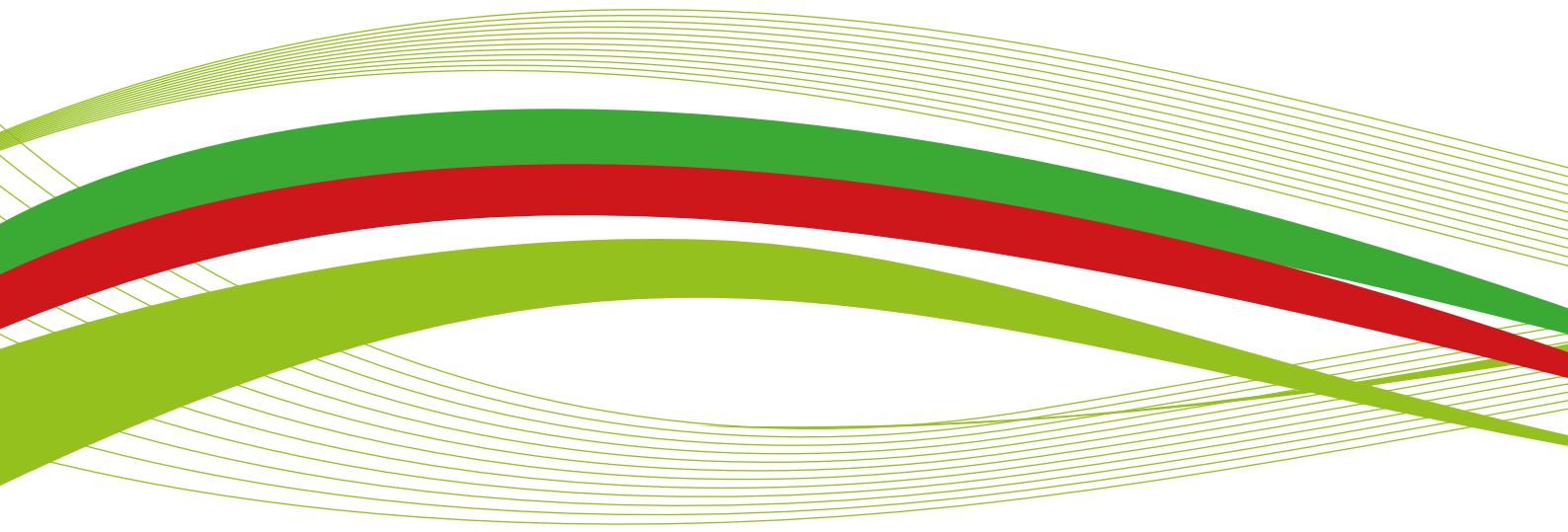


# Mieux vivre notre environnement

Comment optimiser les performances  
énergétiques de votre habitation ?







# sommaire

<b>I</b>	<b>Les enjeux énergétiques dans le bâtiment</b> .....	<b>3</b>
<b>II</b>	<b>La conception « bioclimatique » des bâtiments</b> .....	<b>3</b>
A	La compacité .....	4
B	Favoriser les apports solaires et l'éclairage naturel.....	5
C	Utiliser l'inertie thermique .....	7
D	Organiser les espaces de vie.....	8
<b>III</b>	<b>L'enveloppe du bâtiment</b> .....	<b>9</b>
A	L'isolation thermique des parois opaques.....	9
B	Eliminer les ponts thermiques.....	12
C	L'isolation des fenêtres.....	12
D	L'étanchéité à l'air et la ventilation .....	15
<b>IV</b>	<b>Améliorer de l'efficacité énergétique des équipements</b> .....	<b>16</b>
A	Comment améliorer l'efficacité énergétique des équipements ? .....	16
B	Le système de chauffage .....	16
C	L'eau chaude sanitaire.....	19
D	Eclairage et appareils électriques.....	20
<b>V</b>	<b>Les énergies renouvelables</b> .....	<b>21</b>
A	Les réseaux de chaleur .....	21
B	Les panneaux solaires.....	22
C	Le petit éolien.....	26
D	Les pompes à chaleur.....	27
E	Le puits canadien.....	28
F	Le bois énergie.....	29
G	La cogénération .....	30
<b>VI</b>	<b>Analyser le cycle de vie d'un bâtiment</b> .....	<b>30</b>
A	L'évolutivité du bâtiment.....	30
B	Evaluer l'impact environnemental des matériaux de construction .....	30
C	Les matériaux d'isolation naturels.....	33
D	Le bois matériau .....	34
	<b>Lexique</b> .....	<b>36</b>
	<b>Les aides financières</b> .....	<b>37</b>
	<b>Textes réglementaires</b> .....	<b>37</b>
	<b>Bibliographie</b> .....	<b>37</b>
	<b>Les adresses utiles</b> .....	<b>38</b>

# I Les enjeux énergétiques dans le bâtiment

La participation de l'activité humaine au dérèglement du climat est un fait avéré. La combustion des énergies fossiles (pétrole, gaz, charbon...) entraîne une accumulation de gaz à effet de serre dans les basses couches de l'atmosphère, ce qui induit une augmentation durable de la température moyenne de la planète. Les conséquences de ce réchauffement sont multiples : fonte des calottes glacières, augmentation du niveau des océans, augmentation des phénomènes climatiques locaux extrêmes, déplacements de population et réduction de la biodiversité...

En France, le bâtiment - résidentiel et tertiaire confondus - est le premier consommateur d'énergie finale (de l'ordre de 40% % de la consommation d'énergie finale consommée), et le 2<sup>ème</sup> émetteur de gaz à effet de serre derrière les transports (20 à 25% des émissions nationales). C'est donc l'un des leviers prioritaires pour lutter contre le réchauffement climatique.

Dans un souci de réduction des consommations énergétiques et de réduction des émissions de gaz à effet de serre, la priorité devrait porter sur l'enveloppe du bâtiment afin de réduire les besoins en énergie et les sources de consommation énergétique et sur l'efficacité des équipements de production de chaleur (chauffage, eau chaude sanitaire) et consommateurs d'énergie (éclairage, équipements électriques...).

Afin de diminuer fortement ces consommations énergétiques, trois axes d'actions sont à développer :

- améliorer la performance thermique des bâtiments neufs ou anciens pour limiter leurs besoins énergétiques liés au chauffage,
- réduire les besoins énergétiques pour la production d'eau chaude sanitaire et l'éclairage,
- maîtriser la demande en électricité pour les différents usages (éclairage, bureautique, électroménager),
- limiter le recours à la climatisation.

Depuis 2005, l'objectif est de diviser par 4 nos consommations énergétiques d'ici 2050 (« facteur 4 »). Celui-ci est inscrit dans la loi programme fixant les orientations de la politique énergétique (Loi POPE). Pour répondre à cet objectif, les lois Grenelle 1 et 2 imposent pour 2012 la performance « Bâtiment Basse Consommation » (BBC) pour les bâtiments neufs : soit une consommation de 50 kW/m<sup>2</sup>/an, (65 kWh/m<sup>2</sup>/an corrigé des conditions climatiques en Ile-de-France) pour le chauffage, le refroidissement, la ventilation, la production d'eau chaude sanitaire et l'éclairage. Cette nouvelle réglementation implique des techniques de conception ou de réhabilitation spécifiques et différentes des modes de construction conventionnels. Il est déjà prévu par une directive européenne que tous les bâtiments neufs seront à énergie positive à partir de 2020. Pour les bâtiments existants, un gros programme de rénovation énergétique est nécessaire pour parvenir à l'objectif « facteur 4 ». Il convient de prendre en compte cet objectif dans les actions et travaux de rénovation et amélioration des bâtiments qui vont être effectués dès les années à venir.

Le Val-de-Bièvre possède un parc immobilier relativement ancien :

- 78% des logements ont été construits avant la 1<sup>ère</sup> réglementation thermique (1975). Dans la mesure où ces bâtiments n'ont pas subi de rénovation énergétique, ils sont très énergivores.
- 13% des logements ont été construits entre 1975 et 1989. Durant cette période, les premières réglementations thermiques ont permis une légère isolation. Cependant, cette amélioration n'est plus adaptée pour répondre aux enjeux actuels, et les installations ont vieilli. La plupart de ces bâtiments nécessitent des travaux d'amélioration énergétiques importants.

## II La conception « bioclimatique » des bâtiments

Le bâtiment doit s'intégrer à la morphologie du site et à son environnement existant. Le maître d'ouvrage doit veiller à implanter sa construction de manière à perturber le moins possible :

- les courbes de niveau existantes (décaisser le moins possible),
- l'état des nappes phréatiques et les écoulements naturels des eaux de pluie,
- les déplacements piétons ou cyclistes à l'intérieur de la parcelle et son accès vers l'espace public.

En construction comme en rénovation, il est nécessaire de prendre en compte l'environnement proche (espaces, relief, bâtiments...) et le climat local afin de favoriser le plus possible la performance énergétique. La conception bioclimatique vise à adapter la forme bâtie aux conditions climatiques et ressources naturelles locales (soleil, vent). Elle s'appuie sur plusieurs principes détaillés ci-dessous.

L'implantation du bâtiment veillera à une orientation et une disposition des logements favorisant : la captation des apports solaires en hiver, un bon niveau de confort thermique (notamment en été), le confort visuel et la protection acoustique.

Toutes ces solutions sont très avantageuses car elles permettent d'atteindre de hautes performances environnementales (économie d'énergie, gestion de l'eau, protection au bruit...) sans surcoût.

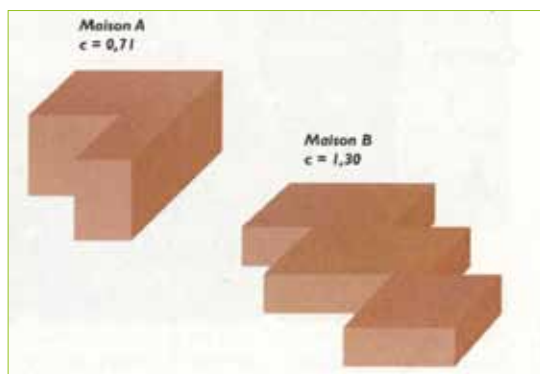
***De toutes les améliorations énergétiques possibles, les solutions de la conception bioclimatique sont les seules qui ne nécessitent aucun surcoût. Une bonne conception permet d'économiser d'emblée 15% des coûts d'énergie.***

### A La compacité

D'un point de vue énergétique, il faut favoriser des bâtiments le plus compacts possibles. La compacité d'un bâtiment est un élément important de l'implantation car elle influence fortement les déperditions thermiques, l'emprise au sol et permet de limiter l'étalement urbain. Elle est définie par un coefficient de compacité noté C, qui correspond au rapport entre la surface extérieure totale et le volume habitable ( $C=S/V$ ). Plus le coefficient est faible plus le bâtiment est compact. Une bonne compacité intervient à partir d'un coefficient de compacité de 0,7.

#### 1 Les déperditions énergétiques

Pour un même volume, un bâtiment peu compact présente une surface d'enveloppe et un nombre d'arêtes plus importantes qui conditionnent les déperditions thermiques par les parois. D'un point de vue énergétique, il faudra donc favoriser des bâtiments les plus compacts possibles.



Source : Thierry Salomon – Stéphane Bedel La maison des négawatts

Dans le cas des 2 bâtiments ci-dessus, la maison B est beaucoup moins compacte et ses pertes énergétiques augmentent de 82% par rapport à la maison A.

La mitoyenneté améliore aussi la compacité et permet de limiter fortement la demande. Le passage de 3 à 2 façades réduit la perte de chaleur de l'enveloppe de 25 % et le coût de la construction est réduit par la synergie apportée.

### Bâtiments collectifs

Pour améliorer la compacité, une réflexion peut être portée sur l'extraction de certaines parties communes du volume du bâtiment. Par exemple, des cages d'escalier ouvertes mais insérées dans le volume du bâtiment peuvent démultiplier la surface de déperdition du bâtiment de plus de 15% et entraîner une surconsommation de l'ordre de 5 à 10 %. Il est donc préférable thermiquement, de réaliser un escalier extérieur.

## 2 L'emprise au sol

La compacité permet aussi de limiter la surface au sol du projet. Cela favorise l'équilibre entre les espaces verts et les espaces construits ainsi qu'une meilleure gestion des eaux pluviales sur la parcelle.

Bâtiments collectifs

Les bâtiments collectifs permettent, de par leur compacité, de nombreux bénéfices. En comparant 8 logements construits en unités individuelles indépendantes avec un collectif R+1 de même volume, on constate pour le bâtiment collectif :

- une diminution de l'emprise au sol de 65% ;
- une diminution de la surface de l'enveloppe de 65% ;
- une diminution de la consommation de chauffage de 30% ;
- et une diminution du coût de construction de 40%.

Cependant, une forte compacité ne doit pas aboutir à la réalisation d'immeubles trop hauts ou de tours qui ne permettent pas de développer un climat social favorable et ont tendance à augmenter les consommations énergétiques du bâtiment (ascenseurs notamment).

## B Favoriser les apports solaires et l'éclairage naturel

L'orientation sud d'un bâtiment favorise les apports solaires en hiver, fournissant une part importante d'énergie gratuite et renouvelable (10 à 20 % environ) pour les besoins de chauffage et d'éclairage. Le concepteur optimisera les apports solaires en orientant la construction vers le sud tout en veillant à se protéger des apports solaires estivaux.

Cette orientation du bâtiment nécessitera l'étude :

- de l'usage des locaux ;
- de l'ombrage naturel issu de l'environnement (autres bâtiments, végétation, ...) ;
- de l'importance des surfaces vitrées et du type de protection solaire envisagé sur chacune des façades.
- des possibilités d'intégrer des capteurs solaires ;



En neuf et dans les projets d'extension, une attention particulière doit être portée sur les masques portés par les bâtiments existants, ainsi que sur les masques portés par le bâtiment sur les autres bâtiments.

