



**INFO** → **ÉNERGIE**  
en BOURGOGNE



**J'éco-rénove  
J'économise**

renovation-info-service.gouv.fr  
**0 810 140 240**

# Bâtiment économique en énergie

Les clés pour  
réussir son projet  
de construction  
ou de rénovation





# Qu'est-ce qu'un bâtiment économe en énergie ?

## Une réalisation à la portée de tous

La conception de ce type de bâtiment repose sur des techniques éprouvées, des matériaux et des équipements aujourd'hui disponibles sur le marché. Il s'agit donc d'une réalisation aisément reproductible et à la portée du plus grand nombre.

Il est possible d'utiliser ces techniques dans le cadre d'une rénovation globale ou étape par étape en les adaptant toutefois aux spécificités du bâti existant. Pour le bâti ancien (avant 1948), il est indispensable de tenir compte des propriétés hygrothermiques particulières des murs (pierre, pisé, briques...) pour adapter les techniques d'isolation et faire les bons choix de matériaux.

Le présent ouvrage s'adresse plus particulièrement au bâti d'après-guerre ainsi qu'aux constructions neuves et ne concerne que les maisons individuelles.

## Un standard de performance énergétique obligatoire pour le neuf depuis 2013

Le parc immobilier national consomme environ 250 kWh par m<sup>2</sup> et par an (kWh<sub>EP</sub>/m<sup>2</sup>.an)\*, soit plus d'une tonne d'équivalent pétrole par bourguignon et par an. Le secteur du bâtiment représente à lui seul 43% des consommations d'énergie en France et 22% des émissions de gaz à effet de serre. Il est donc l'un des secteurs les plus « énergivores ».

L'engagement français sur le protocole de Kyoto, implique que nous soyons parvenus à réduire par 4 les émissions de gaz à effet de serre en 2050,

afin de préserver les générations futures des risques inhérents au changement climatique et à l'appauvrissement des ressources énergétiques.

Depuis le 1er janvier 2013, toutes les maisons individuelles neuves doivent respecter la RT 2012. Au plan national, cette réglementation correspond, dans le résidentiel, à une consommation annuelle d'énergie primaire (EP) inférieure à 50 kWh<sub>EP</sub>/m<sup>2</sup>.an, soit le standard BBC (Bâtiment Basse Consommation), pondérée selon la zone géographique et l'altitude. Pour la Bourgogne, la consommation annuelle d'énergie primaire doit être inférieure à 60 ou 65 kWh<sub>EP</sub>/m<sup>2</sup>.

## La réglementation thermique dans l'existant et le label BBC rénovation

Il existe une réglementation thermique qui définit une performance minimale pour l'élément remplacé ou installé.

Le label BBC rénovation impose une consommation d'énergie inférieure à 80 kWh<sub>EP</sub>/m<sup>2</sup>.an, pondérée selon la zone géographique et l'altitude. Pour la Bourgogne, la consommation annuelle d'énergie primaire doit être inférieure à 96 ou 104 kWh<sub>EP</sub>/m<sup>2</sup>.

*Afin d'amplifier le nombre de rénovation énergétique, le gouvernement a mis en place le Plan de Rénovation Énergétique de l'Habitat depuis le 19 septembre 2013 afin d'atteindre 500 000 rénovations de logements par an à l'horizon 2017.*



### Pour aller plus loin :

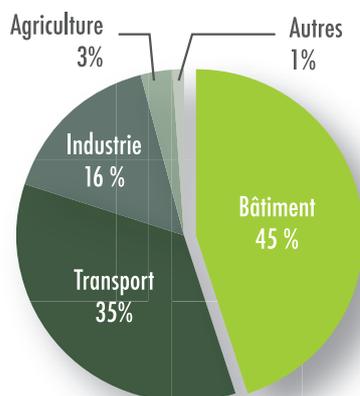
[www.rt-batiment.fr](http://www.rt-batiment.fr)

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

[www.renovation-info-service.gouv.fr](http://www.renovation-info-service.gouv.fr)

[www.bourgogne-batiment-durable.fr](http://www.bourgogne-batiment-durable.fr)

### Les consommations d'énergie par secteur d'activité en Bourgogne



Source : Alterre Bourgogne (2005)

# Quels sont les avantages ?

## Un confort accru

Ces bâtiments, très développés dans les pays nordiques et germaniques, séduisent d'abord par le confort qu'ils apportent aux occupants. L'amélioration de l'isolation et de la ventilation procurent un grand confort thermique, hiver comme été. Ils éliminent plus largement les zones froides, les problèmes d'humidité, d'odeurs, de bruit et offrent la possibilité de filtrer les particules allergènes tels que le pollen et les poussières urbaines.

## Un bâtiment plus économe

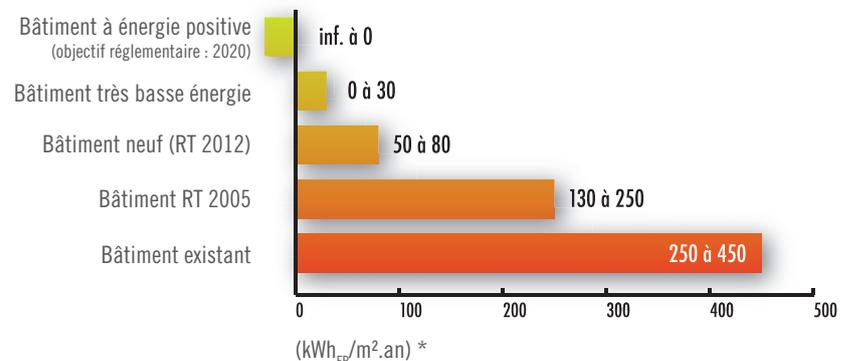
La conception d'un bâtiment économe en énergie implique un surinvestissement estimé entre 5 et 15% par rapport à une construction RT 2005 ou réhabilitation classique. Cet effort financier doit toutefois être mis en parallèle avec les économies réalisées et la valeur ajoutée du projet.

Les économies réalisées sur les dépenses de chauffage permettent de couvrir, en partie, les annuités générées par le coût d'un crédit nécessaire au financement du surinvestissement. Sans compter que vivre dans un bâtiment économe en énergie permet d'être moins dépendant de l'augmentation du prix de l'énergie.

Ces économies permettent également de réduire le phénomène de précarité énergétique des ménages locataires à faible revenu. Pour le bailleur, la mise en location d'un bâtiment BBC lui assure donc une plus grande solvabilité des ménages et un « turn over » moins important.

En moyenne, les factures de chauffage sont divisées par six à huit pour les réhabilitations.

## Les repères de consommation des bâtiments

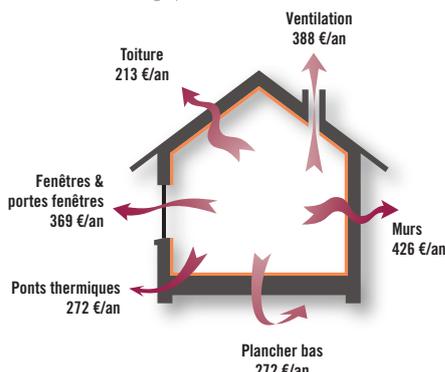


\* kWh<sub>EP</sub> = kilowattheure d'énergie primaire (voir lexique p19)

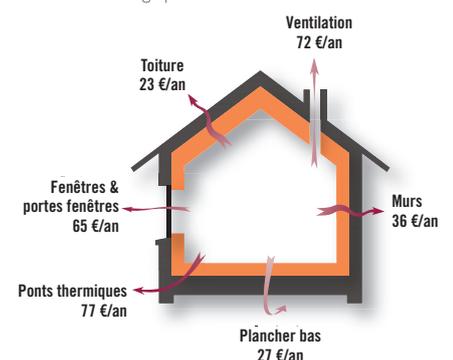
## Une valeur ajoutée au bien immobilier

La valeur d'un bâtiment va de plus en plus dépendre de ses performances énergétiques. Mais indirectement, le confort et la qualité apportés par ce type de réalisation valorisent le bien sur le marché immobilier. En Suisse, les bâtiments certifiés Minergie® ont une surcôte à la revente supérieure à 12% par rapport à un bâtiment conventionnel.

