements	7 TWh/an	12
Éclairage performant dans les bureaux	8 TWh/an	14
Réfrigérateurs, et congélateurs à basse consommation	11 TWh/an	19
Mesures limitant la pénétration du chauffage électrique	3 TWh/an	
Substitution des chauffages électriques existants	10 TWh/an	18
Isolation renforcée des logements et bâtiments anciens	11 TWh/an	2,0
50 % en moins de dispositif de veille dans les ménages	3,5 TWh/an	0,6
Bureautique plus performante	2,5 TWh/an	0,4
Amélioration des équipements du tertiaire (auxiliaires, climatisation)	5 TWh/an	0,9
<b>Total</b>	<b>61 TWh/an</b>	<b>10,7</b>

Pour les seules consommations domestiques et tertiaires, un tel programme économiserait chaque année 61 milliards de kWh évitant le renouvellement de onze réacteurs nucléaires de 1000 MW.

En d'autres termes, cela reviendrait à créer une capacité de production permanente de 11 mille millions de négawatts absolument non polluants !

Chaque nouveau réacteur nucléaire coûte de 15 à 20 milliards de francs : cette dépense ne serait plus à faire. Une partie de ces sommes pourrait alors être affectée à un vaste programme d'économies d'énergie, avec un formidable impact sur l'emploi et l'environnement.

## Références

<sup>[A]</sup> Études INESTENE et « Débat national sur l'énergie. 1994 », document ADEME. Base de calcul : 5,7 TWh/an par réacteur de 1000 MW avec un taux de charge de 65 %.

<sup>[B]</sup> Agence internationale de l'énergie et OCDE.

## Indispensable prise de conscience

### Infos

En 1993, les crédits publics consacrés en France <sup>[B]</sup> à la recherche nucléaire (fission + fusion) étaient 63 fois supérieurs à ceux consacrés aux énergies renouvelables, et 27 fois supérieurs à ceux consacrés aux économies d'énergie...

Pendant des années nous avons jeté nos ordures ménagères sans même essayer de limiter les montagnes de déchets produits, sans même penser qu'une part importante pouvait être valorisée ou recyclée. Peu à peu, nous prenons conscience de ce gaspillage, nous apprenons à trier pour mieux gérer nos déchets.

Cette prise de conscience, nous devons l'avoir aussi pour l'énergie.

Les deux chocs pétroliers ne sont en effet plus qu'un lointain souvenir : aujourd'hui, nous consommons sans en mesurer vraiment les conséquences une énergie très bon marché, épuisable et polluante.

Il faut arrêter ce formidable gaspillage. Rien ne sert d'attendre, car mieux produire et utiliser l'énergie est une attitude largement gagnante.

Pour vous-même tout d'abord : il est possible, nous l'avons vu, de diviser par plus de deux vos dépenses d'eau et d'énergie.

Pour la collectivité ensuite : un programme d'actions simples permettrait, avec une incidence forte sur l'emploi, de recourir à des énergies toujours renouvelables donc inépuisables.

Une attitude gagnante également pour notre planète, car une gestion plus efficace de l'énergie diminue la pollution et le gaspillage des ressources naturelles.

Notre Terre, petite planète de la proche banlieue du soleil, ne pourra pas continuer à accueillir 6 milliards d'hommes aujourd'hui, 10 milliards **demain**, au rythme actuel du pillage des ressources énergétiques.

Il est urgent de choisir de vivre en durable harmonie avec ce qu'elle nous offre : chez soi, chacun peut y contribuer en s'engageant dans une attitude négawatt.