Bâtiments collectifs

Pour les bâtiments comprenant 2 façades principales et dont l'implantation est libre, une orientation sud/nord sera privilégiée pour différentes raisons :

- une orientation sud/nord, avec séjour au sud, permet une économie des besoins en chauffage par rapport à une orientation est/ouest.
- La disposition de vitrage au sud permet des apports solaires supérieurs aux autres orientations, en période de chauffage.
- La protection contre l'ensoleillement et les apports solaires en été est plus facile au sud (possibilité d'ombrage par balcon notamment).

On veillera au maximum à concevoir des logements dits « traversants », de façon à favoriser la ventilation naturelle, notamment nocturne en été qui permet de faire baisser la température intérieure dans cette saison, et facilite le rafraîchissement du logement en période chaude.

## 1 Optimiser l'orientation et la surface des vitrages

Lorsque le rayonnement solaire frappe la paroi vitrée d'un local, il traverse le vitrage et se trouve piégé pour partie à l'intérieur. Ce phénomène, appelé effet de serre permet une accumulation de chaleur gratuite et renouvelable à l'intérieur du bâtiment. Les surfaces vitrées favorisent également l'éclairage naturel et diminuent donc les besoins énergétiques pour l'éclairage.

### Bâtiments collectifs

La taille des fenêtres : Un ratio de surface vitrée égal ou supérieur, pour l'ensemble du logement, au 1/6ème de la surface habitable est recommandé.

Orientation du local	Surface de la surface vitrée / surface habitable
Sud	supérieure à 15%
Est, ouest, nord	comprise entre 10 et 18%

Dans un appartement type, le besoin de chauffage diminue de 4% si le rapport « surface de vitrage sud / surface de local » passe de 12% à 18%. Pour les autres orientations, si la surface de vitrage est trop importante, cela conduit à une augmentation des déperditions importantes par rapport aux apports solaires. Cependant, dans un milieu urbain dense (cœur d'îlot, rue étroite) qui ne permet pas un éclairage naturel suffisant, il peut-être nécessaire de déroger à ces prescriptions pour assurer un meilleur confort visuel.

**La hauteur des fenêtres :** A surface identique, les linteaux\* des fenêtres seront les plus élevés possible. Il s'agit de favoriser l'éclairage naturel tout en limitant les apports solaires risquant de provoquer des surchauffes. On peut considérer qu'une pièce est correctement éclairée naturellement jusqu'à une profondeur égale à 2 à 2,5 fois la hauteur de la fenêtre. Pour les pièces de grande surface (et souvent de grande profondeur), on essaiera de veiller à avoir plusieurs sources d'éclairage naturel sur des parois adjacentes ou opposées.

### Bâtiment individuel

Afin de diminuer les déperditions au nord et d'optimiser les apports solaires d'hiver tout en limitant l'inconfort d'été, la proportion de parois vitrées par rapport à la surface des façades varie en fonction de leur orientation :

Façade sud	Façade nord	Façades est et ouest
40 à 50%	10 à 15%	15 à 20%

## 2 Mettre en œuvre des protections solaires

L'augmentation des parois vitrées peut se faire au dépend du confort des occupants en période estivale, voire en mi-saison. Il est donc indispensable de disposer des protections solaires sur les façades exposées au soleil (sud, est et ouest) afin de limiter le rayonnement solaire au travers des parois vitrées au cours des



mois d'été et en mi-saison, tout en laissant pénétrer la lumière naturelle. Elles seront étudiées pour protéger du soleil lorsqu'il est haut (été) et le laisser pénétrer lorsqu'il est bas (hiver). Les espaces de nuit (chambres) exposés à un ensoleillement (du nord-est au nord-ouest) seront équipés d'une protection solaire. De nombreuses techniques simples sont disponibles :

**Protections intégrées :** Porche, débord de toiture, brise soleil, étagère à lumière (installée au 2/3 de l'ouverture, elle protège la paroi vitrée et réfléchit la lumière naturelle vers l'intérieur) ;

8



*de gauche à droite*

*Brise soleil Source : Agence de l'Energie Val-de-Marne Vitry*

*Etagère à lumière, Collège Pic Saint Loup Source : Tribu*

*Débord de toiture : Quartier Vauban - Agence de l'Energie Val-de-Marne Vitry*

**Protections rapportées :** Volets, persiennes, stores extérieurs (à privilégier aux stores intérieurs qui laissent passer une partie de la chaleur) ;

**Protections végétales :** Plantation d'arbres à feuilles caduques, pergolas d'espèces grimpantes...

### 3 Techniques particulières pour utiliser les apports solaires

**L'utilisation d'une serre bioclimatique.** Orienté au sud, cet espace de transition entre l'extérieur et l'intérieur permet de capter le rayonnement solaire en hiver. L'air chaud sera transmis par des bouches d'aération vers les espaces de vie. Des occultations extérieures pour l'été et des ouvertures qui permettront à l'aération naturelle de refroidir la serre durant les nuits d'été sont recommandées pour éviter les surchauffes. Une serre encastrée peut apporter en moyenne de 80 à 120 kWh/m<sup>2</sup> de vitrage et par an.

**Utilisation d'un mur capteur.** Appelé aussi mur Trombe, il s'agit d'un mur de forte densité installé en façade sud derrière un vitrage. Le mur est chauffé par le soleil traversant le vitrage et restitue par rayonnement la chaleur la nuit.

## C Utiliser l'inertie thermique

L'inertie thermique est la capacité d'un matériau à stocker de la chaleur et à la restituer ultérieurement, lorsque la température ambiante s'est amoindrie. Cette capacité est propre aux matériaux de forte densité (béton, brique, pierre, bois denses,...) qui leur permettent de :

- stocker la chaleur émise par le système de chauffage et les apports solaires, de la restituer plus tard et ainsi de fournir une température intérieure plus constante qui limite les redémarrages de chaudière ;
- atténuer les surchauffes journalières d'été en stockant la chaleur la journée, qui sera ensuite évacuée par surventilation nocturne.

Une bonne inertie du bâtiment permet donc d'améliorer notablement le confort thermique en été. Dans une moindre mesure elle permet une réduction des besoins de chauffage.

Les masses d'inertie peuvent se stocker dans les parois verticales (mur intérieur ou extérieur), horizontales (plafonds, plénum\*, chape de béton\*, carrelage) ou souterraines (bâtiment partiellement enterré).



Pour utiliser l'inertie thermique à bon escient :

- lorsque c'est possible préférer l'isolation par l'extérieur (l'isolation par l'intérieur crée une barrière à l'absorption et la restitution de la chaleur par le matériau ;
- les dalles de sol et de plafond des locaux ensoleillés ne doivent pas être isolées thermiquement par l'intérieur (revêtements à caractère isolant notamment) ;
- dans les pièces occupées en journée, l'inertie la plus importante est nécessaire pour absorber la chaleur diurne et l'éliminer durant la nuit ;
- les pièces de nuit auront une inertie faible car elles ne sont pas utilisées le jour et nécessitent une ventilation rapide.

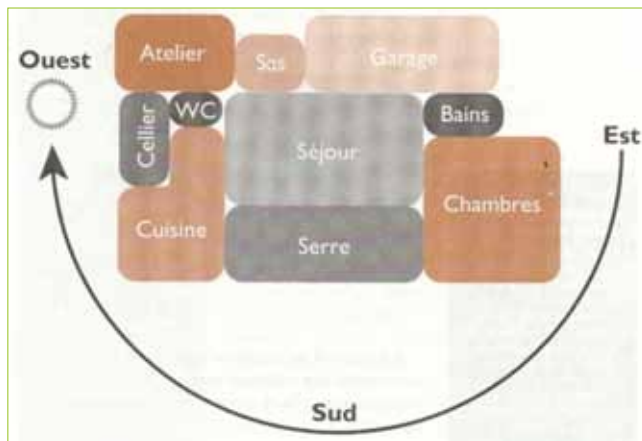
## D Organiser les espaces de vie

Il est possible de limiter les consommations de chauffage et d'éclairage en organisant les espaces en fonction du mode d'occupation et de la course du soleil.

On placera :

- Au sud, les espaces de jour (salon et cuisine) nécessitant chaleur et lumière en journée ;
- Au nord, les espaces dits « tampons » (cellier, garage, pièces humides), peu utilisés et où le besoin de chaleur est absent ou ponctuel ;
- A l'est, à l'ouest ou au nord, les espaces de nuit (chambre) ou intermédiaires où le besoin de chaleur est réduit.

L'organisation spatiale dépend aussi du mode de vie de chacun (chambre à l'est pour profiter du lever du soleil le matin et non à l'ouest pour limiter les risques de surchauffe) et de l'environnement : il n'existe donc pas de règle stricte.



Source : Thierry Salomon – Stéphane Bedel La maison des négawatts

### Bâtiments collectifs

Dans un immeuble collectif, l'agencement de chaque pièce tiendra compte :

- des nuisances acoustiques internes à l'appartement (superposer les locaux de même fonction pour des raisons acoustiques, éloigner les chambres des cages d'ascenseur, disposer des espaces tampons entre locaux de jour et locaux de nuit ...) ;
- de la distribution des techniques (regrouper les locaux sanitaires et cuisine pour rationaliser la distribution des fluides...).

## III L'enveloppe du bâtiment

La conception de l'enveloppe sera basée sur un haut niveau d'isolation des parois opaques (murs, dalles, toitures) et vitrées.

*L'isolation thermique d'un bâtiment est le poste d'amélioration énergétique à traiter en priorité. Elle permet de réduire massivement les besoins, et donc les consommations, pour un coût raisonnable.*

10

### A L'isolation thermique des parois opaques

L'isolation thermique d'une paroi est la capacité de celle-ci à ne pas être traversée par la chaleur. Un isolant thermique est un matériau épais et léger, qui emprisonne de l'air de façon immobile par un enchevêtrement de fibres ou une microporosité (pour plus de détail, voir annexes techniques)

#### 1 L'isolation de la toiture

L'isolation de la toiture doit être la plus performante possible car l'air chaud monte par convection et fait de la toiture la principale zone déperditive d'un bâtiment.

L'application d'une isolation nécessite souvent une lame d'air ventilée entre la paroi et l'isolant ainsi qu'un pare-vapeur pour limiter la condensation à l'intérieur de l'isolant. L'isolation sera disposée en superposant les laies de façon croisée afin d'éviter les ponts thermiques.

**Combles perdus.** L'isolation sera disposée sur le plancher entre les chevrons\* afin d'éviter de chauffer les combles non-occupés. L'isolant sera protégé d'un plancher circulaire pour éviter une détérioration trop rapide et permettre l'accès au volume.

**Combles aménagés.** Dans le cas de combles aménagés, l'isolation sera disposée sous les pentes du toit entre les chevrons\* et protégée d'un plaquage.

**Toiture terrasse.** L'isolation d'une toiture plate se fait toujours par-dessus la structure portante.

L'isolation thermique se mesure selon différents paramètres énergétiques :

- La résistance thermique (notée R en  $m^2.K/W$ ), correspond à la capacité du matériau à ne pas laisser passer la chaleur. Plus R est grand, plus le matériau est performant. R est fonction de l'épaisseur (quand on double une épaisseur on double le R) et de la conductivité thermique.
- La conductivité thermique (notée  $R : \lambda$  en  $W/m.K$ ), correspond à la quantité de chaleur qui traverse le matériau. Plus R est petit, plus le matériau est isolant. Pour un bon isolant le coefficient R doit être le plus faible possible, idéalement compris entre 0,04 et 0,03.

#### Préconisations de performances minimales

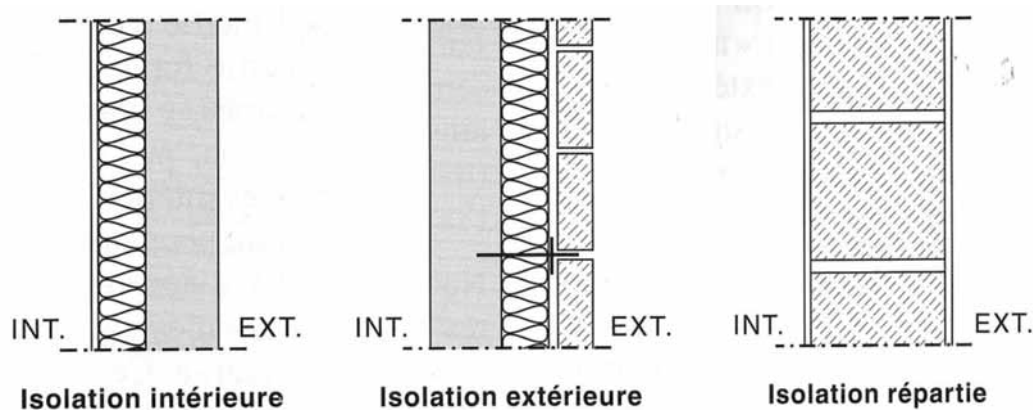
Du fait de la future généralisation de la basse consommation dans la construction, le tableau ci-dessous donne les performances et épaisseurs d'isolation minimales. Sont également indiquées des valeurs recommandées (colonne de droite)

	Bâtiment basse consommation en neuf		Bâtiment basse consommation en rénovation		Performances recommandées	
	Résistance ( $m^2.K/W$ )	Epaisseur (cm)	Résistance ( $m^2.K/W$ )	Epaisseur (cm)	Résistance ( $m^2.K/W$ )	Epaisseur (cm)
Toiture	> 6,5	> 30	5	20	7	30
Murs	> 3.5	>15	3	10 à 12	4,5	15 à 18
Sol sur vide sanitaire	> 3	>13	2,5	10	4,5	15 à 18



### 3 L'isolation des murs extérieurs

Les 3 grands types d'isolation



Source : Daniel Bernstein – Jean-Pierre Champetier- Thierry Vidal  
Anatomie de l'enveloppe des bâtiments

Type d'isolation	Matériaux	Avantages	Inconvénients
<b>Isolation par l'intérieur</b>	- fibre minérale - fibre organique - polystyrène	coût réduit	Surcoût en rénovation (découpe, déplacement des radiateurs...) Réduit l'espace intérieur Prive de l'inertie thermique de la paroi Favorise les ponts thermiques et les points de condensation
<b>Isolation par l'extérieur</b>	- Fibre minérale - Fibre organique - Polystyrène	Mise en œuvre rapide Permet de bénéficier de l'inertie thermique des parois Elimine les ponts thermiques	Coût élevé (dû entre autre à l'échafaudage) Manque de formation des professionnels notamment pour les isolants organiques
<b>Isolation répartie</b>	- Briques monomur - Béton cellulaire - Béton de pierre ponce	Evite l'ajout d'un isolant pour les éléments les plus épais Bonne inertie thermique Elimine les ponts thermiques	Coût élevé Manque de formation des professionnels Uniquement en neuf ou extension de surface

D'un point de vue énergétique, l'isolation par l'extérieur et l'isolation répartie sont les plus efficaces.