**Bâtiment conventionnel**  
300 kWh/m<sup>2</sup>.an - Etiquette énergie E  
1 940 € de chauffage par an



**Bâtiment économe en énergie (BBC)**  
47 kWh/m<sup>2</sup>.an - Etiquette énergie A  
300 € de chauffage par an



**Comparatif des consommations de chauffage** annuelles par poste pour une maison type bourguignonne de 100 m<sup>2</sup>, construite avant 1974 (chauffage au gaz et système constructif en blocs de béton creux)

# Un bâtiment bioclimatique

Un logement en duplex dans un bâtiment en bande (habitat intermédiaire mitoyen) consomme 57% moins d'énergie qu'une maison individuelle, à surfaces habitables égales.

## La conception bioclimatique

Dans l'habitat traditionnel, des moyens efficaces et de bon sens étaient utilisés pour profiter de l'ensoleillement (bénéficier des calories l'hiver et éviter les surchauffes l'été) et pour se protéger des vents dominants :

- bâtiments compacts (voir schéma p5), souvent protégés au nord par des annexes,
- ouvertures principales orientées au sud et ouvertures réduites au nord (sauf exception),
- arbres et bosquets à feuillage caduque à proximité des habitations (ombrage l'été / soleil l'hiver).

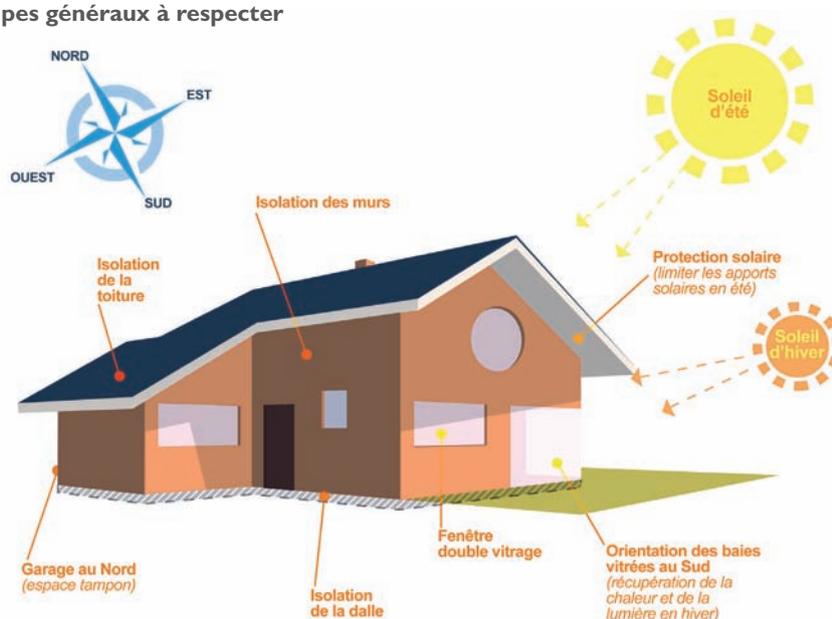
Mais ces principes sont très souvent délaissés dans les constructions contemporaines : implantation au milieu de la parcelle, conception architecturale éclatée, baies vitrées surdimensionnées et mal orientées, chauffage inadapté...

L'architecture bioclimatique s'inspire fortement des principes de l'habitat ancien, en permettant de vivre au quotidien avec le soleil et la lumière !

De façon générale, lors de la construction d'une maison, il est toujours intéressant de respecter les principes suivants :

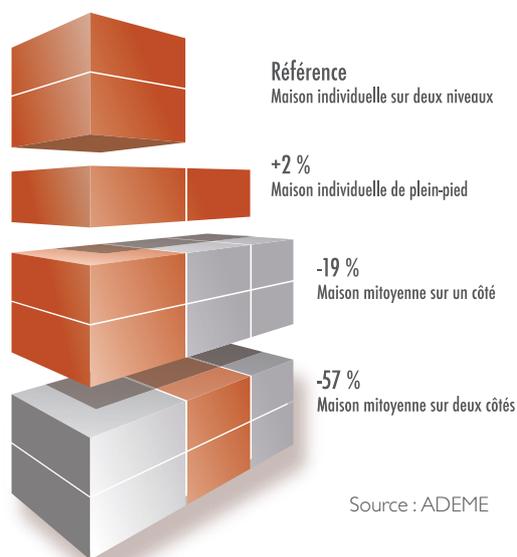
- s'adapter et tirer le parti des caractéristiques de sa parcelle et de son environnement,
- établir ses besoins en termes d'espaces et de lieux de vie (« programme »),
- penser sa maison de manière globale d'un point de vue énergétique,
- réfléchir à la conception même du bâtiment : architecture, matériaux employés, finitions...,
- évaluer l'enveloppe financière globale de son projet.

## Les principes généraux à respecter



**La compacité du bâtiment** est un élément déterminant d'un point de vue de l'efficacité énergétique. Les bâtiments à volumétrie complexe multiplient les surfaces de parois extérieures et sont donc plus déperditifs. Les constructions groupées offrant des murs mitoyens consomment jusqu'à deux fois moins d'énergie qu'un bâtiment isolé, à surfaces habitables égales.

**La compacité du bâtiment :** Déperdition comparée de l'enveloppe de différents logements (à surfaces habitables égales)



Les bâtiments compacts et groupés (habitat intermédiaire) sont beaucoup plus économes que les bâtiments isolés.

**L'orientation du bâtiment** et la répartition des ouvertures doivent être bien pensées pour bénéficier pleinement des apports solaires et protéger les espaces intérieurs du froid. Au sud, les ouvertures doivent être largement dimensionnées et bien protégées du soleil en été (brise-soleil, débordement de toiture, plantations à feuilles caduques), tandis qu'elles doivent être réduite

sur les autres faces. La répartition idéale des surfaces vitrées dans l'habitat individuel est de l'ordre de 50% au sud, de 20% à l'est et à l'ouest et de 10% au nord.

La distribution des espaces intérieurs doit permettre de tirer profit de la conception bioclimatique pour le confort des occupants et limiter l'usage des équipements du bâtiment (éclairage, chauffage, climatisation).

- Au sud/sud-ouest : disposez les parties communes pour profiter au maximum de l'ensoleillement, d'une énergie solaire passive et d'un éclairage favorable.
- Au nord : prévoyez des «espaces tampons» ou de transition pour protéger la maison du froid.
- À l'est : préférez les chambres au soleil levant pour éviter les surchauffes en soirée.
- À l'ouest : implantez un espace tampon comme un garage, une buanderie, la chaufferie pour vous protéger de la chaleur estivale.

Les éléments naturels contribuent assez largement au bilan énergétique de la construction. Le bâtiment doit aussi être protégé des vents dominants, l'hiver, en utilisant à la fois la topographie du terrain et les écrans végétaux à feuillage caduc. Les surfaces en herbe ou plantées autour du bâtiment sont perméables à l'eau de pluie et réfléchissent moins la chaleur qu'une surface maçonnée ou minérale. Les plantes grimpantes et les arbres peuvent protéger le bâtiment du soleil en été.

