

# Construction neuve et rénovation : les enjeux du bâtiment à énergie positive

*L'augmentation inéluctable du prix des énergies ainsi que la perspective du changement climatique rendent impératif d'améliorer l'efficacité énergétique des bâtiments, secteur qui représente 42 % de la consommation d'énergie du pays et 23 % des ses émissions de GES. Généraliser les bâtiments à basse consommation d'énergie (BBC) et bâtiments à énergie positive (BEPos) constitue donc un enjeu fondamental, tant dans le neuf qu'en rénovation.*

**François BOURMAUD,**  
**Thomas RAQUIN,**  
**Damien LAMBERT, Amoès**

⇒ A l'heure de l'envolée du prix des énergies et des inquiétantes conclusions des experts du GIEC<sup>(1)</sup> quant au réchauffement de la planète, améliorer l'efficacité énergétique dans le secteur du bâtiment permettra de réaliser les plus importantes réductions d'émissions de Gaz à Effet de Serre (GES). Rappelons en effet qu'en France, le bâtiment consomme 42 % de l'énergie du pays, ce qui représente 23 % des émissions nationales de CO<sub>2</sub>. Il est donc urgent d'apprendre à construire et rénover les bâtiments qui permettront d'atteindre l'objectif national de division par 4 de nos émissions de Gaz à Effet de Serre. Les Bâtiments à Basse Consommation d'énergie (BBC) et Bâtiments à Energie Positive (BEPos) répondent à ces enjeux.

## La construction neuve

Plusieurs dénominations désignent différents niveaux de performance : maison « faiblement consommatrice », « maison passive » et « bâtiment à énergie positive » qui produit plus d'énergie qu'il n'en consomme. Toutes ces notions cohabitent aux côtés des labels HPE ou THPE

(très haute performance énergétique), BBC (bâtiment basse consommation) en France, mais aussi Minergie (créé en Suisse) et Passivhaus (créé en Allemagne). Ces multiples approches ont le même objectif : construire des bâtiments à très basse consommation d'énergie.

On connaît de mieux en mieux les bâtiments passifs allemands, dont les besoins en énergie sont très fortement réduits (< 15 kWh/m<sup>2</sup> de surface habitable/an), à tel point qu'on peut presque se passer de système de chauffage.

En revanche on connaît moins les bâtiments à énergie positive. On peut dire que c'est une révolution : les bâtiments vont désormais générer de l'électricité verte alors que jusqu'à aujourd'hui, ils engloutissaient d'énormes quantités d'énergie fossile et électrique (dans un bâtiment basse consommation, les premiers postes de consommation deviennent l'eau chaude sanitaire (ECS) et les consommations électro-domestiques). Dans les bâtiments passifs, l'enveloppe faiblement déperditrice et étanche à l'air fait que les apports solaires peuvent compenser jusqu'à 50 % des pertes thermiques. Les besoins de chauffage résiduels et

la puissance de chauffage sont alors très faibles.

Les BEPos sont des « bâtiments passifs dotés de systèmes de production d'énergie renouvelable » tels que des panneaux photovoltaïques ou la micro-cogénération<sup>(2)</sup> à bois, qui leur permettent de générer plus d'électricité qu'ils n'en consomment. Le surplus injecté sur le réseau RTE constitue d'une part un revenu qui permet d'amortir plus rapidement la construction d'un tel bâtiment, et d'autre part une électricité décentralisée bien moins carbonée que l'électricité du réseau. Les BEPos sont la mise en application directe du concept Négawatt<sup>(3)</sup> qui vise :

- à limiter les déperditions,
- à utiliser des équipements à haut rendement, avant de
- recourir aux énergies renouvelables pour satisfaire les besoins résiduels.

En France, 5 labels de performance énergétique ont été mis en place dans le secteur de la construction. Le plus performant est le label BBC qui impose un niveau maximal de consommation (conventionnelle au sens de la RT 2005) de 50 kWh/m<sup>2</sup> de surface hors d'œuvre

...

...

nette (SHON) par an pour le chauffage, l'eau chaude sanitaire, l'éclairage, les auxiliaires de ventilation et de chauffage. Notons que ce label, aujourd'hui très performant par rapport à la réglementation thermique RT 2005, deviendra la norme obligatoire en 2012 ! En 2020, ce seront les bâtiments à énergie positive. On comprend pourquoi il est judicieux pour tous les acteurs de construire dès aujourd'hui en BBC pour anticiper les prochaines réglementations thermiques et apprendre à savoir faire aujourd'hui les bâtiments qui seront livrés sur tout le territoire français dans 4 ans...