*L'isolation par l'extérieur*

**L'isolation par l'extérieur est la plus performante dans la mesure où elle évite notamment les ponts thermiques.**

Elle consiste à appliquer à l'extérieur de la paroi un isolant sur rail ou collé-fixé, puis un bardage\* ou un enduit avec différentes couches intermédiaires en fonction des configurations. Les techniques se généralisent actuellement dans le neuf.

En rénovation, l'installation est plus complexe, il faut veiller à ce:

- qu'elle ne dénature le caractère esthétique, historique ou patrimonial du bâtiment ; On veillera notamment à ce les sous bassement soient également traités. En effet, dans certains cas, le pied du mur apparaît en retrait ce qui nuit à l'esthétique du bâtiment.
- qu'elle ne perturbe pas l'équilibre hygrothermique\* du bâti (voir installation d'un pare vapeur en annexe).

### Cas particuliers : bâtiments anciens

Sur le bâti ancien, il est important de veiller à ne pas dégrader l'équilibre hygrothermique des parois. Il en est ainsi des bâtiments dont les maçonneries sont en moellons de calcaire ou moellons de meulière ou sont hourdiés au plâtre (qui sont des matériaux poreux). Dans ce cas, les parois sont et doivent rester perméables à la vapeur d'eau. Quand on va de l'intérieur vers l'extérieur de la paroi, il faut que les matériaux soient de plus en plus perméables à la vapeur d'eau. Ceci est d'ailleurs valable dans le cas d'une isolation par l'intérieur comme d'une isolation par l'extérieur.

Dans tous les cas, sur ce type de bâti, il convient de ne pas utiliser de pare-vapeur qui empêche la circulation de la vapeur d'eau au travers de la paroi (pour plus de détail, voir annexes techniques). Si besoin on utilisera un freine-vapeur côté intérieur.

### Quelques recommandations en cas d'isolation par l'extérieur

- ne pas utiliser d'isolant imperméable ou peu perméable à la vapeur d'eau (exemple polystyrène),
- les enduits et parements extérieurs doivent être étudiés pour offrir une grande perméabilité à la diffusion à la vapeur d'eau.

Dans tous les cas, une bonne ventilation, dont il conviendra probablement d'accroître les capacités, permet d'éviter ou limiter les désagréments liés à l'augmentation de l'étanchéité des parois. Cette technique semble plus appropriée et plus aisée à concevoir et mettre en œuvre pour des bâtiments plus récents (à partir des années 1950).



1) Isolation par l'extérieur en laine minérale à Bedzed – Christine De Buhan

2) Pose d'isolation par l'extérieur sur un immeuble de logements, au Kremlin-Bicêtre – CAUE 94

### Mettre en œuvre un pare-vapeur.

Le complexe d'isolation doit tenir compte de l'humidité du local et de la paroi. Un logement produit de grandes quantités de vapeur qui en hiver, migrent à travers la paroi de l'intérieur vers l'extérieur. Pour éviter que l'humidité ne condense dans l'isolant, il est appliqué un pare-vapeur du côté intérieur de l'isolant. Le pare-vapeur doit être compatible avec les matériaux d'isolation et d'étanchéité utilisés :

- Dans le cas d'une laine minérale, il sera utilisé un pare-vapeur étanche pour qu'aucune trace d'humidité ne pénètre dans l'isolant. En effet, ces isolants perdent leurs performances et se détériorent au contact de la vapeur d'eau. L'humidité peut migrer tout de même au niveau de défaut et entre les laines du pare-vapeur.
- Dans le cas d'une laine organique (chanvre, laine de bois...), il sera utilisé un freine-vapeur (plus perméable) qui laisse pénétrer lentement l'humidité à travers l'isolant pour qu'elle s'évapore vers l'extérieur. Ces matériaux résistent mieux à la présence d'humidité.

<sup>1)</sup> La perméabilité à la vapeur d'eau d'un matériau est caractérisée par la Perméance (symbole P). La perméance doit être croissante en allant de l'intérieur vers l'extérieur.

## B Eliminer les ponts thermiques

Un pont thermique est une faiblesse dans l'enveloppe d'un bâtiment à travers laquelle les calories passeront en priorité. Les ponts thermiques se trouvent à différents endroits d'une enveloppe :

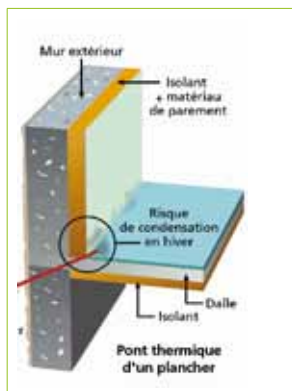
- jonction entre 2 parois ;
- jonction entre une paroi intérieure et une paroi donnant sur l'extérieur (mur de refend\*/terrasse, chape\*/balcon, chape/mur extérieur) ;
- Pourtour de baies vitrées, de portes ;
- Ouvertures techniques (prise électrique, serrure...).

Très présents dans les bâtiments isolés par l'intérieur, **les ponts thermiques peuvent représenter jusqu'à 15% des déperditions totales des parois.**

Il existe différentes possibilités pour les réduire :

- isolation extérieure continue ou isolation répartie ;
- rupteurs de ponts thermiques entre parois ;
- menuiseries à rupture de ponts thermiques ;
- volets extérieurs, principalement sur les façades exposées au froid ou au vent.

Le détail technique des raccords de façade (angles, raccords des façades avec les planchers, toitures, balcons, fenêtres...) devra être étudié afin d'assurer la continuité de l'isolation et de l'étanchéité à l'air.



*Schéma d'un pont thermique  
- Source Plaquette ADEME «  
L'isolation thermique »*

## C L'isolation des fenêtres

Les éléments vitrés (fenêtres, portes fenêtres) sont un des principaux points sensibles de l'enveloppe d'un bâtiment. Ils doivent répondre à des objectifs multiples et parfois contradictoires : apports de chaleur et de lumière naturelle, vue sur l'extérieur, aération, isolation, protection contre le climat, le bruit, les effractions... En construction comme en rénovation l'installation ou le changement d'un élément vitré doit être mûrement réfléchi.

### 1 Choisir son vitrage

Le vitrage peut devenir le point faible thermique de la paroi car le verre est très conducteur. Cependant, le renforcement thermique d'une paroi vitrée diminue la pénétration du rayonnement solaire.

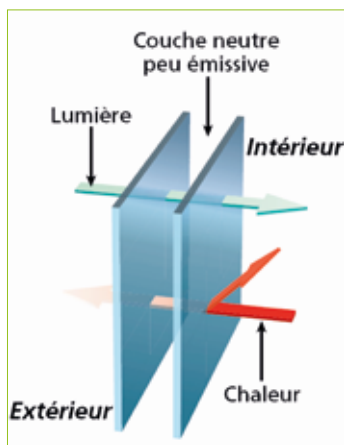
*Les différentes technologies recommandées*

**Le double vitrage à isolation renforcée (VIR) ou faible émissivité :** l'émissivité\* du vitrage est réduite par l'apposition d'une couche d'oxyde métallique peu émissive sur la surface intérieure d'un des vitrages, qui réfléchit la chaleur vers l'intérieur du local.

L'isolation est renforcée en remplaçant l'air entre les deux vitrages par un gaz inerte (argon...).

- **Triple vitrage** : la performance est accentuée par la présence de 3 vitrages et de deux lames d'air. Elles peuvent être complétées de gaz inerte ou d'une isolation renforcée.

Principe d'un vitrage à isolation renforcée



Source : Plaquette ADEME « L'isolation thermique »

14

### Les caractéristiques thermiques du vitrage

La performance énergétique du vitrage seul est caractérisée par le coefficient  $U_g$ , Plus il est faible, plus le vitrage est performant. Toutefois, il convient d'être plus particulièrement attentif à la performance énergétique de l'ensemble « vitrage + menuiserie » définie par le coefficient  $U_w$  (voir la section XXX). Les exigences thermiques à venir (RT 2012 – Bâtiment Basse Consommation) nécessitent au minimum la pose d'un double vitrage large (4/16/4) adjoint d'un gaz inerte ou d'une isolation renforcée.

### La performance thermique des fenêtres à atteindre

Le coefficient de transmission thermique surfacique, notée  $U_w$  ( $W/m^2.K$ ) correspond à la quantité de chaleur qui traverse la fenêtre. Plus  $U_w$  est petit, plus la fenêtre est isolante

Le coefficient  $U_w$  doit être le plus faible possible, soit  $<1,5$ . Les fenêtres orientées au Nord doivent être particulièrement performantes car elles sont peu exposées au soleil.

Le placement de la menuiserie sera tel que la continuité de coupure thermique soit assurée, au droit du raccord menuiserie et du gros œuvre. En rénovation, il faudra veiller à ce que les fenêtres soient changées simultanément à la pose d'une nouvelle isolation de manière à s'assurer de la qualité des raccords entre composants.

**Les exigences thermiques à venir (RT 2012 – Bâtiment Basse Consommation) nécessitent au minimum la pose d'un double vitrage large (4/16/4) adjoint d'un gaz inerte ou d'une isolation renforcée.**

## 2 Choisir son châssis

D'une manière générale l'isolation thermique des profilés PVC et bois est similaire. Le châssis\* aluminium est très conducteur et nécessite une garniture isolante à l'intérieur dite « à rupteur de ponts thermiques » pour répondre aux exigences thermiques actuelles.

Il pourra être choisi de préférence :

- Des châssis en bois naturellement résistants (chêne, châtaignier, mélèze, pin Douglas) **et surtout d'origine locale.**
- Des châssis bois/aluminium car ils ne nécessitent pas d'entretien. Cependant il faudra s'assurer que les matériaux peuvent être séparés pour leur recyclage en fin de vie.
- Des châssis en aluminium de deuxième fusion. L'aluminium produit à partir de déchets d'aluminium demande 11 fois moins d'énergie que l'aluminium neuf. De plus, l'aluminium a une très longue durée de vie et ne demande pas d'entretien.

(pour plus de détails, voir annexes techniques)



### 3 La protection acoustique

L'indice d'affaiblissement acoustique du vitrage sera choisi de manière à respecter les exigences d'affaiblissement acoustique de la façade en fonction de la zone d'exposition au bruit. On choisira un vitrage à fort affaiblissement acoustique :

- Double vitrage asymétrique ;
- Verre feuilleté.

Une isolation acoustique suffisante sera également assurée par une étanchéité performante :

- entre verre et châssis ;
- entre dormant et ouvrant\* ;
- entre châssis et maçonnerie.

Attention à bien vérifier l'étanchéité à l'air du châssis. Une fenêtre à fort affaiblissement acoustique possédant une mauvaise étanchéité à l'air induit de faibles performances acoustiques.

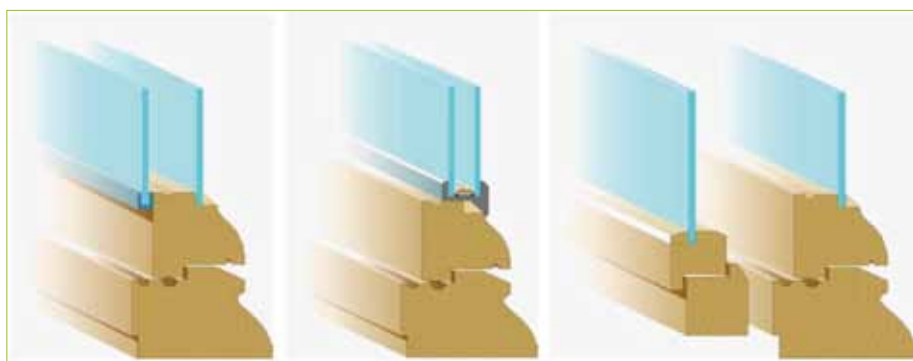
### 4 Rénover des fenêtres existantes

Il n'est pas nécessaire de changer systématiquement l'ensemble des fenêtres (ouvrants\* et dormants\*) Lors d'un changement de fenêtre, il est possible de :

- conserver le dormant\* : rapide et moins coûteuse, cette méthode a toutefois plusieurs inconvénients (diminution de la surface vitrée et création d'un pont thermique et phonique) ;
- remplacer le dormant : plus coûteux, il apporte une meilleure étanchéité à la fenêtre (thermique et acoustique).