*Il est parfois difficile d'adapter les principes de bioclimatisme à une maison existante sans mettre en œuvre de grandes transformations ou une rénovation lourde. Toutefois, il est possible de reprendre quelques idées pour se protéger du soleil ou des vents dominants par exemple.*



**Pour aller plus loin :**

Dossier technique « La RT 2012 pour les logements individuels » du réseau des Espaces INFO → ÉNERGIE en Bourgogne

# 2

## Une isolation renforcée des parois

La sensation d'inconfort apparaît lorsque l'écart de température entre le rayonnement des parois du bâtiment et l'air intérieur est supérieur à 3°C. Un choix opportun de matériau, une bonne isolation permettent d'éviter ce phénomène et de réduire le besoin de chauffage.

### La résistance thermique des matériaux

L'isolation des parois est indispensable pour atteindre la basse consommation d'énergie (classe énergétique A).

Elle peut être réalisée soit par l'intérieur, au détriment de la surface habitable, mais à moindre coût, soit par l'extérieur. Cette dernière solution doit être mise en œuvre en construction neuve et privilégiée, dans la mesure du possible, en rénovation car elle permet de supprimer presque tous les ponts thermiques (voir clé n°3). Elle simplifie également les travaux de rénovation lorsque le bâtiment est occupé. L'isolation répartie est intégrée au mur lui-même. Elle suppose l'utilisation de matériaux particuliers qui assurent à la fois la tenue mécanique et l'isolation (briques à alvéoles multiples, blocs de béton cellulaire, panneaux de bois isolés...).

Les épaisseurs d'isolant (équivalent laine minérale) doivent être au moins égales à 30 cm pour la toiture ou le plancher des combles, 16 cm pour la façade et le plancher sur cave. Une attention particulière ➔

**Tableau I :** Caractéristiques minimales d'isolation selon le niveau de consommation envisagé ( $\lambda = 0.04 \text{ W/m.K}$ )

		Niveau BBC (RT 2012) 60 kWh <sub>ep</sub> /m <sup>2</sup> .an *	Très basse énergie (niveau passif) <30 kWh <sub>ep</sub> /m <sup>2</sup> .an *
Toit	R indicatif	7,5 m <sup>2</sup> .K/W	10 m <sup>2</sup> .K/W
	Ep. d'isolant	30 cm	40 cm
Plancher	R indicatif	4 m <sup>2</sup> .K/W	7,5 m <sup>2</sup> .K/W
	Ep. d'isolant	16 cm	30 cm
Façade	R indicatif	4 m <sup>2</sup> .K/W	7,5 m <sup>2</sup> .K/W
	Ep. d'isolant	16 cm	30 cm



C L É



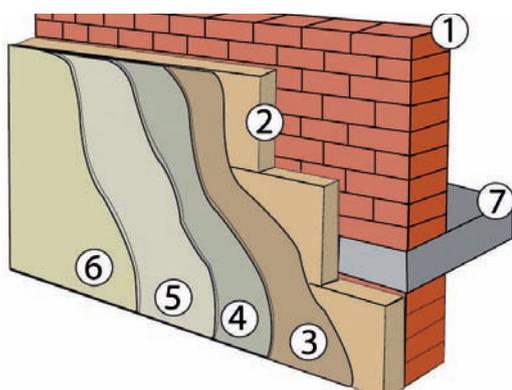
est portée aux phases de conception et de chantier, afin de limiter au maximum les pertes de chaleur liées à une discontinuité de l'enveloppe isolante et/ou de l'étanchéité à l'air.

De très nombreux produits sont disponibles et il est important de bien les choisir. Les isolants traditionnels sont principalement les laines minérales (laines de verre et de roche) et les plastiques alvéolaires (polystyrène et polyuréthane). Ils sont issus de matières non renouvelables. Une très grande part de ces produits bénéficie d'une certification ACERMI.

Les isolants « bio-sourcés » ou naturels sont fabriqués avec une part variable de matières renouvelables. Il s'agit en particulier de produits fabriqués avec de la ouate de cellulose, de la laine de bois, du liège, du chanvre, voire de la plume de canard. La plupart de ces produits bénéficie d'un avis technique, d'un agrément technique européen ou d'une certification et sont disponibles sur le marché.

Pour une bonne isolation, il faut une bonne résistance

#### Exemple d'isolation par l'extérieur avec panneaux enduits



1. Mur d'origine
2. Panneaux isolants
- 3, 4, 5. Treillis d'homogénéisation et couches d'accrochage
6. Enduit de finition
7. Dalle de plancher

thermique qui dépend de l'épaisseur d'isolant ( $e$ , exprimé en mètre) et du coefficient de conductivité thermique ( $\lambda$ ) du matériau choisi, selon la formule :  
 $R = e / \lambda$

L'investissement dans l'isolation pourra souvent être compensé, au moins en partie, par des économies sur l'achat d'un appareil de chauffage, nécessairement moins puissant qu'avant isolation.

#### L'inertie thermique des matériaux

Le choix des matériaux de construction et d'isolation est important à plusieurs titres.

La résistance thermique d'un matériau représente l'aptitude de celui-ci à ralentir la propagation de l'énergie qui le traverse. L'épaisseur nécessaire pour obtenir une résistance thermique performante dépend donc du matériau utilisé. Le béton est 45 fois moins isolant que la laine de chanvre.

La densité du matériau est aussi intéressante pour l'inertie thermique qu'elle confère au bâtiment. Les matériaux à forte densité comme la pierre et le béton ont la faculté d'accumuler la chaleur et de la restituer avec un déphasage plus ou moins important dans le temps. Ils permettent donc de tirer profit des apports solaires pour restituer l'énergie en décalage avec les pics de température extérieure. Ce phénomène naturel de régulation, bien connu dans les maisons anciennes, permet de conserver une ambiance intérieure fraîche et confortable en été. Dans une moindre mesure, les isolants sont aussi capables d'amortir les fluctuations de température.

En été, le rayonnement est principalement vertical. Il convient donc de porter une attention particulière à l'inertie de la toiture, par exemple en isolant en partie supérieure avec des matériaux dérivés du bois. Une toiture végétalisée peut aussi être une excellente alternative.



#### Pour aller plus loin :

Fiche « Matériaux d'isolation »  
du réseau des Espaces  
INFO → ÉNERGIE  
en Bourgogne

Fiche « Isolation par l'extérieur »  
du réseau des Espaces  
INFO → ÉNERGIE  
en Bourgogne

# 3

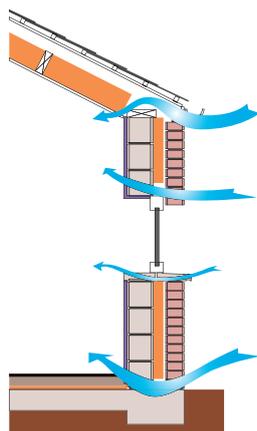
## Un traitement poussé des ponts thermiques

### Le pont thermique, une source d'inconfort

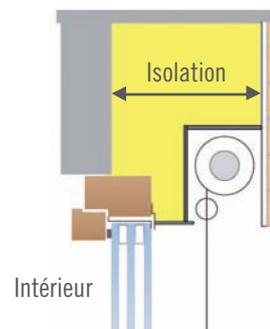
Les ponts thermiques sont des zones de dissipation de la chaleur. Ils se situent généralement aux points de jonction des différentes parties de la construction, là où l'isolation fait défaut : nez de planchers, linteaux à la périphérie des ouvertures... Ces ponts thermiques doivent faire l'objet d'une attention particulière lors de la conception, car ils sont à l'origine de zones froides dans la maison et sont donc sources d'inconfort. Ils peuvent également engendrer des dégradations incidieuses sur le bâtiment comme la condensation, l'apparition de moisissures, ou le décollage des revêtements intérieurs.

