

### Définition & Contexte

Une maison passive est un bâtiment à l'intérieur duquel on peut maintenir un climat confortable tout au long de l'année sans système actif de chauffage ou de ventilation. La maison se chauffe et se rafraîchit elle-même, d'où le concept de « *passif* ». Il s'agit principalement d'optimiser l'efficacité de l'isolation pour minimiser les consommations énergétiques. Les surcoûts de construction ainsi engendrés sont calculés pour être amortis en moins de 30 ans par des frais de fonctionnement largement réduits.

Le concept de l'habitat passif s'inscrit dans une démarche de *Développement Durable* et a été développé en Allemagne par le *Passivhaus Institut* fondé en 1996 par le Dr. Wolfgang Feist. Cet institut de recherche indépendant emploie des physiciens, des mathématiciens et des ingénieurs (génie civil, mécanique et environnement) et intervient, entre autre :

- comme consultant pour les architectes
- en tant que support technique pour le développement et l'optimisation des composants durables des constructions passives.
- pour des mesures de performances énergétiques et de confort sur les bâtiments accompagnées d'une analyse scientifique des résultats obtenus.
- pour assurer des présentations, séminaires ou réunions sur le thème de la construction passive.
- comme développeur de concepts et de simulations sur l'utilisation de l'énergie solaire.

L'institut a notamment participé à une étude européenne CEPHEUS (*Cost Efficient Passive Houses as European Standards*), réalisée sur 221 logements répartis dans 14 bâtiments passifs situés dans 5 pays européens.

### Le standard *Passive House*

L'appellation *Passive House*, ou *Maison Passive*, est un standard de construction qui permet d'utiliser une grande variété de technologies, de design comme de matériaux.

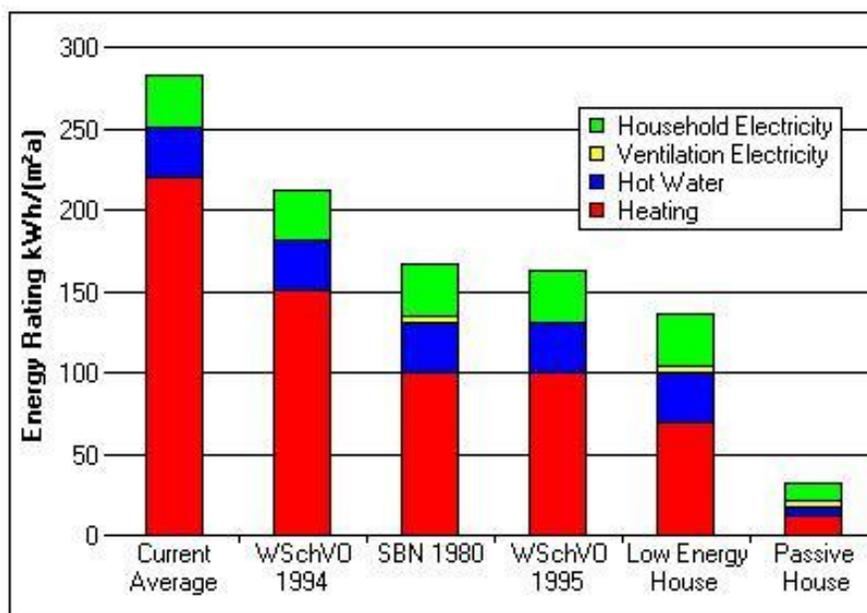
De telles constructions, sans système de chauffage traditionnel, ne sont réalisables que si la charge de chauffage de l'habitation est inférieure à 10 W/m<sup>2</sup> soit une consommation annuelle inférieure à 15 kWh/m<sup>2</sup>a.

Ceci correspond à une diminution de l'ordre de **80%** par rapport aux bâtiments neufs traditionnels.

Le standard est nommé *Passive* car, pour maintenir l'espace intérieur à la température souhaitée, il utilise la chaleur provenant des radiations solaires à travers les vitrages ainsi que celle émise par les occupants et les équipements domestiques.

Si l'on considère l'énergie primaire totale consommée pour le chauffage, l'eau chaude et les équipements électriques, elle ne doit pas excéder 120 kWh/m<sup>2</sup>a.

Il est bien entendu que tous les besoins supplémentaires peuvent être couverts par des sources d'énergies renouvelables.