Les fenêtres anciennes en bois peuvent durer pendant plusieurs décennies. Il n'est pas toujours nécessaire de les remplacer totalement. Différentes techniques alternatives d'amélioration thermique sont possibles :

- Calfeutrement des baies : colmatage des infiltrations d'air avec du mastic, de la pâte à bois ou des joints adhésifs ;
- Survitrage : pose d'une seconde vitre sur le châssis, côté intérieur, de préférence avec une isolation renforcée ;
- Double-vitrage de rénovation : remplacement du simple vitrage par un double vitrage (à isolation renforcée) pouvant s'insérer dans les feuillures\* existantes ;
- Double-fenêtre : juxtaposition d'une deuxième fenêtre performante dans l'épaisseur du mur de façade (12 cm minimum). Cette technique permet de conserver une fenêtre ancienne tout en améliorant fortement l'isolation thermique et acoustique de la paroi.



*Le châssis de fenêtres bois – Concilier le patrimoine et le confort*

*Source : Le Centre Urbain asbl – Belgique*

### 5 Choisir la finition – traitement du bois

Il sera prescrit des produits de traitement de surface du bois ayant les caractéristiques suivantes :

- absence d'agents actifs biocides (fongicides, insecticides, bactéricides) ;
- teneur en solvants comprise entre 0 et 5% ;
- liants issus essentiellement de matières premières renouvelables.



## D L'étanchéité à l'air et la ventilation

Mieux un bâtiment ou un logement est isolé, plus les déperditions et les besoins de chauffage liés aux défauts d'étanchéité à l'air prennent de l'importance. La « chasse » aux défauts d'étanchéité à l'air doit donc aller de pair avec la recherche d'une bonne isolation des parois.

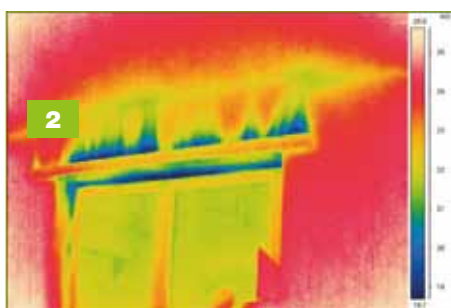
Parallèlement, il est essentiel d'assurer un bon renouvellement d'air pour des raisons sanitaires (voir Cahier 2 ») et éviter les phénomènes et risques de condensation qui peuvent être à l'origine de dégradation du bâti et des matériaux d'isolation.

16

Les défauts d'étanchéité à l'air ont principalement pour origine :

- les trappes d'accès aux combles,
- les menuiseries des parois vitrées et des portes,
- la jointure entre menuiseries (vitres, portes vitrées et portes) et la maçonnerie (mur, sol),
- les coffres de volets roulants,
- les passages de gaines et câblages techniques entre les pièces chauffées et les locaux non chauffés (tuyaux, gaines électriques),
- les prises de courant et interrupteurs.

*Mises en évidences de pertes par thermographie infrarouge*



1) Prises murales  
2) Coffre de volet roulant

Les solutions passent en général par l'utilisation des films d'étanchéité et des bandes adhésives permettant la continuité de l'étanchéité.



1) Adhésif d'étanchéité  
2) Etanchéité sur un fourreau

En collectif les gaines d'ascenseur sont une source importante de manque d'étanchéité à l'air ; elles prennent l'air au rez-de-chaussée, souvent face à l'entrée, et le redistribue à tous les étages.

Une solution peut consister en un sas à chaque étage pour accéder aux portes d'ascenseur (au minimum un sas à l'entrée du bâtiment).

Une bonne étanchéité à l'air passe par un « bon dessin » (continuité de l'étanchéité à l'air), une description claire des opérations d'étanchéité par le maître d'ouvrage et une attention particulière à la mise en œuvre par tous les corps de métiers durant le chantier.

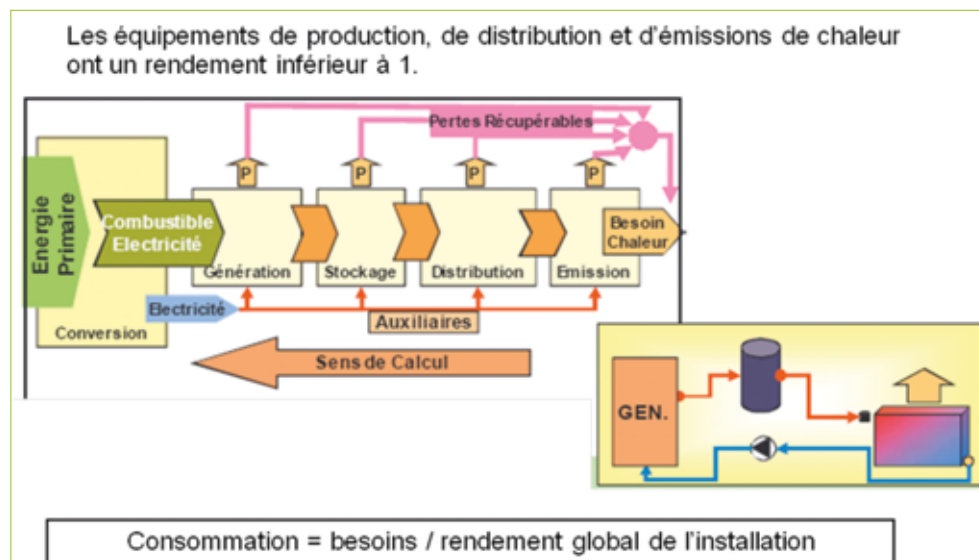
## IV Améliorer de l'efficacité énergétique des équipements

L'efficacité énergétique constitue un second axe pour réduire les consommations énergétiques et les émissions de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère. L'amélioration de l'efficacité énergétique des équipements a pour objet de réduire l'énergie consommée (« l'énergie finale » c'est-à-dire celle qui vous est facturée) par rapport à « l'énergie utile » (celle qui sert réellement). Différentes solutions permettent d'accroître le rendement des installations (chauffage, eau chaude sanitaire notamment), et donc de réduire la part d'énergie consommée « inutilement ». Cependant, la mise en place d'un chauffage performant n'a de sens que si l'isolation du bâtiment ou du logement a été améliorée au préalable.

17

### A Comment améliorer l'efficacité énergétique des équipements ?

Parallèlement ou en complément à l'amélioration de l'enveloppe du bâtiment ou logement, un autre axe d'actions porte sur l'amélioration des performances des équipements de chauffage, de production d'eau chaude sanitaire, de ventilation, de l'éclairage et des appareils électriques.



*L'équipement de génération de chaleur a toujours un rendement inférieur à 1.*

Un système de chauffage à eau chaude (chaudière + émetteurs à eau chaude) « classique » peut s'il a été mal conçu avoir un rendement global de 60 à 65%. Cela signifie que seuls 60% à 65% de l'énergie consommée est réellement utile.

D'où l'importance et l'intérêt d'agir pour améliorer le rendement global du système de chauffage ou de production d'eau chaude sanitaire : en effet à besoin égal, cela permet de réduire les consommations.

### B Le système de chauffage

L'ensemble d'un système de chauffage comprend en général :

- un équipement de génération de chaleur (chaudière),
- un système de stockage éventuellement,
- un système de distribution de la chaleur (vers les émetteurs),
- les émetteurs (radiateurs par exemple).

## 1 La chaudière

La chaudière est l'élément clé d'un bon chauffage central. Le principe de fonctionnement est simple, basé sur 4 éléments :

1. Un brûleur : Inflammation du combustible (gaz, fioul...);
2. Un échangeur Thermique : Transmission de la chaleur au circuit de chauffage ;
3. Un circulateur : Envoi de la chaleur vers les émetteurs (radiateurs) ;
4. Une cheminée maçonnée ou une ventouse : Évacuation des fumées.

18

Il est primordial d'évaluer la puissance nécessaire pour que la chaudière réponde aux besoins sans surconsommer grâce à une étude thermique prenant en compte le volume à chauffer, l'isolation, la situation géographique, les apports solaires, le besoin en eau chaude sanitaire (ECS) et tout autre paramètre nécessaire en fonction des conditions du projet.

**La chaudière basse température.** Le fonctionnement à une température plus basse offre un meilleur confort thermique et une économie de 5 % par rapport à une chaudière classique (source ADEME). Ce système est particulièrement adapté pour les radiateurs « chaleur douce », les planchers chauffants ou éventuellement des émetteurs (radiateurs) surdimensionnés.

**La chaudière à condensation.** Fonctionnant à basse température, elle récupère la chaleur résiduelle contenue dans la vapeur d'eau issue de la combustion. L'ensemble de l'installation sera conçu pour favoriser au maximum la condensation par une température d'eau de retour (à la chaudière) minimale. Il faudra alors dimensionner les émetteurs de façon assez ample (radiateurs « chaleur douce » ou plancher chauffant basse température). La chaudière à condensation permet aisément un gain de rendement de 6 à 9 % par rapport aux chaudières traditionnelles (source : IGBE).

### *Améliorer la distribution et l'émission de chaleur*

Lors d'un changement de chaudière ou lorsque l'installation est ancienne, il est important de vérifier la qualité des émetteurs et la performance du circuit de chauffage. Si nécessaire :

- Effectuer un désembouage\*, suite à l'accumulation de boue par oxydation dans certaines parties du radiateur ;
- Installer un thermostat d'ambiance (régule et programme la chaudière en fonction du besoin de chaleur, ce qui permet une régulation générale du bâtiment) ;
- Installer des robinets thermostatiques sur les radiateurs (régule la température des pièces où l'on veut une température inférieure à la consigne générale : régulation pièce par pièce) ;
- Installer une sonde extérieure pour anticiper les variations du climat ;
- Equiper chaque corps de chauffe\* d'un té de réglage (incorporé à la vanne thermostatique\* ou séparé) ;
- Isoler toutes les conduites de chauffage ne faisant pas partie du volume chauffé.



*Thermostat d'ambiance  
– Source : photographie  
ADEME  
Chauffage au sol Source  
: photographie Ville  
d'Arcueil (Ecole Olympe  
de Gouges*

### *Le chauffage collectif*

Dans un nouveau bâtiment, la production de chaleur sera assurée de préférence au moyen d'une chaufferie centralisée car elle permet une économie d'échelle et un meilleur rendement par rapport à plusieurs chaudières individuelles souvent surdimensionnées.

60% de la puissance utile suffit pour assurer le chauffage du bâtiment durant plus de 80% de la durée de la saison de chauffe. Un surdimensionnement de chaudière est donc à éviter.

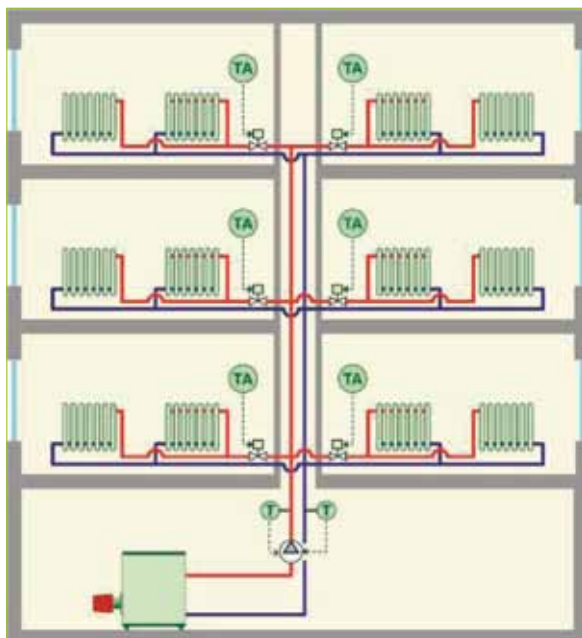
Si une extension du bâtiment est prévisible, la chaufferie sera dès le départ conçue pour une adaptation de la puissance de chauffe supplémentaire. L'installation de compteurs individuels ou par secteur est fortement conseillée. Les locaux communs non destinés au logement et à occupation intermittente ne seront pas chauffés ou disposeront d'une régulation propre permettant le chauffage suivant un horaire défini.

Si l'immeuble abrite des locaux à chauffer non destinés au logement et à occupation intermittente (magasin, salle commune, ...), ceux-ci seront chauffés à partir d'un circuit de distribution propre équipé d'une régulation.

Les sondes de température ambiante intérieures et extérieures seront représentatives de l'ambiance à mesurer (à l'abri de tout apport ou perte de chaleur parasite).

**La chaufferie collective** sera disposée dans une position centrale par rapport aux appartements à chauffer, de manière à égaliser la distance des conduites.

**Comptage individuel.** Il est recommandé d'équiper chaque logement d'un système de comptage permettant une répartition de charges en fonction des usages (chauffage, eau chaude et cuisson), ce qui permet aux occupants de payer uniquement l'énergie qu'ils consomment, et d'être informés de la répartition des consommations.



Source : IGBE – schéma d'un réseau de chauffage collectif régulé

### Le chauffage individuel

Il sera choisi une chaudière dont la puissance maximale en mode chauffage est la plus proche possible de la puissance nécessaire à chaque appartement. La chaudière aura une puissance nominale la plus faible possible pour limiter le surdimensionnement. Comme les déperditions d'un appartement sont fortement réduites, une puissance de chauffe de 3 à 12 kW est suffisante. Actuellement presque toutes les chaudières du marché proposent des puissances nettement plus importantes.

## 2 Le chauffage électrique

Cette section traite du chauffage électrique « direct », (aussi appelé chauffage par effet joule). Les pompes à chaleur, utilisant de l'électricité pour leur fonctionnement sont traités dans le chapitre consacré aux énergies renouvelables

Le chauffage électrique coûte cher à l'utilisation et assure un confort thermique moindre par rapport au chauffage central hydraulique qui diffuse en grande partie sa chaleur par rayonnement.