## Des livres

- > *Facteur 4*,  
Amory et Hunter Lovins,  
Ernst Von Weizacker, éditions Terre vivante,  
1997. Comment vivre aussi bien en  
consommant quatre fois moins de  
ressources naturelles.
- > *L'Énergie, un défi planétaire*,  
Benjamin Dessus, éditions Belin, 1996.  
Une présentation pertinente des scénarios  
énergétiques par le directeur du  
programme Ecotech du CNRS.
- > *Atlas des Énergies pour un monde  
vivable*,  
Benjamin Dessus, éditions Syros-FPH, 1998.  
50 cartes et graphiques pour comprendre  
les enjeux de l'énergie.
- > *Le Nucléaire et la lampe à pétrole*,  
éditions L'Esprit Frappeur, 1998. Un petit  
livre très clair élaboré par la commission  
énergie des Verts. Le point sur les solutions  
alternatives pour une sortie progressive  
du nucléaire.
- > *Eco-logis, la maison à vivre*,  
Ôko-test, adaptation française par Terre  
vivante, éditions Kônemann, 1999. Un livre  
très complet et très bien illustré sur  
l'habitat écologique, faisant une large part  
aux aspects énergétiques.
- > *Poêles, inserts et autres chauffages au bois*,  
Claude Aubert en collaboration avec  
l'AGEDEN, éditions Terre vivante, parution  
septembre 1999. Tout sur le chauffage  
individuel au bois, du poêle au chauffage  
central automatisé. Indispensable pour  
découvrir les avantages des nouveaux  
équipements de chauffage au bois  
performants et économes.
- > *Ma planète ça me regarde*,  
Philippe Boyer, Fondation USHUAIA/  
Gallimard, 1990. Quarante gestes pour  
respecter la terre. Clair, pédagogue, à  
mettre entre toutes les mains.
- > *Habitat Qualité Santé*,  
Suzanne et Pierre Deoux, éditions Médiéco  
(BP 248, Andorra la Vella), 1997. Un livre  
indispensable à tous ceux qui pensent  
qu'habitat et santé sont étroitement liés.  
Clair et très bien documenté.
- > *L' Habitat écologique*,  
Friedrich Kur, éditions Terre vivante, 1998.  
Quels matériaux choisir pour construire  
sainement?
- > *Produits et techniques de la maîtrise de la  
demande d'électricité*,  
ADEME-EDF, Document ADEME n° 2824,  
1997. Une analyse exhaustive des solutions  
alternatives permettant d'éviter le  
renforcement des réseaux. Pour techniciens  
et maîtres d'ouvrages.
- > *Logements à faibles besoins en énergie*,  
Olivier Sidler, Cabinet Sidler, 1998.  
Un guide de recommandations et d'aide à la  
conception. Indispensable aux architectes et  
maîtres d'ouvrages.
- > *Guide de l'architecture bioclimatique*,  
Observ'ER (Comité d'action pour le  
solaire), 1996. En deux volumes et  
114 fiches didactiques, un cours  
fondamental mais très accessible  
d'architecture bioclimatique.
- > *Guide de la thermique dans l'habitat neuf*,  
éditions du Moniteur, 1992. Un guide de  
référence de tout ce qu'il faut savoir sur la  
thermique dans l'habitat avec 35 études de  
cas. Assez technique, mais très clair.



## Des revues

### > • *Systèmes Solaires*

La revue française de toutes les énergies renouvelables.  
144, rue de l'Université, 75007 Paris.  
Tél. : 01 44 18 00 80

### > CLER *Infos*

Le bulletin du CLER, le Comité de Liaison énergies renouvelables.  
2B rue Jules Ferry, 93100 Montreuil  
Tél. : 01 55 86 80 00

## Sur le Web

### > <http://www.rmi.org>

En ligne, tout sur le Rocky Mountain Institute dirigé par Amory Lovins, co-auteur du livre *Facteur 4*. (en anglais)

### > <http://www.greenpeace.be/ecohouse/>

Un très bon « guide pratique de l'énergie » réalisé par Greenpeace Belgique. Version consultable sur le site ou téléchargeable au format pdf (5 Mo). De très nombreuses informations sur les appareillages et les fabricants, (en français et néerlandais)