*Comparison of Energy Rating of Homes*  
*WschVo = German Heat Protection Regulation*  
*SBN = Swedisch Construction Standard*

Une maison passive n'est envisageable que si elle est **rentable**. Les coûts de construction (y compris la phase d'étude et l'installation des équipements) additionnés aux coûts d'utilisation sur 30 ans ne doivent donc pas excéder ceux d'une habitation classique.

### **Les 5 principes de la Maison Passive**

Le concept d'habitat passif se décline autour de 5 axes, on considère les 3 premiers comme cruciaux et les 2 suivants comme permettant de minimiser au mieux les impacts environnementaux du bâtiment.

#### **1. Une isolation efficace**

L'idée de base de l'habitat passif est de réduire les pertes de chaleurs au maximum, de telle sorte qu'un système de chauffage séparé devienne superflu. Une excellente isolation des murs est indispensable pour minimiser ces pertes et donc les consommations d'énergie. Il est aujourd'hui possible d'atteindre une isolation minimale, exprimée en coefficient de transmission thermique  $U$ , de 0,1 à 0,15 W/(m<sup>2</sup>K). Il est important pour y parvenir de supprimer les pertes excessives par « ponts thermiques » présents notamment au niveau des angles de murs, des points de jonction et de pénétration. Ces ponts, en plus des pertes calorifiques, peuvent être à l'origine de

- dégâts liés à la condensation
- la présence de fines couches d'air frais au dessus du sol
- d'une consommation d'énergie excessive

Il est relativement facile et peu cher de localiser ces points critiques à l'aide d'outils d'analyse géométrique.

Une maison passive a un coefficient  $n_{50}$  (flux d'air à travers la paroi lorsqu'il existe une différence de pression de 50 Pa entre l'intérieur et l'extérieur) inférieur à  $0,6h^{-1}$ .

## **2. Un système de renouvellement d'air combiné à un système de chauffage**

Pour assurer un bon confort de l'habitant il est nécessaire d'avoir un approvisionnement continu en air frais. Ce flux doit être régulé pour fournir précisément la quantité d'air nécessaire ou souhaitée. Les taux de renouvellement de l'air se situent habituellement entre  $0,25$  et  $0,40 h^{-1}$ .

Dans les pays d'Europe, la bonne isolation des structures n'est généralement pas suffisante pour maintenir une température confortable toute l'année sans dépasser la consommation limite de  $15 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ . Cet objectif ne peut être atteint qu'en utilisant un système d'échangeur de chaleur haute performance entre le flux sortant et le flux entrant, c'est-à-dire avec un rendement d'au moins 75%. Des mesures ont montré qu'il était possible de répondre à de telles exigences voir même de les dépasser. Cependant il ne faut pas que la minimisation de ces pertes de chaleur dans le système de ventilation soit au prix d'une forte augmentation de la consommation d'énergie. Les moteurs à courant continu utilisés pour la circulation de l'air consomment en général moins de  $0,4 \text{ W/(m}^2\text{h)}$  et permettent d'atteindre un facteur de performance annuel (rapport entre la chaleur récupérée et l'électricité consommée) compris entre 10 et 15.

## **3. Le solaire passif**

Afin de maximiser les apports caloriques dus à l'énergie solaire traversant les fenêtres, il est important de les dimensionner pour que la lumière du jour puisse fournir jusqu'à  $1/3$  des besoins en chaleur. Les vitrages doivent donc assumer un rôle « thermique » en plus de leur fonction d'éclairage et de ventilation (en été). Il est judicieux de les orienter au sud, quand cela est possible, et de s'assurer d'un faible degré d'ombrage dû à la présence de végétation ou d'autres édifices. D'autre part, pour assurer un bon confort de l'occupant devant ses fenêtres même sans radiateurs, il est nécessaire d'atteindre un facteur  $U_{\text{fenêtre}}$  ne dépassant pas  $0,8 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ . En utilisant un triple vitrage à faible émissivité (isolation au gaz rare), on arrive à atteindre des valeurs de  $0,5 \text{ W/(m}^2\text{K)}$  pour  $U_{\text{fenêtre}}$  et une transmittance totale de l'énergie solaire ( $g_{\text{-value}}$ ) de 50 à 60%.

En plus des caractéristiques propres au vitrage, il est important d'assurer une bonne isolation entre la fenêtre et le mur pour éviter les ponts thermiques (entretoises en plastique ou acier inoxydable) et/ ou d'augmenter la profondeur d'insertion du châssis dans le mur.