***Son faible rendement actuel de production en centrale électrique fait que l'utilisation de l'électricité comme énergie de chauffage est fortement déconseillée excepté en tant qu'appoint à usage ponctuel (chambre peu occupée).***

L'usage de l'électricité pour le chauffage électrique est d'autre part relativement émetteur de CO<sub>2</sub>, car il entraîne des pointes quotidiennes de consommation nécessitant l'appel à des centrales thermiques.

**Dans le cas où un bâtiment ne peut se soustraire au chauffage électrique, il est recommandé :**

- de proscrire l'utilisation des convecteurs électriques ;
- d'utiliser des émetteurs radiants pour plus de rayonnement ou à inertie ;
- d'optimiser la régulation pour chaque pièce au maximum ;
- de valoriser l'électricité par une pompe à chaleur dans de bonnes conditions d'installation (voir la section XXX).

## **C** L'eau chaude sanitaire

Un chauffe-eau doit fournir de l'eau chaude sanitaire en quantité suffisante, à la demande et à la température désirée. Dans un logement bien isolé ayant de faibles besoins de chauffage, la consommation d'énergie pour la production d'eau chaude sanitaire (ECS) peut devenir très significative, d'autant que l'évolution des comportements tend à augmenter la consommation d'ECS.

**Le chauffe-eau instantané :** L'eau chaude est produite à la demande. L'appareil prend peu de place et peut être installé près du point de puisage (robinet, douche, douchette...). En revanche, le débit reste limité et les puissances requises sont importantes (deux points de puisages maximum).

**Le chauffe-eau à accumulation ou ballon d'eau chaude :** On emmagasine dans un ballon isolé une certaine quantité d'eau chauffée à l'aide d'un échangeur alimenté par une chaudière. Pour plus d'économie :

- choisir la position verticale, qui diminue la surface d'échange thermique entre la couche d'eau chaude et froide ;
- régler la température à 60°C maximum (suffisant pour éradiquer la légionnelle\*) ;
- installer une enveloppe isolante performante afin de diminuer les déperditions.

**La puissance de chaudière :** S'il est prévu une production d'eau chaude sanitaire combinée à une chaudière et que sa puissance en eau chaude sanitaire représente moins de 30% de sa puissance de chauffe, il sera envisagé l'installation d'une chaudière spécialement pour l'eau chaude sanitaire en été.

**Le réseau de distribution :** On veillera à limiter la longueur du réseau de distribution en plaçant l'équipement de production / stockage le plus près possible des points de puisage (évier, lavabos, douches, baignoire). On évitera le passage du circuit de distribution dans des locaux non chauffés. Si on ne peut l'éviter, on isolera les parties situées dans ces locaux.

### *Bâtiments collectifs*

En collectif, la production d'eau chaude individuelle permet de limiter les pertes de distribution et de stockage ou de maintien en température. Néanmoins, lorsque les installations sont démultipliées cela peut conduire à un investissement plus élevé. Par ailleurs, dans le cas où la production de chauffage et d'eau chaude sanitaire est combinée, cela peut contribuer à dégrader le rendement du chauffage (surdimensionnement de la chaudière individuelle).

Le recours à l'énergie solaire sur ce type de production est complexe, coûteux voire impossible.

**La mise en place de compteurs divisionnaires.** Le réseau de distribution d'eau froide et d'eau chaude sera conçu de manière à placer un compteur général au départ du réseau de distribution, un compteur divisionnaire à chaque embranchement donnant sur un logement et un compteur divisionnaire à l'embranchement vers les espaces communs. La présence de compteur divisionnaire permet de maîtriser sa consommation propre en responsabilisant l'occupant et également, de déceler rapidement les fuites d'eau. Chaque logement sera ainsi équipé d'un compteur d'eau froide et d'un compteur d'eau chaude.

La production d'eau chaude collective devra être assurée à l'aide d'un échangeur à plaque alimenté par

une chaudière, associé à un ou plusieurs ballons tampons. Elle est intéressante car le recours à l'énergie solaire est possible. Cependant, il faudra dans le choix des équipements :

- minimiser les pertes (isolation des ballons, des boucles de distribution, ...);
- veiller à ne pas détériorer le rendement en cas de combinaison avec une chaudière à condensation.

**Le tracé du réseau :** Pour limiter les pertes en chaleur, les points de puisage d'eau chaude seront regroupés de manière à limiter la distance qui les sépare de la boucle (5m maximum). Il est recommandé de faire transiter la boucle de distribution au sein du volume chauffé.

**La régulation :** Lorsqu'un circulateur de boucle alimente plusieurs branches, chacune de ces branches comportera un organe d'équilibrage.

**Identifier les réseaux de distribution et d'évacuation :** La connaissance du réseau de distribution est essentielle pour la maintenance et l'identification des fuites. Ainsi, tous les robinets au pied des colonnes de distribution seront étiquetés et numérotés.

**Le réducteur de pression :** En cas de surpression à l'entrée du réseau de distribution, les équipements sanitaires et les robinets peuvent subir des détériorations. Dans ce cas, un réducteur de pression sera placé après le compteur général. Réduire la pression permet également de réduire les consommations d'eau.

## D Eclairage et appareils électriques

- Toutes les lampes disposeront d'un label « Energie A » (parties communes et logements).
- Seront exclues les lampes à incandescence, les halogènes, les tubes fluorescents et lampes fluocompactes les moins performantes.
- Pour les tubes néon, l'installation de ballasts\* électroniques au lieu de ballasts ferromagnétiques est recommandée (20% d'économie).

### Recommandations d'utilisation de l'éclairage extérieur

- Les lampes au mercure haute pression sont à proscrire.
- La commande des luminaires se fera par interrupteurs à cellule crépusculaire avec des témoins de visualisation et la possibilité de limitation par horloge pour couper l'installation une partie de la nuit. Une horloge seule ne sera pas recommandée car la durée de fonctionnement peut être réduite de 25% par sonde crépusculaire.
- Installer des systèmes qui éclairent du haut vers le bas (pour éviter les pertes de lumières et la pollution lumineuse), et éclairer juste ce qui a besoin de l'être.

### Bâtiments collectifs

L'éclairage naturel sera favorisé au maximum dans les circulations communes :

- il sera étudié la possibilité d'apporter de l'éclairage naturel dans les pièces les plus éloignées de la façade en considérant que ces ouvertures peuvent être exploitées pour favoriser une ventilation naturelle estivale (hall, sanitaires).
- comme les 2/3 du trafic des circulations communes (couloirs, escaliers) se fait en journée, l'éclairage naturel sera le plus élevé par l'installation de fenêtres (réduire la consommation d'éclairage de 35 à 50 %).

L'installation d'éclairage intérieure sera dimensionnée sur base du niveau d'éclairement moyen.

Eclairement moyen économe	
<b>Zones de circulation et couloirs</b>	100 lux
<b>Escaliers</b>	150 lux

Pour les ascenseurs, les parkings et les circulations, un système de gestion de l'éclairage (détecteurs de présence ou minuterie) favorisera un allumage uniquement en période d'utilisation et évitera un éclairage permanent.

En ce qui concerne, les appareils électroménagers et bureautiques, ils devront être le plus économe possible. La mention « A » de l'étiquette énergie des appareils sera privilégiée.



## V Les énergies renouvelables

L'enjeu des énergies renouvelables est à la fois énergétique, architectural, urbain et paysager. L'impact sur le paysage urbain et la faisabilité économique doit être bien mesuré. Du point de vue énergétique, la lutte contre le gaspillage doit rester la priorité par un travail sur l'enveloppe (isolation, étanchéité à l'air, ...) et le choix d'équipements performants (régulation et programmation du chauffage...). Une énergie renouvelable doit s'installer dans un second temps, dans un bâtiment dont la performance de l'enveloppe a été optimisée.

**Attention ! Certaines énergies renouvelables comme les panneaux solaires et les éoliennes sont soumises à l'avis conforme de l'Architecte des Bâtiments de France dans des secteurs de protection du patrimoine. Si tel est le cas, il est préférable de prendre rendez-vous avec un architecte du CAUE du Val-de-Marne et l'Architecte des Bâtiments de France avant tout dépôt de déclaration préalable en mairie afin de convenir de la meilleure intégration possible.**

## A Les réseaux de chaleur

### Bâtiments collectifs

Un réseau de chaleur est constitué d'une chaufferie centrale et d'un réseau de canalisations enterrées et isolées desservant plusieurs sous-stations généralement équipées d'un échangeur. Ce réseau, appelé réseau primaire, est constitué de canalisations transportant la chaleur sous forme d'eau chaude ou de vapeur. Le réseau de chaleur permet de valoriser les déchets (transformés en énergie par incinération), de diversifier les modes de production par la cogénération (voir p. XX) ou d'intégrer les énergies renouvelables (chaufferie bois, géothermie).



*Tranchée d'un réseau de chaleur- Athis-Mons (91)  
Source : ARENE Ile de France – Philippe Salvi*

Un réseau de chaleur performant est à privilégier lorsqu'il est disponible en limite de la parcelle. En comparaison, une grande chaufferie est plus performante que plusieurs chaufferies collectives, et qu'une multitude de chaudières individuelles.

### On parle de réseau de chaleur urbain performant lorsque :

- La centralisation permet le recours à des technologies de production alternatives et performantes (géothermie, cogénération, chaufferie bois) ;
- Un suivi plus pointu et plus régulier des performances et des réglages est réalisé ;
- Le réseau de distribution est en parfait état et bien isolé ;
- L'appoint conventionnel de chaleur est au gaz : de toutes les énergies fossiles (charbon, fuel), le gaz a une combustion qui a le moins d'émissions impactant sur l'environnement (CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, particules, et de NO<sub>x</sub> pour les chaudières collectives). Cependant, le choix d'une autre énergie peut se défendre après une analyse technico-économique (raccordement, accessibilité à l'énergie, coût du prix de l'énergie).



### La géothermie profonde

La géothermie est une énergie locale, à valoriser sur place sous forme de chaleur via les réseaux de chaleur. Avec un prix de revient réel compétitif et un coût d'exploitation faible, la géothermie est ainsi l'une des énergies renouvelables les plus rentables. En effet, le coût d'investissement des exploitations est élevé du fait de la nécessité de réaliser un ou plusieurs forages mais lorsque cette énergie est associée à un réseau de chaleur, on bénéficie d'une économie d'échelle et de coûts d'entretien réduits. L'Île-de-France présente la plus grande densité d'opérations de géothermie en fonctionnement au monde. En effet, la région compte, en 2008, 34 centrales géothermiques en fonctionnement, dont 16 dans le département du Val-de-Marne qui concentre à lui seul 40 % de la production des réseaux de chaleur géothermiques français.

#### La CAVB possède 3 réseaux de chaleur raccordés à la géothermie profonde sur son territoire :

Réseau géré par	Dessert les villes de	Pourcentage de la géothermie <i>(source Saunier, 2008)</i>
SEMHACH	L'Hay-les-Roses, Villejuif	60 %
SOFRECHAL	Fresnes	> 50 %
SOCACHAL	Cachan	> 75 %

Info territoire : La géothermie est donc bien implantée dans le sud du territoire de la CAVB. Celle-ci a pour stratégie de développer les réseaux basés sur la géothermie dans la partie nord du territoire dont la densité en termes d'habitat offre des conditions économiques favorables pour un tel projet. Ainsi un premier quartier a été retenu. Il s'agit du Chaperon vert sur Arcueil/Gentilly qui comptera à terme environ 1900 logements (contre 1600 aujourd'hui).

Ces réseaux alimentés pour partie par de la géothermie profonde sont donc performants d'un point de vue environnemental (peu de CO<sub>2</sub> émis) et économique (la chaleur de la terre est une énergie gratuite). Pour les futures constructions tertiaires et collectives qui seront réalisées le long ou à proximité du tracé d'un de ces réseaux, il est recommandé une évaluation technico-économique d'un raccordement.

Un forage doit être réalisé pour extraire le fluide géothermal (eau chaude du sous-sol) du réservoir sous forme liquide et/ou vapeur. Celui-ci est alors acheminé, souvent à l'aide d'une pompe, dans un échangeur de chaleur où il cède son contenu énergétique à de l'eau qui assure la distribution de la chaleur aux utilisateurs par le biais d'un réseau de chaleur. Une fois les calories du fluide géothermique récupérées, celui-ci doit être réinjecté dans l'aquifère d'origine (formation géologique contenant de façon permanente ou temporaire de l'eau mobilisable) pour protéger l'environnement et garantir la pérennité de la ressource : un forage supplémentaire est alors nécessaire, c'est le concept de doublet géothermique. Les exploitations géothermiques ont donc souvent besoin d'électricité pour fonctionner. Elles émettent donc une quantité de CO<sub>2</sub> liée à cette énergie mais qui reste très marginale. Et la quantité d'énergie apportée par ces installations est nettement supérieure à celle nécessaire à leur fonctionnement. En effet, en Île-de-France, pour 1kWh électrique investi dans le pompage, on récupère 9 à 37 kWh d'énergie thermique en fonction des conditions de température et de pression de la nappe exploitée.

## B Les panneaux solaires

### 1 Les panneaux solaires thermiques

Le capteur solaire est un coffre rigide vitré, à l'intérieur duquel se trouvent une plaque et des tubes métalliques noirs où circule un liquide caloporteur (eau additionnée d'un antigel qui transporte la chaleur). Les tubes, chauffés par le soleil, transmettent la chaleur au liquide qui est envoyé vers l'installation en demande d'énergie.