Pour réduire les risques inhérents à la présence des ponts thermiques, l'enveloppe isolante du bâtiment ne doit pas être interrompue. Lorsque l'interruption est inévitable, la résistance thermique du matériau employé doit être la plus élevée possible pour limiter les échanges thermiques par conduction avec l'intérieur (crépi isolant, béton cellulaire, brique monomur...).

**Exemples de ponts thermiques** liés à un défaut d'isolation en façade de construction



### Exemple de volet roulant à caisson isolé pour limiter les ponts thermiques



### Thermographie d'une façade

indiquant les zones de ponts thermiques dues à des défauts d'isolation (en jaune et orange)



La thermographie infrarouge est une méthode de mesure de température de surface, par caméra. Cette méthode permet l'identification rapide des points critiques de la construction et constitue essentiellement un outil de contrôle.



#### Pour aller plus loin :

Dossier technique « La performance énergétique des logements : les conditions de réussite » du réseau des Espaces INFO → ÉNERGIE en Bourgogne.

# Des fenêtres performantes

## Des produits de qualité croissante

De tous les composants de l'enveloppe du bâtiment, la fenêtre est sans doute l'élément le plus critique en raison de sa complexité. Les fenêtres permettent de profiter du soleil et du paysage, et on aimerait qu'elles soient grandes et nombreuses. Mais elles peuvent dégrader le bilan thermique de la maison en laissant la chaleur entrer l'été et sortir l'hiver. Comment résoudre cette contradiction ? Il est impératif d'utiliser les meilleures fenêtres que l'on trouve sur le marché, c'est-à-dire avec un coefficient de transmission thermique performant ( $U_w$ ), une bonne fraction solaire ( $S_w$ ) et une excellente étanchéité à l'air. Le système de ventilation devra être compatible avec l'installation des nouvelles menuiseries.

Elles sont composées d'un double vitrage peu émissif, à isolation thermique renforcée (vide d'air rempli d'argon ou de krypton). Les fenêtres à triple vitrage peuvent être nécessaires pour atteindre des performances plus élevées encore, mais elles présentent l'inconvénient de réduire les apports solaires. Un compromis peut être trouvé, en plaçant le triple vitrage ou le châssis fixe uniquement en façade nord, où ces apports solaires sont inexistantes.

Le degré d'isolation du châssis est également un autre facteur important. Le bois et le PVC offrent de bonnes performances. Les encadrements de fenêtres métalliques sans rupture de pont thermique sont peu efficaces en

terme d'isolation. Certains vitrages dits « thermo-acoustiques » réduisent également les nuisances sonores.

**Exemple de menuiserie à triple vitrage**  
d'un fabricant français



Crédit photo : Menuiserie Bieher (67)

## Attention à la surface des baies vitrées !

Les performances des nouveaux produits atténuent considérablement les déperditions thermiques en hiver et apportent désormais une grande liberté de conception. Le dimensionnement et l'orientation judicieuse des baies vitrées peuvent même permettre de gagner de l'énergie solaire durant la saison de chauffe. Mais en été ou en intersaison, une surface excessive de baies vitrées peut engendrer une surchauffe du bâtiment. Il est généralement recommandé de ne pas dépasser 15 à 20% de la surface habitable pour limiter ce risque.

**Tableau 2 :** Caractéristiques minimales des baies vitrées selon le niveau de consommation envisagé (en  $W/m^2.K$ )

	Niveau BBC (RT 2012) - 60 $kWh_{ep}/m^2.an$ *	Très basse énergie (niveau passif) - <30 $kWh_{ep}/m^2.an$ *
	Recommandé	Recommandé
Fenêtre ( $U_w$ )	1,4	1,1
Vitrage ( $U_g$ )	1,1 (double vitrage avec argon)	0,8 (triple vitrage)

\*  $kWh_{ep}$  = kilowattheure d'énergie primaire (voir lexique p19)



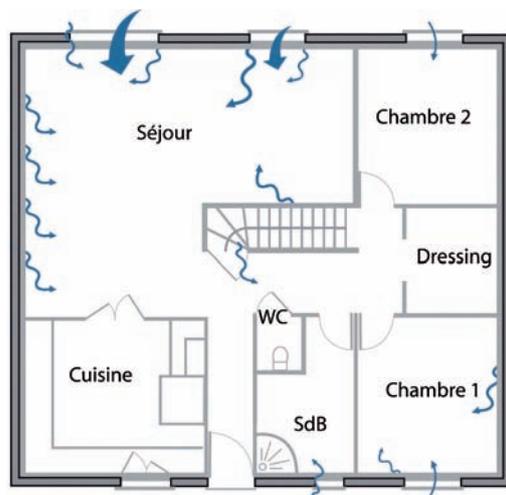
**Pour aller plus loin :**

Fiche « Les parois vitrées »  
du réseau des Espaces  
INFO → ÉNERGIE  
en Bourgogne

# Une bonne étanchéité à l'air

Dans un bâtiment étanche et bien isolé, les apports internes suffisent à augmenter la température de confort de 3 à 5°C.

Dans cette habitation, les flux d'air sont mal répartis notamment à cause des infiltrations (flèches bleues). De ce fait, il y a beaucoup de déperditions énergétiques.



## Eviter les fuites d'air, un impératif

Des défauts d'étanchéité à l'air sont souvent rencontrés, au niveau des fenêtres, du passage des câbles et des évacuations. Dans une maison classique, ces fuites peuvent générer un grand gaspillage d'énergie.

Le traitement de l'étanchéité à l'air nécessite une mise en œuvre de qualité et une prise en compte de cet aspect dès la phase de conception. Des produits spécifiques existent également pour traiter les points sensibles du bâtiment (rubans adhésifs, manchons, toiles d'étanchéité...).

Le contrôle de la bonne étanchéité du bâtiment est réalisé avec le test « Blower Door » (ou test dit « de la porte soufflante »). Il consiste à mettre le bâtiment en surpression ou en dépression pour mesurer et détecter les fuites d'air persistantes.

Le protocole du test est le suivant : la ventilation de la maison est coupée, les portes et fenêtres sont fermées et l'une d'elles est équipée d'une porte en toile munie d'un ventilateur. Ce ventilateur est commandé par un ordinateur et raccordé à différentes sondes qui permettent de calculer le volume d'air qui entre par les points de fuite du bâtiment. Le renouvellement d'air d'un bâtiment à basse consommation doit être inférieur à 0,6 volume/heure et à une pression de 50 Pascal.

Il est important de réaliser ce test dès que sont mis en place les éléments qui ont une influence sur l'étanchéité du bâtiment (menuiseries, pare-vapeur et autres membranes). Cette précaution permet d'intervenir pour résorber les éventuels défauts de mise en œuvre révélés par le test, avant la réalisation des finitions.



CLÉ

5



### Illustration du test « BlowerDoor »

(« porte soufflante »)



### La réduction des apports internes

La réduction importante des besoins énergétiques, opérée grâce à l'isolation renforcée et à l'étanchéité du bâtiment, peut conduire à un risque de surchauffe du fait des apports internes mal maîtrisés. On entend par apports internes, les apports gratuits de chaleur générés par l'utilisation des équipements (éclairage, hifi, téléviseur, informatique, électroménager, cuisson...), et les occupants eux-mêmes. Une famille avec 2 enfants en bas âge, dégage une énergie correspondant à une puissance de 300 à 600 W. Ces apports internes, ordinairement négligeables, représentent une source de réchauffement significative dans un bâtiment performant et peut se traduire par une élévation de la température de 3 à 5°C.