## Mesurer pour progresser

Enfin, s'appuyer sur des campagnes de mesures de consommations dans l'habitat existant permet d'appréhender les postes qui ne sont pas pris en compte dans le calcul réglementaire, notamment les usages de l'électro-domestique. Mesurer la performance des nouveaux bâtiments est tout aussi important, afin de pouvoir évaluer et comprendre les éventuelles dérives, et rectifier en conséquence sur les nouvelles opérations.

Par ailleurs, cette nouvelle approche basée sur un dimensionnement au plus juste des systèmes conduit les architectes et bureaux d'études à travailler main dans la main dès la phase esquisse. On a pu constater que l'architecture joue un rôle primordial dans la performance énergétique d'un bâtiment, notamment en termes de compacité, valeur de surface vitrée, orientation, localisation des gaines techniques.

On peut décliner les points essentiels qui guident la conception d'un bâtiment à basse consommation d'énergie de la façon suivante.

## Réduire les besoins

— L'orientation du bâtiment est importante pour valoriser au mieux les apports solaires en hiver et s'en protéger facilement en été. Une orientation plein sud est idéale. C'est un paramètre parfois imposé, d'où l'intérêt d'anticiper et choisir une parcelle où l'on pourra orienter le bâtiment de façon optimale.

— La forme du bâtiment est cruciale :

plus ce dernier sera compact, moins la surface déperditrice sera importante et plus les déperditions par l'enveloppe seront faibles. Cela implique d'éviter les décrochements de façade, les formes complexes... C'est tout le travail de l'architecte, en collaboration avec le bureau d'études (ou celui qui réalise une simulation thermique dynamique), qui saura d'autant plus facilement optimiser son dessin qu'il sera sensibilisé à la conception de bâtiments BBC ou BEPos. — La surface de vitrages du bâtiment conditionne le confort d'été qui devient un paramètre important dans des bâtiments très isolés et donc sujets à un effet « thermos ». Des surfaces vitrées trop importantes entraîneront des surchauffes incontrôlables en été et un bilan déperditif en hiver (déperditions supérieures aux apports solaires). A l'inverse une maison avec peu de surface vitrée entraînera un confort visuel dégradé dans le bâtiment et valorisera moins bien les apports solaires hivernaux. L'idéal semble être de ne pas excéder 17 à 18 % de la surface habitable et d'orienter autant que possible les fenêtres au Sud. Enfin, il faut penser à prévoir de bonnes occultations. La mise en œuvre de casquettes en surplomb des baies orientées plein sud offre la possibilité de diminuer les surchauffes estivales tout en laissant entrer les rayons du soleil en hiver.

— L'enveloppe doit être fortement isolée. Cela concerne les parois opaques (les murs) et les parois vitrées.

L'isolation des parois opaques peut être réalisée par l'intérieur, par l'extérieur ou de façon répartie (brique monomur, béton cellulaire...). Chaque technique a ses avantages. L'isolation par l'extérieur a l'atout de conserver l'inertie des murs (ce qui permettra de palier plus facilement aux pics de surchauffe estivale), d'améliorer la protection du bâti, de traiter les ponts thermiques (voir plus loin), et de permettre un gain de surface habitable. Rappelons que l'inertie est apportée par un matériau lourd, présentant une grande surface d'échange et une conductivité élevée.

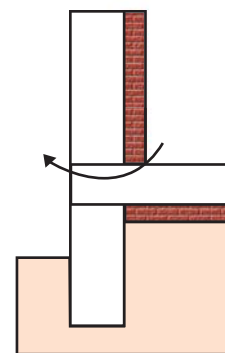
L'inconvénient majeur de cette technique peu utilisée reste principalement son coût, relativement plus élevé qu'une isolation par l'intérieur.

Les parois vitrées, autrement dit le vitrage et la menuiserie, doivent être performantes car elles resteront toujours les surfaces les plus déperditives de l'enveloppe du bâtiment. Le double vitrage à basse émissivité avec une lame remplie de gaz rare (argon ou krypton) est le minimum requis dans ce type de construction. On peut même aller plus loin en utilisant du triple vitrage, souvent nécessaire pour les orientations nord et incontournable lorsqu'on vise le niveau passif... Pour le choix de la menuiserie, rappelons que l'aluminium est très gourmand en énergie lors de sa fabrication ; les menuiseries bois et PVC offrent des performances similaires pour des coûts raisonnables. Cependant les menuiseries PVC sont à éviter car elles provoquent des dégagements de COV (composés organiques volatils) cancérigènes et le recyclage du PVC pose encore de sérieux problèmes environnementaux. Le bois, lui, doit être traité et entretenu pour ne pas se dégrader rapidement. Au final les menuiseries bois avec cadre en aluminium ou PVC représentent le meilleur bilan prix/performance/bilan énergétique.