### Les surfaces, sous nos latitudes :

- 4 à 5 m<sup>2</sup> de capteurs assure 40 à 50% des besoins d'un ballon d'eau chaude de 300 litres ;
- 15 m<sup>2</sup> de capteurs assure 20 à 30 % des besoins de chauffage pour une maison 100 m<sup>2</sup> de surface à chauffée ;
- 1 à 1,5 m<sup>2</sup> par logement de capteurs assure 40 à 50% des besoins d'eau chaude en habitat collectif.

### L'inclinaison et l'orientation des panneaux :

- Environ 45° pour le chauffe-eau solaire. Il peut être incliné entre 30° et 60° sans perdre trop de rendement.
- Environ 60° pour le chauffage solaire, pour utiliser le rayonnement solaire hivernal

L'orientation doit idéalement être plein sud, une plage sud-est / sud-ouest n'entraînant pas trop de baisse de rendement. Au-delà de ces orientations, l'installation de panneaux solaires est déconseillée.



Chauffe-eau solaire collectif –  
Source : Paris Habitat  
Chauffage solaire – Source :  
Ademe

## 2 Les panneaux solaires photovoltaïques

Les panneaux solaires photovoltaïques comprennent un matériau qui a la propriété de générer un courant électrique continu lorsqu'il est exposé à la lumière. Une série de cellules forment le module photovoltaïque, que l'on protège des intempéries par une couche de verre. L'électricité ainsi produite permet de faire fonctionner les appareils ménagers, de recharger les batteries. Le surplus peut également être revendu à EDF qui l'achète à un prix supérieur au prix de vente de l'électricité.

**Des aides en décroissance. Le tarif de rachat de l'électricité par EDF a tendance à baisser. Il était de 58 c€/ kWh sur un bâtiment à usage d'habitation au 1er janvier 2010. A partir du 1er janvier 2012, ils deviendront dégressifs à chaque 1er janvier. Quant à l'aide à l'installation, l'arrêté ministériel du 12 janvier 2010 prévoit également une décroissance pour les contrats signés à partir du 1er janvier 2013.**

Exemples d'installations :



- 1) Photovoltaïque semi-transparent – Agence de l'énergie Val de Marne Vitry
- 2) Photovoltaïque en par soleil – Photo Tecsol l'immeuble du CNRS à Perpignan
- 3) Photovoltaïque en garde-corps – Photo Tecsol L'Hôtel Ibis porte de Clichy
- 4) Photovoltaïque amorphe - Photo Tecsol
- 5) Photovoltaïque sur chaufferie bois (Bedzed) – Christine De Buhan

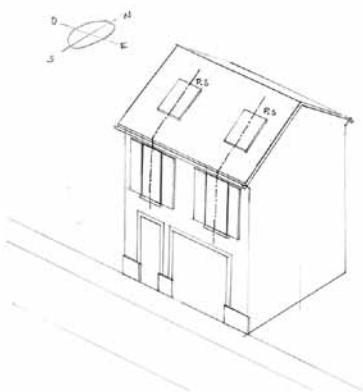
**Inclinaison des panneaux :** environ 30° de pour le solaire photovoltaïque. Ils absorbent aussi le rayonnement solaire indirect. De ce fait, l'inclinaison des panneaux est moins contrainte. On trouve régulièrement des panneaux solaires photovoltaïques en façade avec une inclinaison à 90° ou couchés en toiture à 0° (avec une légère baisse de rendement).

### 3 L'implantation des panneaux solaires

Pour le solaire photovoltaïque, les formalités administratives sont simplifiées, avec la suppression des obligations déclaratives et du certificat délivré jusqu'ici par les DREAL/DRIRE. Seule une attestation sur l'honneur est désormais exigée pour déterminer le régime tarifaire applicable. Une Commission d'évaluation de l'intégration au bâti, composée d'experts, est créée sous l'égide du ministère, du CSTB et de l'ADEME. La Commission tiendra à jour une liste publique des systèmes photovoltaïques reconnus comme remplissant les critères d'intégration au bâti, afin d'accompagner tous ceux qui souhaitent s'équiper de panneaux photovoltaïques dans le choix des équipements et d'assurer une information transparente sur les tarifs applicables.

Il conviendra d'étudier une bonne intégration visuelle des panneaux dans le parti architectural et l'environnement :

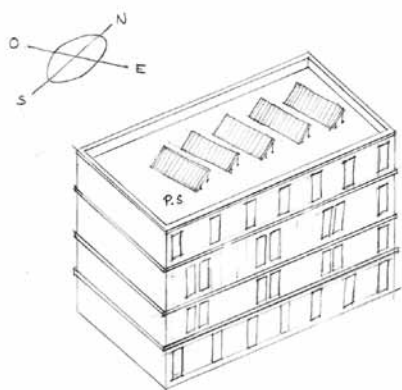
- Privilégier une orientation la plus au sud possible en évitant les masques et ombres portées (bâtiments ou arbres de grande hauteur) ;
- Ne pas dépasser les gabarits autorisés ;
- Eviter l'implantation de panneaux solaires sur châssis\* surélevés sur les toitures à deux pans ;
- Respecter l'inclinaison de la toiture ;
- Respecter le rythme de la façade et une composition harmonieuse avec les éléments existants ;
- Dans le cas des toitures-terrasses, l'implantation des bâtiments est moins problématique car les panneaux solaires sont orientables à volonté.



### Bâtiment individuel

Dans la mesure du possible, et si l'orientation le permet. Ils seront intégrés au mieux dans la volumétrie existante, :

- soit sur toute la surface du pan de toiture, en remplacement des tuiles ;
- soit centrés sur le pan de toiture ;
- soit, à l'instar des fenêtres de toit, disposés selon un ordonnancement régulier.



### Bâtiments collectifs

Les toitures-terrasses facilitent l'intégration de panneaux solaires car ils sont peu visibles de la rue. En outre, ils permettent une grande liberté d'implantation pour un meilleur rendement. Néanmoins le toit pouvant être considéré comme une 5ème façade, cette implantation devra malgré tout être dessinée et ordonnancée régulièrement en espaçant les panneaux pour éviter les ombres portées.

## C Le petit éolien

Toute implantation nécessite une mesure préalable du vent : vitesse annuelle moyenne minimale de 4m/s et optimale de 7 m/s. Plus l'éolienne est située en hauteur, plus elle produit de l'énergie. Il est recommandé d'installer le rotor\* au minimum à 15 m de hauteur pour que l'éolienne soit rentable.

L'éolien à axe vertical : Plus appropriée au milieu urbain elle peut être disposée sur des toits de grande hauteur pour profiter d'un vent plus linéaire. Plusieurs techniques existent (avec profils, ailettes, spirale...) qui s'affranchissent des contraintes des pales.



Source : ARENE Ile-de-France

1) Eolienne à axe vertical dite de Darrieus

2) Eolienne à axe vertical Windside

3) Eolienne Gual- Statoéolien

4) L'éolienne horizontale Equihen-Plage - (OPAC du Pas-de-Calais)

L'éolienne à axe horizontal : Munies d'un mat, d'un rotor et de pales pouvant atteindre 2 m, ces éoliennes atteignent une hauteur de 10 à 35 m. Cette technique est peu appropriée dans les zones où la rugosité du paysage est importante.



**Eolienne à axe horizontale -**  
*Lycée Léonard de Vinci à Calais –*  
*Source : ARENE Ile-de-France*

**Réglementation :**

*Selon l'ordonnance de 2005 et le décret du 5 janvier 2007, la construction d'une éolienne est soumise à permis de construire à partir de 12 mètres et à déclaration préalable en dessous.*

**Tarif d'achat :**

*Seules les éoliennes situées dans les zones de développement de l'éolien arrêtées par le préfet bénéficient du système de rachat obligatoire par EDF de l'électricité produite*

## **D Les pompes à chaleur**

Les pompes à chaleur (PAC) thermodynamiques sont destinées à assurer le chauffage et l'eau chaude sanitaire d'un local à partir d'une source externe. Elles fonctionnent à l'énergie électrique (alimente le compresseur), et prélèvent de la chaleur dans l'air extérieur, dans les eaux de surface (rivière) ou de profondeur (nappe phréatique), ou dans la terre via un fluide frigorigène\*.

Leur performance énergétique se caractérise par un coefficient de performance (COP), rapport entre la quantité de chaleur fournie et l'énergie consommée par la pompe. Un COP supérieur à 3,5 et de préférence supérieur 5 sera privilégié.

Attention le COP est une grandeur mesurée « en usine » dans des conditions d'essais définies, qui ne sont pas forcément représentatives des conditions réelles d'utilisation. Le coefficient de performance réel en exploitation (COE) peut être sensiblement différent du COP et entraîner une consommation supérieure à celle attendue ou espérée. Cela peut être le cas notamment avec une PAC aérothermique en période de froid intense ou rigoureux, lorsque la puissance de la PAC est surdimensionnée ou si la température de l'eau du circuit de chauffage réelle est notablement supérieure à la température « nominale » de fonctionnement.

***Dans tous les cas, il faut veiller à éviter le surdimensionnement qui entraîne une chute du rendement réelle de l'installation.***

### **1 Les pompes à chaleur aérothermiques**

L'installation nécessite une unité extérieure (semblable au climatiseur) dont l'impact esthétique (possibilité de dissimulation) et sonore (jusqu'à 50 dB) est à étudier. Globalement, elles ne sont pas recommandées.



Les pompes à chaleur air/air captent les calories de l'air extérieur. Cette technologie n'est pas conseillée pour des raisons de confort et de performance. En effet, le rendement baisse quand les températures extérieures diminuent, d'où des consommations électriques parfois importantes durant les hivers rigoureux. De plus la diffusion de chaleur se fait par air pulsé (convection), donc peu confortable. Ces PAC nécessitent en général un chauffage d'appoint.

**Attention, les PAC réversibles ou climatiseurs réversibles encouragent à consommer de l'électricité quasiment en continu toute l'année.**

Les pompes à chaleur air/eau. Les calories de l'air extérieur sont captées et transmises à un chauffage central hydraulique. La diffusion se fait donc par rayonnement (radiateur ou plancher chauffant), assurant un meilleur confort. Il est primordial dans ce cas d'utiliser des radiateurs ou planchers chauffant fonctionnant en basse température voire très basse température, ce qui permet d'optimiser les rendements de fonctionnement.

## 2 Les pompes à chaleur géothermiques

Dans ce cas également, des émetteurs « basse température » sont à privilégier.

Les pompes à chaleur à capteurs horizontaux. Adaptées à l'habitat individuel, elles captent les calories dans le sol à environ 1 à 1,5 m de profondeur par une sonde enfouie à l'horizontale. Elles nécessitent une surface de terrain ouvert engazonné et non planté qui correspond à 2 fois la surface à chauffer. Son coût est plus élevé en raison de l'opération de terrassement. Mais, contrairement aux PAC à air, elles ne souffrent pas de perte de rendement en hiver car la température du sol à 1,5 m de profondeur reste relativement constante toute l'année.

Les pompes à chaleur à capteurs verticaux utilisent une sonde verticale descendant à une profondeur de 30 à 100 m en fonction du type de sol, nécessitant peu de surface. Les travaux nécessitent l'accès et la circulation d'une foreuse sur la parcelle ainsi qu'une étude de sol. A cette profondeur, la température du sol est plus importante, ce qui rend le système plus performant.

### Bâtiments collectifs

Le choix d'une PAC à capteurs verticaux peut être conseillé. Si la présence d'une source de chaleur dans le sol est avérée, un forage à moyenne ou grande profondeur permet à une pompe à chaleur d'atteindre une bonne performance en collectif tout au long de l'année. Dans le cas des PAC air/eau et géothermiques, il est vivement recommandé que l'eau dans les émetteurs soit à basse température ou à température douce. Si c'est possible on privilégiera :

- le plancher chauffant basse température (en neuf),
- de sur-dimensionner les émetteurs (radiateurs) de façon à obtenir la puissance d'émission nécessaire avec une température de l'eau inférieure à 45 - 55°C en entrée de ceux-ci.

## E Le puits canadien

Le puits canadien est un système d'appoint qui permet de capter une partie des calories nécessaires au chauffage ou au rafraîchissement, à partir de l'énergie contenu dans le sol. Il est toujours couplé à un système de chauffage principal ou à une VMC double flux. L'air insufflé dans le bâtiment transite par une conduite enterrée à 1 ou 2 m de profondeur. En hiver il se réchauffe et permet une économie de chauffage (puits canadien), et se rafraîchit en été (puits provençal).

Le puits canadien permet une économie de l'ordre de 20 à 25 % de la consommation liée au chauffage de l'air neuf (5 à 10 % de la consommation totale de chauffage) et permet un rafraîchissement naturel de l'air en été. En construction, l'intégration sous le bâtiment ne demande généralement pas d'excavation supplémentaire. C'est une solution qui peut s'utiliser aussi bien en maison individuelle, qu'en collectif et sur des bâtiments publics ou tertiaires. Elle nécessite de disposer d'une surface de terrain non construite.