Il est donc nécessaire de limiter au maximum ces apports de calories, notamment par le choix d'appareils électroménagers efficaces et bien dimensionnés (classe énergétique A) et de systèmes d'éclairages économes en énergie.

#### Pour aller plus loin :

Fiche « L'étanchéité à l'air » du réseau des Espaces INFO → ÉNERGIE en Bourgogne

Dossier technique « La performance énergétique des logements : les conditions de réussite » du réseau des Espaces INFO → ÉNERGIE en Bourgogne

Film et guide « Étanchéité à l'air des bâtiments » réalisé par l'ADEME et la région Bourgogne, téléchargeable sur [www.ademe.fr](http://www.ademe.fr) / rubrique Médiathèque

### La gestion de l'humidité dans le bâtiment ancien

La réhabilitation de bâtiments anciens exige quelques précautions de conception de l'enveloppe étanche pour ne pas faire barrière à l'humidité présente dans les murs. Un choix technique peu opportun peut modifier le comportement hygrométrique du bâtiment et engendrer des sinistres importants dans le temps. Il convient donc de s'assurer que les murs puissent évaporer l'humidité, notamment vers l'extérieur (attention aux enduits ciment ou plastiques par exemple).

# 6 Une ventilation performante

La ventilation double flux, dotée d'un échangeur performant, permet de récupérer plus de 80% des calories contenues dans l'air extrait de l'habitat. Elle fait ainsi économiser jusqu'à 30% des besoins de chauffage.

La ventilation d'un logement est impérative pour maintenir une ambiance saine. Elle a pour fonction d'évacuer la vapeur d'eau et l'air pollué ou vicié par les occupants, la cuisson, les appareils sanitaires et ménagers. En période hivernale, lorsque la température est basse, le renouvellement de l'air intérieur représente une part très importante des pertes de calories du bâtiment, compensées par le chauffage.

La ventilation est obligatoire pour tous les logements postérieurs à 1982 pour améliorer la qualité de l'air intérieur. Tous les équipements de ventilation mécanique contrôlée (VMC) ne traitent pas avec le même niveau de performance ce paradoxe du bâtiment contemporain.

## VMC simple flux et hygroréglable

L'air vicié du bâtiment est extrait des pièces de d'eau (cuisine, salle d'eau, WC) grâce à un groupe d'extraction comportant un ventilateur. Il est remplacé par apport direct d'air frais dans les pièces de séjour, de nuit et de bureau au moyen

d'orifices créés dans les menuiseries ou les murs. Ce dispositif engendre donc une déperdition d'énergie et ne permet pas d'atteindre les performances de la basse consommation.

Le fonctionnement de la VMC hygroréglable (type A ou B) est identique à la VMC simple flux. Le débit d'air varie toutefois en fonction de l'humidité ambiante des pièces. Lorsque l'air est peu humide, la ventilation est ralentie pour limiter les rejets d'air chaud à l'extérieur. Ce système permet donc de réaliser une petite économie par rapport à la VMC simple flux.

## VMC double flux avec récupérateur de chaleur

Le fonctionnement de cet équipement repose sur la récupération de l'énergie contenue dans l'air extrait. L'air neuf pénètre dans le bâtiment par un conduit central qui le distribue ensuite dans les pièces principales. Un échangeur thermique, situé dans le volume chauffé, permet à l'air sortant de céder sa chaleur à l'air entrant, qui est alors préchauffé. Il n'y a pas de mélange des deux flux d'air.

Cet équipement est plus coûteux qu'une VMC simple flux. Il est indispensable dans une maison « basse et très basse énergie » car il permet d'économiser jusqu'à 30% des besoins de chauffage voire de remplacer le système de chauffage pour le niveau passif. Les centrales à haute performance, maintenant sur le marché, récupèrent jusqu'à 90% de l'énergie contenue dans l'air vicié extrait, en tirant profit de la chaleur dégagée par la cuisson ou la toilette. Ce type d'équipement est doté de moteurs à courant continu, peu consommateurs d'énergie.

**Schéma de fonctionnement de la VMC double flux** avec récupération d'énergie



Circuit de soufflage qui distribue dans les pièces principales de l'air neuf réchauffé et filtré

Récupérateur qui transfère à l'air neuf à souffler la chaleur contenue dans l'air vicié extrait

# 6

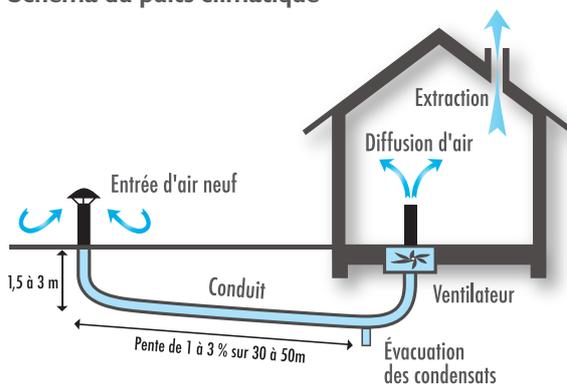
L'installation peut également être raccordée à un puits climatique pour tempérer le bâtiment. L'optimisation du fonctionnement d'une ventilation double flux nécessite au préalable un traitement poussé de l'enveloppe chauffée du bâtiment pour éliminer les fuites d'air, ordinairement liées aux imperfections de la construction (voir clé n°5). Sinon le rendement peut chuter à moins de 50%. Une bonne étanchéité à l'air des réseaux de ventilation améliorera les performances du système.

Pour limiter le risque de surchauffe du bâtiment en période estival, la ventilation nocturne doit être renforcée afin d'évacuer l'excédent de chaleur accumulée durant la journée. Cette ventilation peut être assurée naturellement en ouvrant les fenêtres, pour bénéficier de la fraîcheur du soir et de la nuit. En cas d'impossibilité, le système de ventilation pourra être conçu pour augmenter très fortement les débits d'air la nuit.

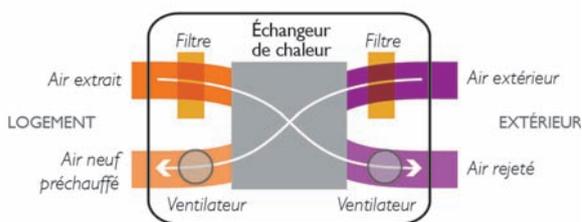
## Qu'est-ce qu'un puits climatique ?

Le puits climatique, également appelé puits canadien ou puits provençal, est un système de ventilation qui tempère l'air neuf entrant dans la maison. L'air neuf circule dans un tube enfoui dans le sol à plus d'un mètre de profondeur, et tire ainsi profit de la température constante du sol (environ 13°C), avant d'être pulsé à l'intérieur. En hiver, l'air frais est préchauffé pour réduire les besoins de chauffage. En été, il est rafraîchi pour améliorer le confort du bâtiment. Ce dispositif, simple dans son principe, est toutefois délicat à mettre en œuvre. Mal dimensionné, il est inefficace d'un point de vue thermique. Certaines précautions de mise en œuvre doivent être observées pour éviter la formation de moisissures susceptibles de contaminer l'air pulsé dans le bâtiment.