### > [http://www.cmhc-](http://www.cmhc-schl.gc.ca/LaMaisonSaine/Toronto/)

[schl.gc.ca/LaMaisonSaine/Toronto/](http://www.cmhc-schl.gc.ca/LaMaisonSaine/Toronto/)  
Visite virtuelle d'un projet très abouti de « maison saine » et autonome à Toronto. Peut-être la future maison urbaine et écologique. (en français)

### > <http://www.gefosat.org>

Le site de l'association Gefosat. (en français)

### > <http://www.cler.org>

Toutes les infos sur les 115 organismes adhérents au CLER (Comité de liaison énergies renouvelables)

### > <http://www.terrevivante.org>

Tout sur l'écologie pratique avec Terre vivante : le Centre écologique, les livres et la revue *Les Quatre Saisons du jardinage*. (en français)

### > <http://TPEecologie.entpe.fr/energie/indexgui.htm>

Un guide pratique des économies d'énergie de l'association TPE Ecologie. (en français)

### > <http://www.iea.org>

Le site de l'Agence Internationale de l'Énergie. Informations, statistiques et références d'études macro-économiques sur les politiques de l'énergie.

## Exposition

> Une exposition sur le thème « La maison des négawatts » est visible au Centre écologique Terre vivante, aux heures et jours d'ouverture du centre. Une version itinérante de cette exposition peut également être louée auprès de Terre Vivante. Elle comporte 30 panneaux et plusieurs logiciels interactifs sur cédérom. Contact : Christine Corbet, Terre vivante, Domaine de Raud, BP 20, 38710 Mens. Tél : 04 76 34 80 80.

> Le Centre Terre vivante accueille également une exposition permanente sur l'habitat écologique, et notamment sur les techniques d'isolation.

## Organismes et institutions

### CAUE

Les conseils d'architecture, d'urbanisme et d'environnement (CAUE) existent dans presque tous les départements. Des architectes-conseils y tiennent souvent des permanences permettant de recevoir des conseils personnalisés.  
Fédération des CAUE  
20 rue du Commandeur, 75014 Paris  
Tel : 01 43 22 07 82 - Fax : 01 43 21 42 89

### ADEME

Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie. Des délégations existent dans toutes les régions françaises.  
27 rue Louis Vicat, 75015 Paris  
Tel : 01 47 65 20 00 - Fax : 01 46 45 52 36

### ANIL

Agence nationale d'information sur le logement, regroupant de nombreuses agences départementales (ADIL).  
2 boulevard Saint-Martin, 75010 Paris  
Tel : 01 42 02 65 95 - Fax : 01 42 41 15 10

### CSTB

Centre scientifique et technique du bâtiment.  
84 avenue Jean Jaurès, Champs sur Marne, BP 02,77421 Marne la Vallée cedex 2  
Tel : 01 64 68 82 82 - Fax : 01 60 05 70 37

### Observatoire de l'Énergie

Statistiques sur l'énergie.  
Ministère de l'industrie  
DGEMP  
97-99 rue de Grenelle, 75353 Paris 07 SP

## Associations techniques et bureaux d'études

### Terre Vivante

Centre écologique, exposition « la maison des négawatts ».  
Domaine de Raud, 38710 Mens  
Tel : 04 76 34 80 80 - Fax : 04 76 34 84 02  
e-mail : [terrevivante@wanadoo.fr](mailto:terrevivante@wanadoo.fr)

### GEFOSAT

Association technique où travaillent les auteurs de ce guide...  
Conseils, informations, études, développement de logiciels sur les énergies renouvelables et l'efficacité énergétique.  
Maison de la Mer, Quai Baptiste Guitard, 34140 Mèze  
Tel : 04 67 18 77 02 - Fax : 04 67 43 01 24  
e-mail : [contact@gefosat.org](mailto:contact@gefosat.org)