Prescriptions de conception

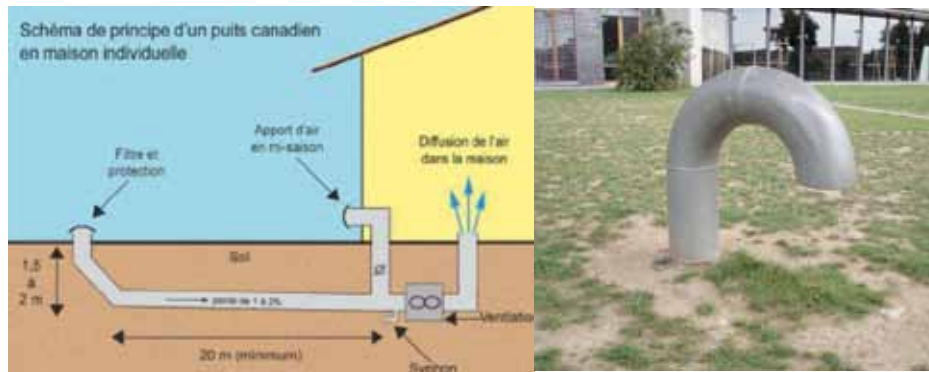


Schéma général d'un puits canadien – source : Agence de l'Energie du Grand Lyon  
 Entrée d'air de puits canadien Quartier Riesenfeld Source : Agence de l'énergie Val de Marne Vitry

- la conduite sera enterrée à 2 m de la surface du sol ;
- la vitesse de l'air dans le conduit ne dépassera pas 3 m/s ;
- le conduit comprendra une pente d'environ 2% et une évacuation des condensats produits ;
- le conduit sera lisse et étanche, de manière à éviter l'infiltration d'eau et le développement bactérien ;
- l'entrée d'air sera équipée d'un filtre et protégée contre l'intrusion des rongeurs ;
- l'entrée d'air sera située à une hauteur de 1,20 m minimum ;
- le diamètre des conduits ne dépassera pas 20 cm ;
- si plusieurs conduits sont nécessaires, ils seront espacés d'au minimum 5 fois leur diamètre ;
- l'installation sera équipée d'un by-pass à thermostat de manière à court-circuiter le conduit lorsque le besoin de chauffage et de rafraîchissement n'est plus nécessaire.

Afin d'assurer la qualité hygiénique, le puits canadien devra permettre le nettoyage du système :

- Prévoir une trappe d'accès pour le nettoyage fréquent de la conduite ;
- Une pompe peut être prévue au point d'aspiration pour évacuer l'eau éventuelle ;
- Un gainage en béton peut limiter les risques ;
- Une information des occupants sur le système de ventilation et ses risques liés à l'humidité.

## F Le bois énergie

Actuellement combustible le moins cher, le bois est un combustible naturel renouvelable. En effet, la valorisation énergétique du bois participe à la gestion des forêts et présente un bilan carbone neutre : le CO2 dégagé lors de la combustion est équivalent à celui stocké pendant la croissance des arbres plantés.

Le bois peut être utilisé de deux manières, en énergie d'appoint (poêle, foyer fermé) ou en énergie principale à partir d'une chaudière automatique à granulés ou à plaquettes de bois.

Attention, les cheminées ouvertes sont à proscrire, car leur rendement énergétique est très faible et elles sont sources de pollutions atmosphériques.

### 1 Les appareils individuels

Appareils indépendants	Poêles à granulés compactés	Poêles en matériaux réfractaires	Inserts et foyers fermés
Rendement moyen	70 à 90 %		
Autonomie	jusqu'à trois jours	6 à 12 heures	10 heures
Remarque	Approvisionnement à gérer en fonction de la filière locale	Plus coûteux	Pour cheminées existantes



Remarque : dans le cas où le bâtiment ou le logement est équipé d'une VMC double-flux, l'appareil individuel doit être « à foyer fermé » (prise d'air pour la combustion située à l'extérieur du logement), de façon à ne pas entrer « en concurrence » avec la VMC. Le non respect de cette disposition peut entraîner une mauvaise combustion et des risques d'intoxication.

<b>Chaudières</b>	chaudières à bûches	chaudières à plaquettes	Chaudières à granulés
<b>Rendement moyen</b>	<b>70%</b>	<b>70 à 90%</b>	<b>&gt; 90%</b>
<b>Autonomie</b>	<b>4 à 10 heures</b>	<b>plusieurs jours à plusieurs mois</b>	<b>plusieurs jours à plusieurs mois</b>
<b>Remarque</b>	Chaudières à tirage naturel	Chaudières à tirage renforcé	Pour cheminées existantes

La performance d'une chaudière bois dépend de la qualité de la chaudière et du combustible et de son stockage. La variation d'humidité du bois rend difficile le réglage correct de la combustion et peut entraîner une augmentation des émissions de polluants. Il est nécessaire d'effectuer préalablement une étude économique sur l'approvisionnement du bois et de s'assurer d'obtenir du bois bien sec.

Les appareils automatiques ont un rendement bien supérieur aux autres. Néanmoins, un poêle d'appoint installé dans la pièce de vie (même pièce que le thermostat d'ambiance), permet de remplacer une partie de l'énergie principale par une énergie renouvelable.

Dans tous les cas choisir un équipement ayant le label « Flamme Verte », qui garantit un niveau adéquat d'efficacité et de faible pollution de l'air.

## 2 La chaudière bois collective

La chaudière bois est tout à fait adaptée pour le logement collectif. Sa mise en place nécessitera préalablement une étude de faisabilité complète évaluant la puissance de chauffe nécessaire, le type de combustible, la livraison du combustible, et tout autre élément nécessaire à une conception appropriée.

Utilisé dans le tertiaire ou sur réseau de chaleur, une chaufferie bois énergie est un local (bâtiment) dédié comportant une chaudière bois/biomasse dont la puissance est supérieure à 70 kW et un silo de stockage du combustible bois (plaquettes, granulés). Le bois a la possibilité d'être transporté jusqu'au foyer de la chaudière de façon automatique et régulée.

**Attention ! Le surdimensionnement des systèmes de chauffage au bois est encore plus déconseillé. Celui-ci provoque des combustions très incomplètes, ce qui engendre des surconsommations, une émission de polluants importante ainsi qu'un encrassement prématuré des installations. Une chaudière au bois ne sera pas utilisée pour l'eau chaude sanitaire en été.**



Chaudière bois 1,3  
MW- Athis-Mons (91)  
Source : ARENE Ile de  
France – Philippe Salvi

## **G** La cogénération

La cogénération consiste à produire à la fois de la chaleur et de l'électricité à partir d'une combustion. Pour tout immeuble de plus de 1000 m<sup>2</sup>, la possibilité d'assurer une partie de la production de chaleur collective au moyen d'un groupe de (micro) cogénération sera étudiée. Cette technologie peut générer une économie de 15 à 20 % d'énergie primaire. Le temps de retour s'élève à 6 ans environ pour les plus petites applications. Le temps de retour diminue rapidement avec la taille du bâtiment.

## **VI** Analyser le cycle de vie d'un bâtiment

Au-delà des impacts sanitaires du bâtiment, l'impact environnemental des composants doit être pensé en termes de cycle de vie. Cela revient à intervenir dès la conception pour limiter l'incidence environnementale produite par le bâtiment, en anticipant son évolution et sa transformation.

### **A** L'évolutivité du bâtiment

L'évolutivité d'un bâtiment est sa capacité à s'adapter à un changement d'utilisation. On cherche dès la conception à faciliter cette évolution en tenant compte des cycles humains et sociaux afin de faire durer le bâtiment. On anticipe des changements d'usage (nombre d'occupants, activité économique), de comportements (tri des déchets, vélo, garage), d'esthétique (goûts décoratifs, identité corporative), d'environnement (climat, bruit, mobilité), de technologie (réseaux, postes informatiques) ou de structure sociale (famille). Il convient également de ne pas choisir des systèmes qui empêchent toute évolution future du bâtiment (comme le chauffage électrique par exemple).

L'adaptabilité peut se manifester sous différentes formes :

- Parois mobiles pouvant se déplacer facilement ;
- Murs construits de manière à permettre de futures ouvertures ;
- Taille des espaces et des ouvertures accessibles aux générations futures.

### **B** Evaluer l'impact environnemental des matériaux de construction

Pour évaluer et comparer l'impact environnemental global d'un matériau à l'autre, on effectue une analyse qui prend en compte l'ensemble des phases de vie des produits.

### Schéma du cycle de vie d'un matériau

↓ <b>Extraction</b>	→	Consommation d'énergie Consommation d'eau Emission de polluants
↓ <b>Production</b>	→	Consommation d'énergie Consommation d'eau Emission de polluants
↓ <b>Transformation</b>	→	Consommation d'énergie Consommation d'eau Emission de polluants
↓ <b>Distribution / Transport</b>	→	Consommation d'énergie Emission de polluants
↓ <b>Installation</b>	→	Consommation d'énergie Emission de polluants
↓ <b>Usage</b>	→	Emission de polluants
↓ <b>Désinstallation</b>	→	Consommation d'énergie Emission de polluants
↓ <b>Recyclage</b>	→	Consommation d'énergie Consommation d'eau Emission de polluants

Ce schéma nous montre de façon simplifiée qu'à chaque stade de la vie d'un matériau des atteintes à l'environnement sont produites (émission de pollution ou consommation de ressources). La valorisation du cycle de vie consistera donc à regarder l'ensemble de ces impacts pour choisir le matériau qui a l'impact global le plus faible.

## 1 Système constructif

Le choix du système constructif sera guidé par le souhait de concevoir un bâtiment pouvant s'adapter aux évolutions d'usage à un moindre coût économique et une production minimale de déchets.

La minimisation des déchets et des coûts lors de la déconstruction en fin de vie du bâtiment est aussi un critère qui doit entrer en ligne de compte dès l'étude du bâtiment. Il s'agit notamment, de faciliter le tri et la valorisation des déchets de déconstruction.

Le critère de choix d'une technique de construction dépend de :

- la fonctionnalité ;
- la performance technique ;
- l'esthétique architecturale ;
- le coût économique ;
- la durabilité et l'entretien.

Cependant, ce choix n'est jamais neutre du point de vue environnemental.

## 2 Les matériaux

Tout matériau ou produit de construction peut générer, tout au long de son cycle de vie des nuisances tant au niveau de l'environnement qu'au niveau de la santé des êtres vivants. Il s'agit notamment de :

- la modification du paysage et des écosystèmes ;
- l'épuisement des ressources naturelles ;
- des nuisances ou émissions de polluants lors du transport des matières premières, de la fabrication (air et eau), de l'utilisation (COV, solvants,...) ;
- la production de déchets non recyclables,...

Le bilan environnemental d'un matériau consistera donc, en une analyse complexe qui prend en compte tout le cycle de vie du matériau et un grand nombre de critères tels que : ■ l'économie de ressources ;

- la consommation en énergie (fabrication et transport) ;
- l'émission de polluants (fabrication et transport) ;
- les risques sur la santé et l'environnement ;
- le devenir en fin de vie.

Pour aider les concepteurs, des données chiffrées sont disponibles, soit sur l'étiquette (labels, données techniques) du matériau, soit sur les Fiches de Déclarations Environnementales et Sanitaires (FDES). Ces fiches, mises en lignes sur le site de l'INIES fournissent un nombre important d'informations environnementales et sanitaires sur de nombreux produits, calculées de manière précise sur l'ensemble du cycle de vie. Vous pouvez ainsi comparer les produits par exemple sur l'énergie ou l'eau consommées pour la production, les pollutions et déchets engendrés, ...

Pour la maîtrise d'œuvre, il existe des logiciels d'Analyse de Cycle de Vie, dans lesquels il est possible de rentrer le plan et la composition du bâtiment. Ceux-ci fourniront l'impact environnemental global du bâtiment en fonction des critères choisis.

**Attention aux idées reçues, certains matériaux naturels peuvent provenir de régions où leur exploitation et leur culture ne sont pas écologiquement neutres (par exemple, certains bois exotiques prélevés illégalement dans des forêts primaires). Il est souhaitable de s'informer sur l'origine et la transformation d'un matériau (auprès du fabricant, fiche technique, labels) afin de choisir celui présentant le bilan environnemental et social le plus acceptable.**

## C Les matériaux d'isolation naturels

- **La fibre de chanvre.** Cette plante nécessite très peu d'entretien et d'eau. La plante défibrée est utilisée pour le remplissage d'ossature ou la réalisation de mortier (mélange chaux, terre, béton...) et d'enduits. Le chanvre est disponible en vrac, en panneau semi-rigide ou en rouleau.
- **La laine de lin.** La plante est rustique, cultivée sans pesticides. Traitées au sel de bore (feu) et au silicate de sodium (moisissures), les fibres sont ensuite cardées avec des fibres de polyester. Le lin se trouve en vrac, rouleau ou panneau. Sa performance thermique est excellente.
- **Le liège expansé.** Réduit en granule puis expansé en autoclave pour emmagasiner de grandes quantités d'air, il peut être utilisé pour toutes les opérations d'isolation, même sous chape. Le liège est vendu en vrac ou en panneau. C'est un bon isolant à la fois thermique et acoustique. Il est imperméable et garantit un bon confort d'été grâce à sa densité.
- **L'ouate de cellulose.** Obtenue à partir de journal recyclé, broyé et défibré, elle subit ensuite divers traitements (gypse, sel de bore...) afin de résister aux moisissures, au feu et aux insectes. Elle est vendue sous forme de panneau ou en vrac pouvant être insufflé dans les parois. Elle peut se loger dans tous les interstices et offrir un manteau isolant très performant. Coefficient de conductivité thermique :  $\lambda = 0,035$  à  $0,040$  W/m.K.
- **La fibre de bois.** La laine de bois est obtenue par défibrage des déchets de scierie (recyclage) et disponible en vrac, en rouleau ou en panneau rigide. Elle garantit une bonne isolation et une bonne densité.
- **Le textile recyclé.** Il est produit par le Relai de la fondation Emmaüs qui défibre et recycle les textiles inutilisables (coton, laine, acrylique). Ils sont effilochés et thermoliés avec du polyester et transformés en panneaux et en rouleaux par des personnes en réinsertion. L'isolant est un bon régulateur d'humidité, performant et résistant dans le temps. C'est actuellement l'isolant le moins cher du marché.
- **Il en existe bien d'autres :** plume de canard, paille, laine de coco, coton...