### Schéma du puits climatique



### Exemple de caisson de ventilation double flux avec récupération de chaleur à haut rendement



Crédit : ADEME / Atelier des giboulées

**Tableau 3 :** Caractéristiques minimales de la ventilation selon le niveau de consommation envisagé

	Niveau BBC (RT 2012) - 60 kWh <sub>ep</sub> /m <sup>2</sup> .an *	Très basse énergie (niveau passif) - <30 kWh <sub>ep</sub> /m <sup>2</sup> .an *
Ventilation	Double flux à rendement élevé ou simple flux hygroréglable	Double flux à rendement élevé

\* kWh<sub>ep</sub> = kilowattheure d'énergie primaire (voir lexique p19)

19°C suffisent pour la température intérieure d'un bâtiment. Pour chaque degré de plus, la dépense énergétique du logement augmente de 7% et les émissions de gaz à effet de serre de 15%.



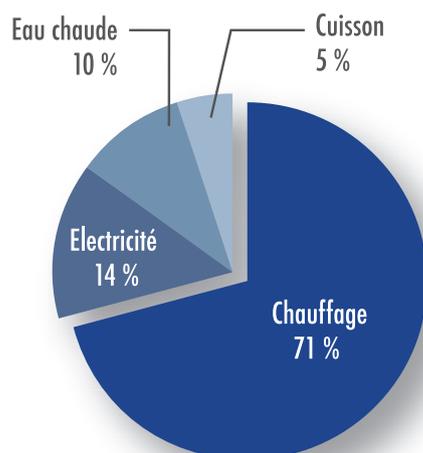
**Pour aller plus loin :**  
Fiche « Ventilation performante » du réseau des Espaces INFO → ÉNERGIE en Bourgogne

# Un chauffage à haut rendement

Lors de l'installation ou du renouvellement d'un système de chauffage, il est impératif de raisonner en « coût global », pour tenir compte du coût d'acquisition du matériel, des coûts prévisionnels d'utilisation et d'entretien de l'installation sur l'ensemble de la durée de vie du matériel. Si vous faites le choix du fioul ou du gaz, privilégiez les équipements à haut rendement. Dans tous les cas, un bâtiment économe en énergie nécessitera un appareil de chauffage et des émetteurs moins puissants, donc moins coûteux.

Dans un bâtiment économe, une attention particulière doit être portée au dimensionnement des installations qui sont plus réduites : puissance de la chaudière, diamètre des canalisations, taille des radiateurs, calorifugeage. De manière générale, de meilleures performances sont atteintes si la chaudière est reliée à un plancher chauffant plutôt qu'à des radiateurs. Par rapport à une chaudière standard actuelle, les économies réalisables sont de l'ordre de 20% avec une chaudière à condensation fonctionnant à basse température.

**Répartition des dépenses énergétiques**  
d'un ménage bourguignon



Source : Alterre Bourgogne

## Qu'est-ce qu'une chaudière à condensation ?

Une chaudière à condensation permet de récupérer la chaleur contenue dans les fumées sous forme de vapeur d'eau. En effet, avant d'être évacuées par la cheminée, les fumées chaudes produites par la combustion traversent un échangeur (le condenseur) dans lequel circule l'eau de retour du circuit de chauffage si celle-ci est à une température inférieure à 40°C. La vapeur d'eau contenue dans les fumées peut alors se condenser sur l'échangeur qui récupère la chaleur dite latente. Celle-ci réchauffe alors l'eau de retour du circuit de chauffage et s'ajoute à la chaleur de combustion. La condensation n'est compatible qu'avec un plancher chauffant ou des radiateurs dimensionnés pour fonctionner à basse température et avec une régulation prenant en compte la température extérieure.

## La régulation : un système astucieux

Une installation de chauffage est toujours dimensionnée pour répondre aux périodes de froid extrême. Pendant le reste de la période de chauffe, c'est le système de régulation qui a pour fonction d'ajuster la puissance émise. Une mauvaise adéquation entre la demande et l'offre de chaleur peut être à l'origine d'une insuffisance de chaleur et d'un inconfort. Le système de régulation prend en compte la totalité des besoins de l'habitation grâce à un thermostat d'ambiance et/ou une sonde extérieure. Il agit pour cela sur la production et la distribution de chaleur.

Il peut aussi prendre en compte les besoins d'une pièce en particulier grâce à des robinets thermostatiques. Il agit alors sur l'émission de chaleur. Les gains ainsi générés sur la facture de chauffage peuvent atteindre 20%.

Si votre chaudière a plus de 15 ans, vous économiserez de 15 à 40% sur votre consommation en optant pour un matériel neuf et performant.

### Bien choisir sa pompe à chaleur

Dans la zone nord-est de la France, il n'est pas recommandé d'installer de pompe à chaleur aérothermique. Une pompe à chaleur air/eau, intervenant en relèvement de chaudière à énergie fossile en période peu froide, peut éventuellement être une solution.

Les pompes à chaleur géothermiques sur capteurs enterrés horizontaux, sur sondes géothermiques ou les pompes à chaleur sur eau de nappe seront plus appropriées en Bourgogne. Pour obtenir les meilleures performances, il est nécessaire de privilégier un fonctionnement en basse température avec l'émission par plancher chauffant ou radiateurs basse température. Il est également important de veiller à ce que la pompe à chaleur puisse assurer la production d'eau chaude sanitaire.

### La production d'eau chaude performante

Il existe des systèmes combinés au chauffage ou des systèmes indépendants. La production peut être :

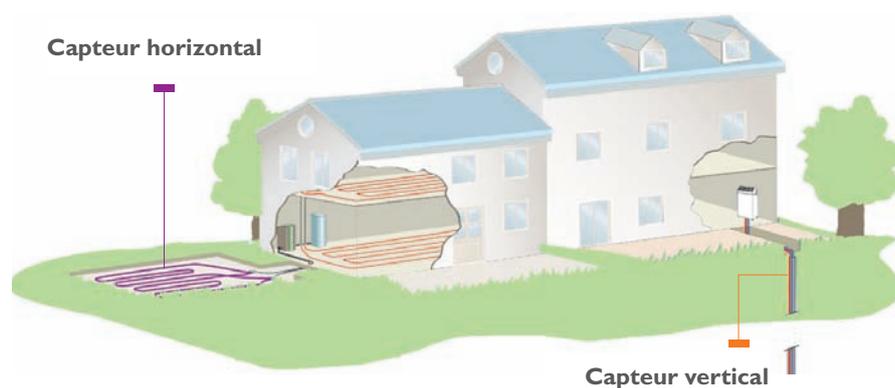
- stockée dans l'accumulation (ballon...),
- instantanée lorsque l'eau est chauffée au moment de la demande.

Un système de production indépendant présente l'avantage de pouvoir arrêter la chaudière hors période de chauffe mais l'inconvénient de multiplier le nombre d'équipement. Le choix du système de production peut également être lié à l'installation d'une production par énergie solaire par exemple.

### Le chauffe-eau thermodynamique : une innovation pour l'eau chaude sanitaire

Un chauffe-eau thermodynamique est un équipement qui associe un volume de stockage pour l'eau chaude (généralement 150 à 300 litres d'eau) et une pompe à chaleur (PAC) fonctionnant à l'électricité.

Les chauffe-eau thermodynamiques constituent des solutions de production d'eau chaude sanitaire performantes dans la mesure où l'appareil est correctement dimensionné et installé. En remplacement d'un chauffe-eau électrique « classique », il réduit la consommation d'énergie non renouvelable.