### Izuba Energies

Bureau d'études sur l'optimisation énergétique des bâtiments et éditeur de logiciels sur l'énergie.  
BP 147,34140 Mèze  
Tel : 04 67 18 31 10 - Fax : 04 67 43 01 24  
e-mail : [contact@izuba.fr](mailto:contact@izuba.fr)

### CLER

Comité de liaison énergies renouvelables. Regroupe de nombreuses associations et professionnels des énergies renouvelables en France.  
2B rue Jules Ferry, 93100 Montreuil  
Tel : 01 55 86 80 00 - Fax : 01 55 86 80 01  
e-mail : [infos@cler.org](mailto:infos@cler.org)

## ALISEE

Association énergie environnement des pays de la Loire. Conseils, informations, études de faisabilité.

13 rue des Acacias, 49610 Mûrs Erigné  
Tel : 02 41 45 95 96 - Fax : 02 41 45 95 99  
e-mail : [alisee.ass@wanadoo.fr](mailto:alisee.ass@wanadoo.fr)

## PHEBUS Ariège

Centre Énergies Renouvelables. Programme-pilote sur les toitures solaires photovoltaïques.

09600, Dun  
Tel et fax : 05 61 68 62 17  
e-mail : [phebusolis@aol.com](mailto:phebusolis@aol.com)

## ASDER

Association savoyarde pour le développement des énergies renouvelables. Conseils, études, stage de formation professionnelle sur l'énergie et l'environnement

299 rue du Granier, BP 45,  
73232 St Alban Leysse  
Tel : 04 79 85 88 50 - Fax : 04 79 33 24 64  
e-mail : [asder@club-internet.fr](mailto:asder@club-internet.fr)

## QUERCY Energies

Conseils, études sur les énergies renouvelables et le bois-énergie.

Maison de l'Habitat, 64 bd Gambetta, 46000 Cahors  
Tel : 05 65 35 81 26 - Fax : 05 65 22 15 88  
e-mail : [quercy.energies@wanadoo.fr](mailto:quercy.energies@wanadoo.fr)

## PACT-ARIM de la Dordogne

Conseils énergie sur l'habitat  
18 rue de Varsovie, BP 101 I  
24001 Périgueux cedex  
Tél.: 05 53 06 81 20 - Fax : 05 53 35 15 90

## AJENA

Association jurassienne pour la diffusion des énergies alternatives.  
28 bd Gambetta, 39004 Lons-le-Saunier cedex  
Tel : 03 84 47 81 00 - Fax : 03 84 47 81 19  
e-mail : [ajena@wanadoo.fr](mailto:ajena@wanadoo.fr)

## AGEDEN

Association grenobloise pour l'étude et le développement des énergies nouvelles.  
Maison de la Nature et de l'Environnement,  
5 place Bir-Haheim, 38000 Grenoble  
Tel : 04 76 51 62 29 - Fax : 04 76 51 24 66  
e-mail : [ageden@alpes-net.fr](mailto:ageden@alpes-net.fr)

## CIEN

Centre international des énergies nouvelles.  
Démonstration, information et formation sur les énergies renouvelables.

ZI de Bastillac Nord, 65000 Tarbes  
Tel : 05 62 93 93 13 - Fax : 05 62 34 58 89

## Observ'ER

Observatoire des Énergies Renouvelables.  
146, rue de l'Université, 75007 Paris  
Tel : 01 44 18 00 80 - Fax : 01 44 18 00 36

## ENERPLAN

Association regroupant des professionnels du solaire thermique.