## **4. Une utilisation rationnelle de l'électricité**

L'essentiel de la production d'eau chaude et de chaleur étant assuré par l'énergie solaire et minimisé par le concept architectural, les besoins en énergie sont essentiellement dus aux consommations des équipements électriques. Si des équipements classiques sont utilisés, la part de ces appareils dans la facture énergétique totale atteindra plus des  $2/3$ . Tout l'enjeu réside dès lors dans le choix d'appareils ménagers le plus économiques possibles. On privilégiera des connections au circuit d'eau chaude pour les lave vaisselle et lave linge et l'utilisation de lampes compactes fluorescentes qui permettent de diminuer significativement les consommations électriques.

## 5. Des besoins énergétiques assurés par le « renouvelable »

Les systèmes solaires thermiques, s'ils sont efficaces, permettent de répondre à 60% des demandes en basse température. Les progrès accomplis dans les processus de fabrication ont rendu le concept économiquement viable grâce aux économies d'énergie engendrées. Des réalisations comme celle du projet *01-Hanover* ont montré qu'il est possible de répondre à la totalité de ses besoins avec les énergies renouvelables. C'est la preuve que le concept de neutralité par rapport au climat conjugué à une utilisation exclusive d'énergie primaire est à la fois techniquement réalisable et économiquement compétitif (projet *01-Hanover* réalisé au prix du marché classique).

<b>Forme compacte et bonne isolation</b>	Les maisons basse énergie standard sont isolées par un revêtement fixé à l'extérieur du mur d'une épaisseur de 12 à 20 cm. Pour les maisons passives, cette isolation doit être augmentée : 25 à 40 cm d'isolant sont nécessaire pour atteindre $U_{\text{enveloppe}} < 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ .
<b>Orientation sud et prise en considération de l'ombre</b>	L'utilisation de l'énergie solaire étant un facteur décisif dans la conception d'un habitat passif, une bonne exposition est nécessaire pour assurer une plus grande autonomie en énergie.
<b>Efficacité énergétique des fenêtres</b>	Le choix d'un vitrage performant en triple vitrage permet d'assurer un coefficient $U_{\text{fenêtre}} < 0,80 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ .
<b>Étanchéité de l'enveloppe externe du bâtiment</b>	Les « fuites » d'air à travers les parois externes non scellées doivent être inférieures à 0,6 fois le volume de la maison par heure.
<b>Préchauffage passif de l'air frais</b>	L'air frais capté pour la ventilation peut être acheminé à travers des conduites enterrées suivant le principe du « puit canadien » pour permettre un préchauffage d'au moins 5° même par grand froid et un refroidissement de 5° en été.
<b>Echangeur de chaleur à haut rendement</b>	Un échangeur de chaleur à haut rendement (au moins 75%) est indispensable pour permettre un transfert efficace de la chaleur de l'air sortant vers l'air entrant.
<b>Chauffage de l'eau utilisant les énergies renouvelables</b>	Des chauffe-eau solaires ou des systèmes de pompe à chaleur doivent permettre de fournir l'énergie nécessaire à la production d'eau chaude basse température.
<b>Equipements intérieurs basse consommation</b>	Les réfrigérateurs, lampes ou machines à laver doivent être choisis en fonction de leurs caractéristiques énergétiques afin d'assurer une consommation la plus faible possible

### *Caractéristiques d'une maison passive*

## Quelques questions...

### **Une construction passive ne coûte-t-elle pas trop cher ?**

Le coût de construction est généralement plus élevé à cause notamment des matériaux et techniques d'isolation et du système de ventilation. Cependant, des taux d'intérêt préférentiels accompagnés d'avantages fiscaux s'ils s'ajoutent aux économies d'énergie réalisées en fonctionnement, permettent de se ramener à un coût global inférieur ou égal à une construction traditionnelle. Il existe déjà des entreprises proposant des habitat passifs au prix du traditionnel.

### **Peut-on ouvrir les fenêtres dans une maison passive ?**

On peut évidemment ouvrir les fenêtres quand on le souhaite. Ceci n'est cependant pas recommandé pour deux raisons. Le circuit de ventilation permet une alimentation continue en air frais et le système de filtre supprime l'ensemble des poussières et pollens. La qualité de l'air reste donc excellente même en l'absence des habitants lorsque les fenêtres sont fermées. L'ouverture des fenêtres en été peut toutefois assurer un meilleur apport en air frais.