© ADEME / Graphies

#### Pour aller plus loin :

Fiche « Pompes à chaleur »  
du réseau des Espaces  
INFO → ÉNERGIE  
en Bourgogne

Fiche « Chauffe-eau  
thermodynamique individuel »  
du réseau des Espaces  
INFO → ÉNERGIE  
en Bourgogne

# 8

## Une bonne utilisation des énergies renouvelables !

Un chauffe-eau solaire évite le rejet de 40 à 500 kg de CO<sub>2</sub> par an, soit l'équivalent de ce que produit une petite voiture en parcourant 4 000 km.

À la faveur de techniques perfectionnées et abordables, de plus en plus de constructions et de maisons existantes intègrent le solaire et le bois-énergie pour le chauffage et/ou l'eau chaude sanitaire. Les énergies renouvelables sont devenues des solutions fiables améliorant l'autonomie énergétique. En effet, elles sont abondantes, voire inépuisables, et sont donc peu soumises aux fluctuations de prix des énergies fossiles. Enfin, elles demeurent une solution écologique car elles limitent les émissions de carbone et réduisent notre contribution à l'effet de serre.

### Le solaire : une énergie inépuisable et non polluante

L'énergie solaire comporte deux filières :

→ **Pour le solaire thermique (production de chaleur) :** l'énergie du soleil est absorbée grâce à des capteurs solaires basés sur le principe d'une serre.

Pour la production d'eau chaude sanitaire (chauffe-eau solaire individuel) d'une famille de 4 personnes, 2 et 4 m<sup>2</sup> de capteurs et 200 litres de stockage permettent pour couvrir entre 40 et 60% des besoins annuels.

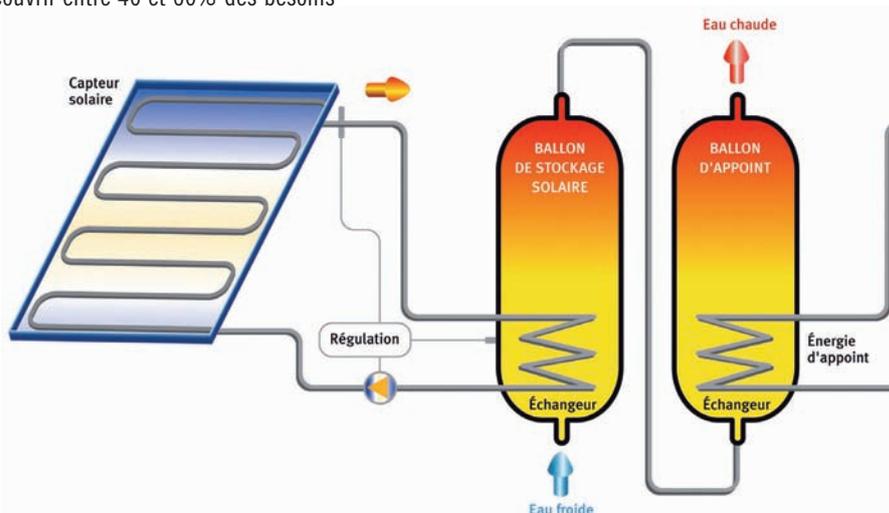
Pour la production de chauffage et d'eau chaude sanitaire (système solaire combiné) d'une maison de 100 m<sup>2</sup>, une surface de capteurs de 10 m<sup>2</sup> permet de couvrir 20 à 40% des besoins annuels. Les meilleures performances seront obtenues avec une émission basse température (plancher chauffant et/ou radiateurs).

→ **Pour le solaire photovoltaïque (production d'électricité) :** les panneaux convertissent directement la lumière du soleil en électricité grâce à des cellules photo-sensibles. L'électricité ainsi produite peut être soit injectée en totalité sur le réseau, soit être autoconsommée partiellement puis injectée sur le réseau. L'électricité, injectée sur le réseau, est achetée par selon un tarif d'achat.

En règle générale, on installe une puissance de 2 000 à 3 000 Watts-crête, ce qui représente une surface de 15 à 25 m<sup>2</sup>. En Bourgogne, cette puissance permet de produire environ 3 000 kWh/an, soit une grande partie de la consommation électrique spécifique d'un ménage (environ 2 700 kWh/an en moyenne, hors cuisson, eau chaude et chauffage).

### Le fonctionnement du chauffe-eau solaire

Un liquide caloporteur circule entre le capteur exposé au soleil et le ballon de stockage. Dans le ballon, le liquide traverse un échangeur thermique et cède sa chaleur à l'eau sanitaire.





## Le bois-énergie, une énergie locale

Il est possible d'installer :

- un appareil indépendant de type poêle, insert, utilisé en appoint de chauffage,
- une chaudière manuelle ou automatique utilisée en mode de chauffage principale.

Les chaudières à bois n'ont rien à voir avec les chaudières d'autrefois et possèdent un rendement supérieur à 85%. De plus, l'alimentation, la combustion et l'évacuation des cendres sont automatisées. Une chaudière à bois à alimentation automatique peut couvrir 100% des besoins en chauffage et eau chaude de votre maison.

Les appareils indépendants sont des produits performants d'un point de vue énergétique avec des rendements supérieurs à 70% et environnemental avec des rejets faibles en monoxyde de carbone. De plus, certains fabricants soignent le design de leur produit.

### Le fonctionnement d'une chaudière à bois à alimentation automatique

Le bois, sous forme de plaquettes ou de granulés, est déposé dans un silo d'alimentation automatique. De là, il est acheminé automatiquement vers la chaudière par le biais d'une vis sans fin. Une régulation contrôle les arrivées d'air à l'intérieur de la chaudière, de manière à optimiser la qualité de la combustion.

Les appareils indépendants et les chaudières à bois peuvent fonctionner aussi bien avec des bûches, des plaquettes que des granulés.

→ Les plaquettes résultent du broyage de bois à faible valeur marchande issus de la forêt.

→ Les granulés sont fabriqués à partir de sciures provenant des industries du bois (scieries et menuiseries) ou de plaquettes. Ils offrent plusieurs avantages : automatisation totale de l'installation, multiplicité des modes de livraison, pouvoir calorifique élevé.

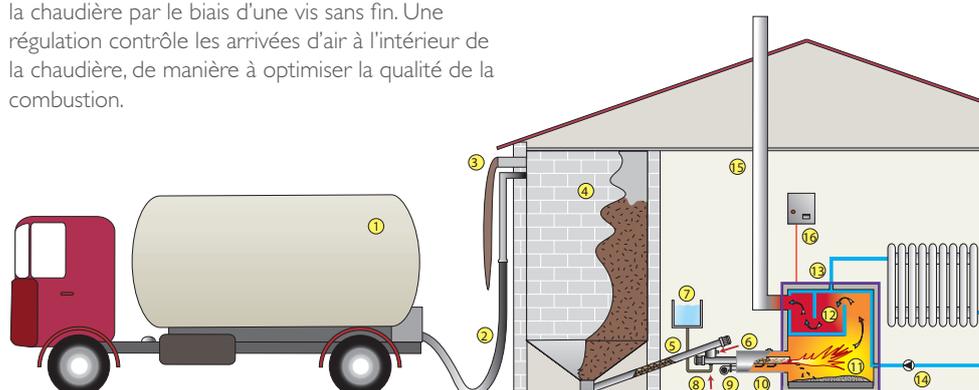
→ Les bûches sont des morceaux de bois coupés en 1 mètre de longueur pour constituer un stère.



Le label « Flamme Verte » identifie les appareils domestiques de chauffage au bois les plus performants.