— Les ponts thermiques doivent être évités et traités au maximum. Plus que des fuites de chaleur, ces ponts thermiques sont d'abord des points froids dans le bâtiment et donc des points de condensation à éviter. Plusieurs solutions sont possibles, la plus efficace étant l'isolation par l'extérieur ou l'isolation répartie comme décrit ci-dessus. Dans le cas d'une isolation par l'intérieur, la solution est de

...

Ponts thermiques entre un plancher bas sur terre-plein isolé en sous-face et un mur extérieur isolé par l'intérieur.



(Source CSTB-RT 2000 RèglesTHU)

Exemple de pont thermique.

...  
 placer des rupteurs de ponts thermiques au niveau des liaisons murs-planchers, murs extérieurs-refends ou encore des balcons et des acrotères qui agissent comme de vraies ailettes de refroidissement. S'ils ne sont pas traités, les ponts thermiques d'un bâtiment très isolé peuvent représenter plusieurs fois les pertes par les parois opaques.

— L'étanchéité à l'air du bâtiment peut constituer un poste important de déperdition : si elle n'est pas traitée, les pertes par infiltration peuvent représenter jusqu'à 70 % des déperditions totales d'un bâtiment basse consommation. Il est primordial de porter une attention particulière aux joints de fenêtres, aux percements des cloisons (prises de courant...) ainsi qu'aux entrées d'air dans les menuiseries des fenêtres. L'étanchéité à l'air est quelque chose de nouveau en France dans le domaine du bâtiment. Il est aujourd'hui possible de mesurer la perméabilité à l'air du bâtiment grâce à un test à la porte soufflante.

## Des systèmes performants

En suivant les préconisations ci-avant, le bâtiment est bien orienté, compact, isolé et étanche ; les déperditions sont donc très limitées.

L'installation d'équipements performants constitue une deuxième étape et va permettre de maîtriser les consommations inhérentes à la vie du bâtiment :

— Une bonne ventilation doit permettre de renouveler l'air avec un débit suffisant pour assurer la qualité de l'air intérieur

pour les occupants. Aussi, les pertes par renouvellement d'air peuvent être conséquentes. Récupérer l'énergie contenue dans l'air extrait est donc une source importante d'économies. Par rapport à une VMC (ventilation mécanique contrôlée) simple flux, la VMC double flux présente un réseau d'extraction et un réseau de soufflage, afin de souffler l'air préchauffé dans les pièces de vie et l'extraitaire dans les pièces humides.

Par ailleurs, coupler une ventilation double flux avec un puits canadien permet d'augmenter l'efficacité du système. En hiver, l'air est d'abord préchauffé par le sol (à une température entre 7 et 12 °C) avant de passer dans le récupérateur de chaleur. En été, la fraîcheur du sol est utilisée pour refroidir l'air neuf soufflé dans le bâtiment.

Une deuxième solution, la VMC hygro-régulable, module son débit d'extraction en fonction de l'humidité dans le logement. Cette technologie ne peut répondre au double objectif « débit suffisant de renouvellement d'air – récupération de chaleur » et n'est donc pas très adaptée à un BEPos.

— Le choix du mode de chauffage du bâtiment est multiple. Une chaudière bois à haut rendement présente un très bon bilan environnemental puisque le bois est une énergie renouvelable. Les chaudières gaz à condensation sont aussi une solution performante. L'usage de l'électricité pour le chauffage n'est envisageable qu'à travers la pompe à chaleur géothermique ou sur nappe phréatique. Rappelons en effet que pour présenter un COP suffi-

sant, l'écart de température entre la source de chaleur (le sol) et l'émetteur (plancher chauffant par exemple) doit être le plus faible possible.

— Le système de régulation doit être précis et réactif. En effet, une régulation fine de la température intérieure zone par zone est une source d'économies et elle permet de valoriser au mieux les apports solaires gratuits. On mettra en œuvre une régulation terminale qui permet de couper le chauffage dès que la température de 19 °C est atteinte, par exemple avec des vannes électrothermiques.