Centre Solaire du Castellet,  
Chemin de la Ferrage, 83330 Le Castellet  
Tel : 04 94 32 70 08 - Fax : 04 94 32 71 40

## Cabinet Olivier SIDLER

Etudes, mesures, analyses sur l'efficacité énergétique et les bâtiments à basse consommation.  
26160 Féline-sur-Rimandoule  
Tel : 04 75 90 18 54 - Fax : 04 75 90 18 54  
e-mail : [sidler@club-internet.fr](mailto:sidler@club-internet.fr)

## INESTENE

Institut d'évaluation des stratégies sur l'énergie et l'environnement en Europe.  
5 rue Buot, 75013 Paris  
Tel : 01 45 65 08 08 - Fax : 01 45 89 73 57  
e-mail : [inestene@wanadoo.fr](mailto:inestene@wanadoo.fr)

## Chauffage et eau chaude solaire

### CLIPSOL

Fabricant en équipement de chauffage (PSD) et eau chaude solaire.  
Parc d'activités des Combaruches,  
73 100 Aix-les-Bains  
Tel : 04 79 34 35 36 - Fax : 04 79 34 35 30  
e-mail : [info@clipsol.com](mailto:info@clipsol.com)

### GIORDANO

Fabricant en équipement de chauffage et eau chaude solaire.  
529, avenue de la Floride,  
13400 Aubagne  
Tel : 04 42 84 58 00 - Fax : 04 42 70 08 70

### BUDERUS CHAUFFAGE

BP 31, 67501 Haguenau cedex  
Tel : 03 88 90 57 00 - Fax : 03 88 73 47 03

## DE DIETRICH THERMIQUE

57 rue de la Gare, BP 30  
67580 Mertwiller  
Tel : 03 88 80 27 00 - Fax : 03 88 80 27 99

## SOLEMAT

Importateur du fabricant australien Solahart  
BP 58, 34120 Pezenas  
Tel : 04 67 09 49 27  
e-mail : [solenat@wanadoo.fr](mailto:solenat@wanadoo.fr)

## VIESSMANN

Capteur solaire.  
ZI - BP 59, 57380 Faulquemont  
Tel : 03 87 29 17 00 - Fax : 03 87 29 18 53

## SOLAIRE CONNEXION

Importe le fabricant autrichien Sonnenklar  
Chanareilles, 07270 Empurany  
Tel : 04 75 06 34 96 - Fax : 04 75 06 90 43  
e-mail : [contact@solaire-connexion.com](mailto:contact@solaire-connexion.com)

## CHAROT

Ballons de stockage d'eau chaude multi-énergie.  
ZI des Sablons, BP 36,89101 Sens cedex  
Tel : 03 86 64 73 73 - Fax : 03 86 95 21 83

## Eclairage

### Syndicat de l'éclairage

52-54 boulevard Malesherbes, 75008 Paris  
Tel : 01 43 87 04 41 - Fax : 01 42 93 07 55

### Groupeement des industries du luminaire

8, rue Saint-Claude, 75003 Paris  
Tel : 01 42 78 48 05 - Fax : 01 42 78 21 34

### OSRAM

Lampes fluocompactes DULUX.  
BP 109,67124 Molsheim cedex  
Tél. : 03 88 49 74 90 - Fax : 03 88 49 75 98

### SLI France

Lampes fluocompactes SYLVANIA et CLAUDE.  
29 rue des Trois Fontanot  
92722 Nanterre cedex  
Tél. : 01 55 51 11 00

### PHILIPS Eclairage

Lampes fluocompactes ECOTONE et MAZDA.  
Service Consommateur, BP 49  
77423 Marne la Vallée cedex 2  
Tel : 01 64 80 54 54 - 3615 PHILIPS

## PROVALOR

Recyclage des lampes et tubes fluorescents.  
Parc d'activités du Fürst, BP 14  
57730 Folschviller  
Tel : 03 87 92 62 44 - Fax : 03 87 92 62 45

## Economies d'eau

### CI-EAU

Centre d'information sur l'eau.  
BP 5, 75362 Paris cedex 08  
Tel : 01 42 56 20 00 - Fax : 01 42 56 01 87  
**AGENSCO**  
Douchettes à turbulence.  
110 cours du Docteur Long, BP 3027  
69394 Lyon cedex 3  
Tel : 04 72 34 19 33

### AQUA-TECHNIQUES

Douchettes à turbulence.  
BP 77, 82202 Moissac  
Tel : 05 63 04 45 67

### ADM Plus

Eco-plaquettes pour WC.  
3, bd Kennedy, 91 100 Corbeil-Essonnes  
Tel : 01 60 88 92 69 - Fax : 01 64 96 38 27

Cette liste d'adresses n'est pas exhaustive: elle regroupe essentiellement les entreprises et organismes cités dans ce livre et les principales organisations collectives ou fédérations auprès de qui s'informer pour connaître certaines adresses plus locales.