**Pour aller plus loin :**  
Fiche « Les installations solaires photovoltaïques raccordées au réseau » du réseau des Espaces INFO → ÉNERGIE en Bourgogne

Dossier technique « Le chauffage au bois-bûche hydro-accumulation » du réseau des Espaces INFO → ÉNERGIE en Bourgogne



1. Camion-pompe
2. Raccord pompier
3. Manchon à poussières
4. Silo de stockage
5. Vis d'alimentation
6. Sonde de niveau
7. Réserve d'eau
8. Jet anti-incendie
9. Ventilateur
10. Brûleur à granulés
11. Cendres
12. Echangeur vertical
13. Départ eau chaude
14. Circulateur
15. Cheminée
16. Armoire de régulation

# Le saviez-vous ?

## Le diagnostic de performance énergétique est obligatoire

Depuis juillet 2007, lors de la vente ou de la location d'un logement neuf ou ancien, un certificat de performance énergétique doit être annexé à l'acte de vente ou au bail. Ce certificat, appelé diagnostic de performance énergétique ou DPE, indique la quantité d'énergie que consomme le logement et sa performance sur une échelle de A à G, ainsi que des recommandations visant à améliorer son niveau thermique. La performance thermique des bâtiments est habituellement exprimée en quantité d'énergie primaire par mètre carré par an ( $\text{kWh}_{\text{ep}}/\text{m}^2.\text{an}$ ). Elle représente, pour un bâtiment donné, les consommations annuelles de chauffage, d'eau chaude sanitaire, de climatisation.

## Les labels européens de la basse énergie

Différents labels européens encadrent les démarches de conception économes en énergie :

→ **LE LABEL FRANÇAIS BÂTIMENT BASSE CONSOMMATION (BBC) INITIÉ PAR EFFINERGIE®** est délivré par les organismes certificateurs que sont Promotelec, CERQUAL, CEQUAMI et Certivea.

Il fixe un objectif de consommation d'énergie primaire à ne pas dépasser pour couvrir les 5 usages réglementaires : chauffage, eau chaude sanitaire, auxiliaires de chauffage et de ventilation, éclairage et climatisation.

→ **LES LABELS SUISSES MINERGIE®, MINERGIE-P® ET MINERGIE-ECO®** sont délivrés sur le territoire français par l'ONG Prioriterre.

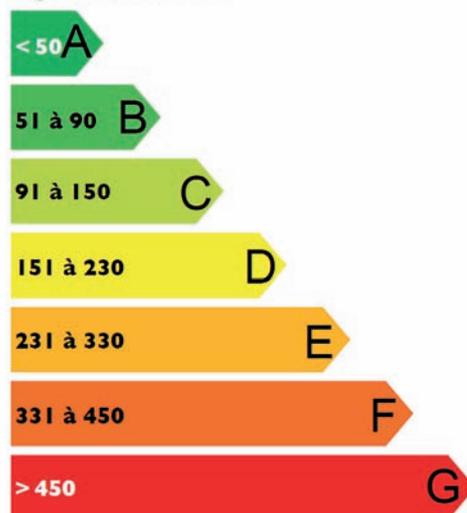
→ **LE LABEL ALLEMAND PASSIVHAUS®** est délivré sur le territoire français par l'association « La Maison Passive – France ».

## Les opérations exemplaires en Bourgogne

Le centre de ressources régional Bourgogne Bâtiment Durable capitalise les retours d'expériences les plus significatifs en Bourgogne, sous forme de dossiers et de fiches techniques.

La base des opérations exemplaires est consultable sur le site : [www.bourgogne-batiment-durable.fr](http://www.bourgogne-batiment-durable.fr)

Logement économe



Logement énergivore



Pour aller plus loin :

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

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

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

Téléchargez tous les guides pratiques de l'ADEME sur :

[www.ecocitoyens.ademe.fr](http://www.ecocitoyens.ademe.fr)



# Petit lexique thermique

→ **La conductivité thermique ( $\lambda$ )** caractérise la quantité de chaleur qui traverse un mètre de matériau. Elle s'exprime en W/m.K. Plus ce coefficient est petit, plus le matériau est isolant (entre 0,035 et 0,050 pour les matériaux les plus courants).

→ **La résistance thermique d'une paroi (R)** caractérise la résistance qu'oppose la paroi au passage de la chaleur. Elle s'exprime en m<sup>2</sup>/K.W. Pour une épaisseur donnée, plus le chiffre de résistance est grand, plus la paroi est isolante.

→ **La transmission thermique d'une paroi (U)** caractérise la quantité de chaleur qui traverse la paroi. C'est l'inverse de la résistance.  $U_w$  caractérise la transmission thermique de la fenêtre (vitrage + châssis).  $U_g$  caractérise la transmission thermique du vitrage seul.

→ **kWh<sub>ep</sub>/m<sup>2</sup>.an** : pour un bâtiment neuf, cet indicateur englobe les consommations réglementaires du bâtiment (chauffage, refroidissement, ventilation, auxiliaires, production d'eau chaude sanitaire et éclairage) et il est calculé sur la Surface Hors Œuvre Net du bâtiment (SHON). Pour l'existant, cet indicateur englobe les consommations de tous les usages et il est calculé sur la surface habitable.

→ **Energie Primaire (EP)** : la consommation exprimée en énergie primaire tient compte de la consommation finale dans le bâtiment, mais également des pertes énergétiques liées à l'extraction, la transformation, le transport de la ressource. Elle comprend donc l'ensemble des impacts de l'activité humaine sur notre planète. On considère qu'il faut en moyenne 2,58 kWh d'énergie primaire pour produire 1 kWh d'énergie électrique (énergie finale) consommée par l'abonné au réseau. Pour les énergies fossiles, l'énergie utilisable est considérée comme égale à l'énergie primaire (source : Ministère du Logement).

→ **Kilowatt crête (kWc)** : puissance d'un module photovoltaïque correspondant à la délivrance d'une puissance électrique de 1 Watt, sous des conditions d'ensoleillement optimales.

## Remerciements :

Nous remercions le Conseil régional d'Alsace et l'ADEME Alsace, porteurs du programme Energivie, et l'ADEME Bourgogne pour leurs autorisations d'utilisation des textes et visuels de la brochure « Bâtiment économe en énergie ».



Le réseau des Espaces  
INFO → ÉNERGIE propose  
**la seule mission de  
service public** qui vous  
assure des conseils objectifs,  
indépendants et gratuits sur l'énergie.

@ [www.infoenergie-bourgogne.org](http://www.infoenergie-bourgogne.org)

? Contactez votre  
Espace INFO → ÉNERGIE  
en Bourgogne

- **Côte-d'Or**  
**Association Bourgogne Énergies Renouvelables**  
03 80 59 12 80 – [infoenergie@ber.asso.fr](mailto:infoenergie@ber.asso.fr)
- **Nièvre**  
**ALE de la Nièvre**  
03 86 38 22 20 – [infoenergie@ale-nievre.org](mailto:infoenergie@ale-nievre.org)
- **Morvan**  
**Parc naturel régional du Morvan**  
03 86 78 79 12 – [infoenergie@parcdumorvan.org](mailto:infoenergie@parcdumorvan.org)
- **Saône-et-Loire**  
**CAUE de Saône-et-Loire**  
03 85 69 05 26 – [infoenergie@caue71.fr](mailto:infoenergie@caue71.fr)
- **Yonne**  
**ADIL de l'Yonne**  
03 86 72 16 16 – [infoenergie@adil89.org](mailto:infoenergie@adil89.org)

Le réseau bourguignon des  
Espaces INFO → ÉNERGIE est  
soutenu par le Programme Énergie  
Climat Bourgogne, des collectivités  
locales et syndicats d'énergie.

Programme Énergie Climat Bourgogne