— Pour le poste eau chaude sanitaire (ECS), la première mesure utile est de disposer des appareils hydroéconomiques qui réduiront tout à la fois les puisages et les consommations liées à la préparation de l'ECS. Ensuite, une installation solaire thermique permettra de couvrir la majorité des besoins en ECS.

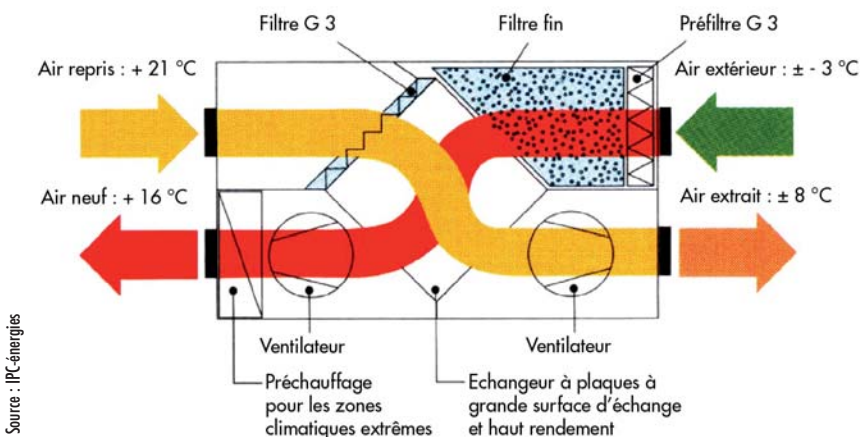
— L'éclairage est un poste qui peut être réduit d'un facteur 10 facilement. Bien organiser les espaces permet de profiter au maximum de l'éclairage naturel dans les pièces de vie. En termes d'équipement, les lampes à incandescence et halogènes doivent évidemment être bannies de tous les bâtiments au profit des ampoules à basse consommation (fluocompactes et leds).

— Les équipements électriques doivent être peu consommateurs car cela permet de réduire tout à la fois la chaleur dégagée, qui contribue aux surchauffes estivales, et les consommations électriques. On optera pour des appareils électroménagers de classe A, A+ ou A++, et des ordinateurs portables qui consomment 4 fois moins qu'un ordinateur de bureau fixe.

— Les auxiliaires de chauffage et de ventilation sont des postes importants de consommation électrique lorsqu'ils sont surdimensionnés (par sécurité ou manque de temps d'étude). Les pompes, circulateurs et autres ventilateurs doivent être dimensionnés au plus juste et adaptés à la demande instantanée (débit variable).

## Produire l'énergie

A ce second stade de l'étude, l'installation d'équipements performants a d'ores et déjà permis de maîtriser la dépense énergétique liée au fonctionnement du bâtiment. Le bâtiment est BBC.



Source : IFC-énergies

Fonctionnement d'une centrale de ventilation double flux.

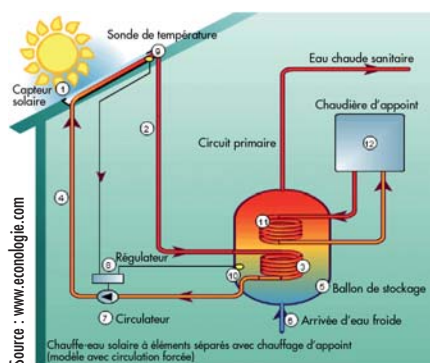


Schéma d'une installation solaire thermique.

...  
A partir d'un bâtiment faiblement consommateur, la mise en œuvre d'une capacité de production d'électricité renouvelable va suffire à en faire un bâtiment excédentaire en électricité : c'est le bâtiment à énergie positive. Cette capacité de production peut être constituée par des panneaux solaires photovoltaïques ou la micro-cogénération à bois<sup>(4)</sup>.

L'électricité photovoltaïque est produite à partir du rayonnement solaire. Ce type de production offre plusieurs avantages :  
— l'électricité produite est renouvelable et propre ;

— la production d'électricité est possible sur le tout territoire français, hors contrainte d'intégration architecturale ;  
— les systèmes photovoltaïques sont extrêmement fiables : les matériaux employés (verre, aluminium) résistent aux pires conditions climatiques (notamment à la grêle) et la durée de vie d'un capteur photovoltaïque est de plusieurs dizaines d'années.