- > **ADEME**  
Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie.
- > **Ampoule**  
Le mot « ampoule » est souvent utilisé par erreur pour désigner une lampe : l'ampoule n'est que l'enveloppe en verre d'une lampe.
- > **Béton**  
Mélange d'eau, de sable, de ciment, de graviers et d'adjuvants largement utilisé dans la construction pour couler des dalles ou fabriquer des poutrelles, des blocs... Un mur en béton banché est réalisé en coulant du béton entre deux panneaux de coffrage.
- > **Butane**  
Hydrocarbure (C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>) utilisé comme combustible, vendu liquéfié en bouteille métallique sous faible pression.
- > **Catalyse**  
Les parois d'un four de cuisine à catalyse sont revêtues d'un émail microporeux contenant un corps accélérant les transformations par oxydation (catalyseur). Le nettoyage a lieu durant la cuisson.
- > **CEI**  
Comité international de l'éclairage. La norme CEI 64 concerne la durée de vie des lampes.
- > **CFC**  
Chlorofluorocarbures. Produits chimiques (comme le fréon) utilisés comme fluides réfrigérants, mousses isolantes et bombes aérosols. Contribuent à l'effet de serre et attaquent la couche d'ozone. La production de CFC est interdite depuis début 1996.
- > **Circulation forcée**  
Lorsqu'un fluide ne peut pas être mis en circulation naturellement par thermosiphon, il est nécessaire d'utiliser une pompe de circulation appelée circulateur. Cette pompe consomme de l'énergie électrique.
- > **CO**  
Monoxyde de carbone. Gaz inodore pouvant être émis par tout appareil de combustion si celle-ci est incomplète dans le cas d'un fonctionnement au ralenti. Très dangereux, le CO peut être mortel.
- > **CO<sub>2</sub>**  
Gaz carbonique. Lors d'une combustion le carbone (C) contenu dans les hydrocarbures ou le charbon se combine avec l'oxygène de l'air (O<sub>2</sub>) pour donner du gaz carbonique. Le CO<sub>2</sub> est un des principaux responsables de l'effet de serre.
- > **Cogénération**  
Toute machine thermique (comme un moteur diesel ou une turbine) produit de l'énergie mécanique et de la chaleur. Celle-ci est d'habitude perdue, comme dans les centrales nucléaires ou thermiques. La cogénération consiste à fournir à la fois chaleur et énergie mécanique, celle-ci étant le plus souvent convertie en électricité.
- > **Compacité**  
La compacité d'un logement (ou coefficient de forme) est caractérisée par le rapport SV, où S est la somme des surfaces des parois en contact avec l'extérieur ou avec le sol, et V le volume habitable.
- > **Conductivité**  
Capacité d'un matériau à conduire la chaleur. Le coefficient lambda de conductivité s'exprime en watt par mètre et par degré (W/m.K).
- > **COP**  
Coefficient de performance d'une pompe à chaleur. Un COP de 3 signifie que pour 1 kWh fourni en énergie mécanique, une pompe à chaleur fournit 3 kWh en chaleur.
- > **CSTB**  
Centre scientifique et technique du bâtiment