**Attention, naturel ne veut pas forcément dire écologique ou de bonne qualité environnementale (du point de vue de l'utilisation des ressources et des impacts sanitaires et environnementaux). Tous les isolants décrits ci-dessous comprennent des avantages et des inconvénients à évaluer pour leur application. Cependant ils ont généralement une plus faible teneur en polluants et une plus longue durée de vie du fait de leur résistance à l'humidité.**

### Attention aux matériaux d'isolation conventionnels !

- Les mousses de polyuréthane et de polystyrène. Ces isolants sont les plus performants thermiquement mais génèrent nombre de pollutions :
- Leur fabrication est étroitement liée à la chimie du chlore et du pétrole ;
- Les matières premières utilisées ne sont pas renouvelables et ils contiennent des substances qui appauvrissent la couche d'ozone (notamment des HCFC). En cas d'incendie, ces deux isolants libèrent des gaz toxiques et mortels.
- Les laines minérales. Bien que performantes d'un point de vue thermique elles génèrent de nombreux inconvénients :
- Mauvaise tenue à l'humidité qui diminue sa performance et sa durée de vie ;
- Consommation importante en énergie grise ;
- Produit des fibres irritantes et nocives lors de leur pose ;
- La plupart contiennent encore de grandes quantités de formaldéhydes.

## D Le bois matériau

Le bois est un matériau renouvelable, recyclable et durable qui contribue à la réduction de l'effet de serre en stockant le carbone dans les constructions (1m<sup>3</sup> de bois stocké = 1 tonne de CO<sub>2</sub> stockée).

Dans son analyse de cycle de vie, la construction en bois nécessite 3 fois moins d'énergie fossile qu'une même construction en béton, et aucune eau pour sa transformation et sa mise en œuvre

D'un point de vue économique, en France, le bois est un matériau d'avenir avec une filière génératrice d'emploi à développer.

Le bois est un matériau efficace sur le plan thermique. Sans aucune transformation, ses caractéristiques intrinsèques lui confèrent une bonne isolation (pour un matériau porteur) ainsi qu'une certaine inertie (pour le confort d'été) pour les plus lourds. De plus, le bois est un matériau dit « chaud ». Utilisé en revêtement intérieur, il se réchauffe rapidement en hiver et apporte une sensation de chaleur aux occupants.

### 1 Les différents modes d'utilisation

#### ■ L'ossature bois

#### ■ Les poteaux-poutres

Le «squelette» de la maison, constitué de poteaux de forte section espacés de 2,5 à 5 mètres, reliés par des poutres, il peut ensuite recevoir une grande variété de remplissage (chanvre, paille, brique...).

#### ■ Le bois empilé

C'est la technique la plus traditionnelle, celle de l'isba et du vieux chalet. D'épaisses pièces de bois de section ronde (rondins) ou carrée (madriers) sont empilées horizontalement. Elles s'emboîtent avec précision, empêchant l'infiltration des eaux de pluie. Non transformés, les rondins de bois gardent toutes leurs qualités naturelles et notamment thermiques.

#### ■ Les panneaux massifs

Elle repose sur de vastes panneaux de structure en planches contrecollées, dont les performances mécaniques sont supérieures au bois massif. Ces panneaux sont utilisés à la fois comme éléments de murs extérieurs, planchers et supports de couverture.

#### ■ Les vêtements et revêtements...



1) Source : *Projet du Quartier Auguste-Delaune Villejuif – Agence π (Architecte)*  
2) Source : *Immeuble en bois massif – Gentilly – (Entreprise Systèmes bois massif)*

## 2 La gestion durable des forêts

Les bois « Ecocertifiés »

Il existe des labels qui garantissent que le bois provient de forêts gérées durablement. Choisir ces labels permet de limiter la déforestation des forêts primaires, endiguer le commerce de bois illégal, exploiter raisonnablement les ressources, préserver l'environnement, et dans certains cas contribuer au développement de pays du tiers monde.

Le label le plus exigeant et le plus connu est le label FSC (Forest Stewardship Council). Le label PEFC (Programme Européen des Forêts Certifiées) est également répandu mais moins exigeant.



***La filière économique régionale reste à privilégier car elle permet un approvisionnement de proximité, avec un contrôle des provenances et le développement de l'économie locale de la filière bois.***



# ANNEXES

## Lexique

**Ballast** : composant électrique utilisé pour réduire le courant dans un circuit électrique.

**Bardage** : revêtement extérieur de façade par élément(s) mince(s) fixé(s) mécaniquement sur une ossature. Un bardage peut être réalisé en bois, métal, pierres, etc., en petits éléments ou en grandes pièces.

**Chape** : couche superficielle (ciment, asphalte, etc.) recouvrant la surface d'une dalle ou d'un plancher.

**Châssis** : cadre de la fenêtre, fixe (sauf exception), destiné à recevoir un vitrage ou tout autre élément de remplissage.

**Chevron** : pièce de bois qui, dans les charpentes, sert à supporter la couverture.

**Crépine** : ouvrage destiné à éviter la pénétration des déchets (feuilles mortes, etc.) dans les descentes d'eau pluviale.

**Corps de chauffe** : zone de la chaudière où la chaleur est transmise au circuit d'eau.

**Désembouage** : technique de nettoyage qui concerne toutes les installations de chauffage central qui utilisent l'eau courante pour faire circuler la chaleur depuis les appareils qui la produisent (chaudière, pompe à chaleur, capteurs solaires) vers ceux qui l'émettent.

**Dormant** : partie scellée au mur

**Efficacité énergétique** : utilisation rationnelle des ressources énergétiques qui consiste à réduire au maximum l'énergie utilisée pour fournir un même service.

**Emissivité** : capacité d'un corps à absorber et à réémettre l'énergie rayonnée sous forme de radiations.

**Energie finale** : énergie livrée à l'utilisateur. Elle correspond aux consommations d'énergie facturées à l'utilisateur. Par opposition à l'énergie primaire, qui tient compte des pertes de production et de distribution de l'énergie.

**Evapotranspiration** : émission de vapeur d'eau dans l'atmosphère par évaporation de l'eau transpirée à la surface des plantes (notamment au niveau des feuilles), au travers de leurs pores (stomates).

**Feuillure** : rainure longitudinale située dans l'embrasure d'une menuiserie (châssis) ou d'une maçonnerie (mur) pour recevoir l'ouvrant, le vitrage ou le dormant.

**Fluide frigorigène** : fluide ayant la particularité de se vaporiser à température ambiante.

**Hygrothermie** : niveau de température et d'humidité de l'air ambiant d'un local. Dans le bâtiment, on recherche un confort hygrothermique idéal pour la santé des occupants et des infrastructures.

**Légionelle** : bactérie qui prolifère dans les eaux tièdes et stagnantes et qui est responsable de la légionellose : forme de pneumopathie grave et parfois mortelle.

**Linteau** : élément architectural qui sert à soutenir la maçonnerie ou les matériaux du mur au-dessus d'une baie, d'une porte, ou d'une fenêtre.

**Mellifère** : les plantes mellifères produisent des substances récoltées par les insectes butineurs pour être transformées en miel.

**Mur de refend** : mur porteur (paroi verticale supportant les planchers et la toiture) situé à l'intérieur d'une construction, formant ainsi une division intérieure.

**Plénum** : espace résiduel entre un faux-plafond et un plancher de structure. En règle générale utilisé pour y passer des réseaux d'électricité ou de plomberie.

**Précarité énergétique** : est en précarité énergétique une personne qui éprouve dans son logement des difficultés particulières à disposer de la fourniture d'énergie nécessaire à la satisfaction de ses besoins élémentaires en raison notamment de l'inadaptation de ses ressources ou de ses conditions d'habitat (définition officielle).

**Rotor** : axe tournant sur lequel sont reliées les pâles des éoliennes et qui permet, au moyen d'un générateur électrique, de transformer l'énergie éolienne en électricité.

**Vanne thermostatique** : mécanisme qui se dilate ou se contracte en fonction de la température ambiante, régulant ainsi le débit d'eau chaude.

## Les aides financières

Pour retrouver les aides disponibles en matière d'énergie, d'environnement et d'habitat contactez votre espace info-énergie (0 810 060 050, prix d'un appel local ou [www.infoenergie.org](http://www.infoenergie.org)).

### **Crédit d'impôt et eco-prêt à taux zéro de l'Etat :**

<http://ecocitoyens.ademe.fr/>

### **L'éco-subsidation de l'ANAH :**

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

### **Les aides de la région Ile-de-France :**

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

## Textes réglementaires

Les grandes orientations de la Loi de Grenelle 1

### **La loi Grenelle 2**

Schéma directeur de la région Ile-de-France (SDRIF) adopté le 25 septembre 2008

Loi « Solidarité et renouvellement urbains » du 13 décembre 2000

### **Protocole de Kyoto**

Directive 2002/91/CE du 16 décembre 2002 sur la performance énergétique des bâtiments (PEB)

Loi n° 2005-781 du 13 juillet 2005 de programme qui fixe les orientations de la politique énergétique (Loi POPE)

## Bibliographie

**Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement (IBGE)**, Guide conseil logements collectifs - Critères techniques pour une mise en œuvre énergétique et durable

Info-fiches éco-construction

- Réaliser des toitures vertes
- Maximiser la productivité écologique
- Concevoir des dispositifs didactiques et ergonomiques de gestion des déchets
- La gestion des eaux pluviales à la parcelle
- Prendre en compte le cycle de vie des bâtiments et de leurs composantes

**Centre Urbain bruxellois, Le châssis des fenêtres en bois – Concilier patrimoine et confort**

**ADEME**, Plaquettes de l'ADEME

- L'isolation thermique
- La ventilation

**FFB – ADEME – COSTIC**, Amélioration énergétique des bâtiments existants :

les bonnes solutions - Editeur : SEBTP

**Mairie de Paris**, Cahier de recommandations environnementales pour les acteurs de la construction et de l'aménagement

**Ville de Chambéry**, Guide de recommandations pour promouvoir la qualité environnementale dans la construction

**Jean-Pierre Oliva**, L'isolation écologique – éditions Terre Vivante

**Jean-Pierre Oliva et Stéphane Courgey**, La conception bioclimatique – éditions Terre Vivante

**Thierry Gallauziaux et David Fedullo**, Le grand livre de l'isolation – Editions Eyrolles

**Thierry Salomon et Stéphane Bedel**, La maison des Négawatts – éditions Terre Vivante

**Comité National pour le développement du bois - Fédération suédoise des industries forestières**

[www.bois.com](http://www.bois.com)

**ARENE Ile-de-France**, L'éolien dans l'urbain

**Effinergie**, Réussir un projet de Bâtiment Basse Consommation

**ASPA**

Matériau de construction et santé

## Les adresses utiles

### **Communauté d'Agglomération de Val-de-Bièvre**

7/9, avenue François-Vincent Raspail  
94114 Arcueil Cedex  
Tél : 01-55-01-03-03 Fax : 01-55-01-05-10  
Email :

### **CAUE du Val-de-Marne**

5 rue Carnot 94 600 CHOISY-LE-ROI  
Tél. : 01 48 52 55 20 – Fax : 01 48 53 55 54  
Email :

### **Agence de l'Énergie Val-de-Marne Vitry**

128 avenue Paul Vaillant-Couturier 94400  
VITRY-SUR-SEINE  
Tél. : 01 71 33 13 60  
Email :

### **La Bouilloire – Espace info-énergie**

175 avenue Aristide Briand  
94230 CACHAN  
01.46.63.09.94

### **Union régionale des CAUE d'Ile-de-France (URCAUE)**

32 boulevard de Sébastopol 75004 Paris  
T: 01 77 16 55 65 / F: 01 48 87 00 45  
Email : contact@urcaue-idf.fr

### **Ekopolis**

32 boulevard de Sébastopol 75004 Paris  
Tél. : 01 77 16 55 65  
Email : contact@ekopolis.fr

### **Bruitparif**

9, impasse Milord 75018 Paris  
Tél. : 01 75 00 04 00 - Fax : 01 75 00 04 01  
Email : contact@bruitparif.fr

### **Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (ADEME)**

Structure nationale :  
27, rue Louis Vicat 75015 PARIS  
Tél. : 01 47 65 20 00

### **ADEME Ile-de-France :**

6-8, rue Jean Jaurès 92807 PUTEAUX Cedex  
Tél. : 01 49 01 45 47

### **Conseil Général du Val-de-Marne**

Hôtel du département  
Avenue du Général De Gaulle 94000 Créteil  
Tél. : 39 94

### **Région Ile-de-France**

Conseil Régional d'Ile-de-France  
33 rue Barbet de Jouy 75007 PARIS  
Tél. : 01 53 85 53 85  
www.ile-de-france.fr

### **Airparif**

7 rue Crillon 75004 PARIS  
Tél. : 01 44 59 47 64 - Fax : 01.44.59.47.67  
www.airparif.asso.fr

### **Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer**

92055 La Défense Cedex  
Tél. : 01 40 81 21 22  
www.developpement-durable.gouv.fr

### **Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB)**

4, avenue du recteur Poincaré  
75782 PARIS Cedex 16  
Tél. : 01 40 50 28 28 - Fax : 01 45 25 61 51  
www.cstb.fr

### **Observatoire de la qualité de l'air intérieur**

www.air-intérieur.org

### **Syndicat Interdépartemental pour l'Assainissement de l'Agglomération Parisienne (SIAAP)**

2, rue Jules César 75012 PARIS  
Tél.: 01 44 75 44 75 - Fax : 01 44 75 44 34  
www.siaap.fr

### **Agence de l'Eau Seine Normandie (AESN)**

51, rue Salvador Allende 92000 NANTERRE  
Tél. : 01 41 20 16 00 - Fax : 01 41 20 16 09  
www.eau-seine-normandie.fr