Insistons sur le fait qu'un bâtiment faiblement déperditif et faiblement consommateur en électricité est une condition *sine qua non* pour en faire un bâtiment à énergie positive. Ce n'est qu'une fois les recommandations énergétiques précédemment évoquées mises en œuvre qu'un système de production d'énergie renouvelable pourra compenser et dépasser la consommation électrique du bâtiment. La conception du bâtiment met désormais en jeu de multiples paramètres. C'est ainsi que les bureaux d'études énergétiques ont un rôle très important à jouer dès la phase esquisse des projets et que leurs préconisations doivent permettre aux architectes, souvent chefs de projet, de saisir l'impact de l'architecture (y compris l'architecture intérieure) sur la consommation énergétique des bâtiments.

Ce type de conception se rapproche de l'architecture bioclimatique dont la philosophie est de construire avec le climat au lieu de s'en protéger par des systèmes énergivores.

## La rénovation des bâtiments existants

Les bâtiments à énergie positive sont une réponse concrète au facteur 4 dans la construction neuve, mais n'oublions pas que le premier enjeu reste la rénovation du parc existant, d'abord parce que ce dernier est fortement consommateur, d'autre part parce que c'est un moyen de réduire la consommation d'énergie grise liée à la construction neuve.

Les bâtiments construits avant 1975 consomment en moyenne 400 kWh/m<sup>2</sup>/an (8 fois plus que les bâtiments BBC). Ces surconsommations sont dues au fait que ces bâtiments ne sont pas isolés, les vitrages sont de mauvaise qualité, les systèmes énergétiques ne sont pas performants...

La première priorité est d'isoler le bâtiment. C'est un investissement lourd mais globalement c'est le plus rentable économiquement et énergétiquement. L'isolation par l'extérieur a, dans cette optique, encore plus d'avantages qu'en construction neuve :

- travaux possibles en site occupé ;
- ravalement de la façade ;
- traitement de nombreux ponts thermiques ;
- réduction immédiate des consommations de chauffage.

La deuxième mesure est le changement des vitrages, deuxième poste déperditif. Là encore l'investissement est conséquent car les vitrages performants sont chers mais l'amélioration du confort thermique et acoustique justifient en partie l'investissement. Ces deux premières mesures sont aussi l'occasion de traiter l'étanchéité à l'air du bâti.

Ensuite, si le système de chauffage arrive en fin de vie, c'est l'occasion d'en changer et de le remplacer par un système dont la puissance sera fortement réduite.

La mise en place d'un système de ventilation n'est pas toujours évidente mais à terme, elle peut être pertinente, surtout si l'étanchéité à l'air du bâtiment a été améliorée. On peut parfois coupler les

deux opérations (ventilation + chauffage) en installant une VMC double flux couplée à une pompe à chaleur sur l'air extrait. Le chauffage est alors assuré par le système de ventilation. Par contre, ce type d'installation sous-entend l'utilisation de gaines techniques adaptées et la présence de faux plafond.

Ainsi, dans tout projet de rénovation, l'important est en premier lieu de diminuer les déperditions du bâtiment. Il n'est pas cohérent d'installer un système de chauffage performant ou un système de production d'énergie renouvelable dans une « passoire thermique ». L'attention devra donc d'abord être portée sur l'isolation et les vitrages.

Plus de 20 millions de logements à rénover d'ici à 2050 : le secteur résidentiel représente les deux tiers des consommations d'énergie et des émissions de gaz à effet de serre du bâtiment. Le marché de la rénovation représente 10 milliards d'euros de travaux supplémentaires par an jusqu'en 2050 ! Le secteur du tertiaire compte près de 850 millions de m<sup>2</sup> de surfaces chauffées ou climatisées. Ce marché, apparemment plus complexe à aborder, est une opportunité à considérer avec intérêt.

Le Grenelle de l'environnement a posé des objectifs mais nous pouvons aller plus loin. Les enjeux environnementaux sont planétaires et les échéances imminentes. Les bâtiments à énergie positive sont une réponse cohérente pour les bâtiments neufs mais la rénovation reste un enjeu de taille auquel nous devons nous atteler dès maintenant. ■

### Notes :

1. GIEC : Groupement d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat
2. Production simultanée de chaleur et d'électricité renouvelables : [www.microcogeneration.info](http://www.microcogeneration.info)
3. Voir : [www.negawatt.org](http://www.negawatt.org)
4. Voir : [www.microcogeneration.info](http://www.microcogeneration.info)

### Pour en savoir plus :

[www.energiepositive.info](http://www.energiepositive.info)