- **Cumulus électrique**  
Ballon dans lequel on accumule de l'eau chaude sanitaire chauffée par une résistance électrique, généralement aux heures où l'électricité est la moins chère.
- **Effet de chasse**  
Effet d'aspiration produit par l'écoulement rapide du volume d'eau de la chasse vers la cuvette des WC, permettant d'évacuer les matières et eaux usées.
- **Efficacité lumineuse**  
Rapport entre le flux lumineux et la puissance absorbée en lumens par watt (lm/W). C'est le « rendement lumineux » d'une lampe.
- **Énergie finale**  
Énergie consommée par l'utilisateur final (particulier, entreprise, collectivité).
- **Énergie primaire**  
Énergie totale qu'il faut utiliser pour transformer et transporter de l'énergie jusqu'à son utilisation finale.
- **Flux lumineux**  
Quantité de lumière émise à la tension normale de fonctionnement d'une lampe. On la mesure en lumens (en abrégé lm).
- **Fréquence**  
Nombre de cycles par seconde d'un phénomène ondulatoire. La fréquence s'exprime en hertz (Hz).
- **Gaz naturel**  
Mélange naturel d'hydrocarbures gazeux, extrait de gisements souterrains et amené par des conduites jusqu'au domicile. On l'appelle aussi « gaz de ville », par opposition au gaz en bouteille.
- **GPL**  
Gaz de pétrole liquéfié. Mélange de gaz butane et propane liquéfiés, le GPL est surtout utilisé dans les transports.
- **HCFC**  
Hydrochlorofluorocarbures. Produits de substitution aux CFC, globalement vingt fois moins nocifs pour la couche d'ozone.
- **Humidité absolue de l'air**  
Quantité d'eau, en gramme par mètre cube, contenue dans l'air sous forme de vapeur.
- **Humidité relative de l'air**  
Pourcentage de vapeur d'eau contenue dans l'air par rapport au maximum que celui-ci peut contenir à la même température.
- **Hydrocarbures**  
Composés de carbone et d'hydrogène. Le gaz naturel, le pétrole sont des mélanges complexes d'hydrocarbures.
- **Incandescence**  
Phénomène de production de la lumière par élévation de la température d'un corps solide, liquide ou gazeux.
- **IRC**  
Indice de rendu de couleur. L'indice IRC exprime la capacité d'une lampe à restituer différentes couleurs. Il varie de 0 à 100. L'indice maximum correspond à une lumière blanche naturelle émettant la lumière de façon bien répartie sur une large gamme de longueur d'onde. C'est le cas des lampes à incandescence (IRC = 100). La répartition des lampes fluorescentes est un peu moins bonne (IRC = 85).
- **Isolation extérieure**  
Isolation placée du côté extérieur d'un mur, et non à l'intérieur. Dans ce cas une partie du mur peut stocker de l'énergie, augmentant l'inertie thermique et limitant les variations de température intérieure.
- **Isolation intérieure**  
Isolation placée du côté intérieur d'un mur (côté habitation), et non à l'extérieur. Dans ce cas l'épaisseur du mur ne stocke pas de l'énergie. En été l'énergie solaire arrivant dans l'habitation aura tendance à réchauffer vite l'air ambiant et la température intérieure fluctuera rapidement.
- **Joule**  
Unité d'énergie dans le système international.
- **kWh (kilowattheure)**  
Unité d'énergie employée par les électrociens. Elle est égale à celle qui serait consommée par un appareillage d'une puissance de 1000 W durant une heure (ne pas l'écrire kW/h, erreur fréquente même dans des publications techniques).
- **Lampes à décharge**  
Les lampes à décharge exploitent la luminescence provoquée par des décharges électriques : elles fonctionnent un peu comme un éclair en continu. Elles sont surtout utilisées lorsque l'on a besoin d'un éclairage puissant et économique.
- **Lampes halogènes**  
Les lampes halogènes sont des lampes à incandescence dont le gaz contient des composés (les halogènes) permettant d'augmenter l'efficacité lumineuse et d'éviter une trop rapide usure du filament de tungstène. Dans ce type de lampe les atomes de tungstène, en s'évaporant, se combinent avec les atomes de composés halogènes en formant des molécules d'halogénures de tungstène. Plus lourdes, celles-ci se déposent de nouveau sur le filament et se dissocient sous l'effet de la chaleur : les atomes de tungstène se fixent alors à nouveau sur le filament et les atomes d'halogènes redeviennent disponibles pour un nouveau cycle.
- **Lampes à incandescence**  
Dans les lampes à incandescence, l'électricité porte à haute température un filament de tungstène enfermé dans une ampoule en verre vide d'air ou remplie de gaz inertes.
- **Lampes fluorescentes**  
Les lampes fluorescentes utilisent le rayonnement visible produit par une poudre électro-luminescente recouvrant la surface intérieure d'un tube de verre. Les tubes « fluo » et les lampes fluocompactes « basse consommation » appartiennent à cette catégorie.
- **LBC ou LFC**  
Forme abrégée de « Lampe Basse Consommation » ou « Lampe Fluo-Compacte »
- **Linolite**  
Lampe tubulaire à incandescence à deux culots avec verre dépoli ou opalisé diffusant une lumière douce.
- **Longueur d'onde**  
Distance entre deux ondes consécutives. Pour les rayonnements composant la lumière, elle s'exprime en nanomètres (nm).
- **Lumière zénithale**  
Lumière provenant de la partie la plus haute du ciel, le zénith.
- **Luminescence**  
Rayonnement émis par un gaz soumis à des décharges électriques (comme les éclairs d'un soir d'orage) ou bien à des réactions chimiques (comme un ver luisant).
- **Luminaire**  
Appareil d'éclairage (spot, lampadaire, suspension, applique).
- **Masques à l'ensoleillement**  
Obstacle au rayonnement solaire. Les masques peuvent être très éloignés (une montagne), proches (la maison d'en face, un arbre) ou intégrés à la construction (un balcon).
- **Micro-ondes**  
Un four à micro-ondes produit un courant électromagnétique de très hautes fréquences (2 450 MHz) qui chauffe sur deux à trois centimètres les molécules d'eau contenues dans les aliments. Le réchauffement plus en profondeur se fait par conduction de la chaleur.
- **Micro-ventouse**  
Conduit permettant l'amenée d'air et l'évacuation des fumées d'une chaudière murale.
- **Monomur**  
Contrairement à un mur « sandwich » (composé par exemple d'un isolant et d'une brique) un monomur est un mur dont l'isolant est réparti dans toute l'épaisseur. On parle aussi de mur à isolation répartie.
- **MW**  
Mégawatt. Unité de puissance valant un million de watts.
- **Nanomètre**  
Un nanomètre (nm) =  $10^{-9}$  m = un milliardième de mètre.
- **Négawatt**  
Watt économisé par une conception ou un équipement utilisant l'énergie de manière plus efficace.
- **NO<sub>x</sub>**  
Oxydes d'azote. L'émission de NO<sub>x</sub> est provoquée par un excès d'oxygène lors de la combustion.
- **Perméabilité**  
Propriété physique d'un matériau à laisser se diffuser en lui la vapeur d'eau.

Création graphique et mise en page : Louma productions, Aniane.  
Illustrations : D. Delebecque et S. Naili.

Photos : Systèmes solaires : p. 14 ; Ademe/Eliope : p. 57 ;  
Total Energie : p. 59 ; Anjos : p. 70 ; AC : p. 76 ; OFQC : p. 82 ;  
OSRAM : pp. 87, 93, 132 ; Neoperl : p. 115 ; Ombg : p. 117 ;  
Auer : p. 120 ; Pazen : p. 128 ; Gefosat : pp. 129, 131

Autres illustrations, courbes et schémas : droits réservés.  
Livre imprimé sur papier 100 % recyclé avec des encres à base  
d'huiles végétales.

Impression : Louis-Jean Imprimeur, Gap

Dépôt légal : 319 - Juin 2004