### **Le système de ventilation ne pose-t-il pas de problème de bactéries ou de bruit ?**

Le système d'approvisionnement en air frais est complètement différent d'un système d'air conditionné. Les problèmes de bactéries ne pouvant se poser qu'en circuit fermé, il n'y a aucun risque dans le cas du renouvellement permanent d'air qui s'opère dans notre cas. De plus, une isolation sonore adaptée permet de s'affranchir facilement des gênes causées par le bruit des valves du système de ventilation.

### **Une maison passive n'est-elle pas trop high-tech et compliquée ?**

Une maison passive est très facile à entretenir. Les technologies sont suffisamment simples pour ne pas nécessiter l'intervention d'un technicien. Il suffit de changer les filtres à air du système de ventilation une fois par an.

## Le projet CEPHEUS

Le projet CEPHEUS (*Cost Efficient Passive Houses as European Standards*) mené par le *Passive House Institut* a permis d'étudier 221 logements construits dans 14 bâtiments et ceci dans 5 pays d'Europe. La condition du projet est d'avoir une consommation globale d'énergie de chauffage, d'eau chaude sanitaire et des appareils électroménagers en dessous de 42 kWh/(m<sup>2</sup>a).

L'évaluation scientifique de l'opération a permis de mesurer la faisabilité technique et financière d'un tel projet et d'en estimer les performances énergétiques.

L'objectif premier étant de pouvoir compenser les surcoûts d'investissement par les économies engendrées en phase d'utilisation.

La mesure des résultats résumée ci-dessous s'est faite sur 100 logements répartis dans 11 projets en Allemagne, en Autriche et en Suisse.

- Test d'étanchéité : le taux de fuite des murs extérieurs est compris entre 0,30 et 0,60 h<sup>-1</sup> sur 9 projets. De meilleurs résultats ont été obtenus sur les autres en remédiant a posteriori aux fuites d'air.
- Index de performance énergétique : ils sont environ 2 fois plus élevés que la normale.
- Consommation d'énergie pour le chauffage : (c'est le critère le plus important pour obtenir le label *Passive House*) elle dépend essentiellement de la qualité de l'enveloppe du bâtiment. C'est un facteur décisif pour la consommation d'énergie de l'édifice durant toute sa durée de vie, contrairement aux équipements électriques qui ont une espérance de vie n'excédant pas 30 ans. Le niveau de consommation normalisé comparé à la consommation d'un habitat traditionnel similaire (même région, orientation, taille,...) montre une économie de plus de 80% pour le chauffage de l'espace intérieur.
- Consommation d'énergie pour le chauffage de l'eau : la moyenne est de 25l d'eau à 60°C par personne et par jour. Il n'y a pas de différence notable avec l'habitat classique.
- Consommation d'électricité : la proportion de l'électricité dans la facture énergétique est plus forte que pour un bâtiment traditionnel en raison des faibles besoins du chauffage. L'étude ne montre cependant pas de tendance générale, il y a beaucoup de différences entre les projets étudiés.
- Confort de l'utilisateur : la température intérieure moyenne en hiver est comprise entre 20 et 25°C suivant les bâtiments étudiés. Quand les standards d'isolation sont améliorés, on observe une hausse de la température moyenne. La situation en été pose une question : est-ce que le bon niveau d'isolation ne va pas faire grimper les températures intérieures ? Les mesures montrent une température moyenne inférieure à 25°C si le système de ventilation est approprié. Les mesures dépendent aussi du taux d'occupation et du facteur ombre.
- Satisfaction des utilisateurs : elle atteint en général un très bon niveau. Une large majorité des occupants estime que leur satisfaction par rapport à la température en hiver est bonne ou très bonne.
- Preuve de rentabilité : sur les projets étudiés, les surcoûts d'investissement s'élèvent de 0 à 17%. Sur 12 de ces projets, le surcoût est estimé à 91€/m<sup>2</sup> soit 8% du coût total. Les économies d'énergie moyennes sur 12 projets sont de 6,2 cent/kWh.

Le CEPHEUS a permis de tester et prouver la viabilité du concept de construction passive. 221 logements sont aujourd'hui occupés en Allemagne, Suisse, Autriche, Suède et France. Les objectifs en terme d'économie d'énergie ont été atteints et la satisfaction des usagers est très bonne. Le bilan de cette étude est largement positif.

### **En allant plus loin...**

Le développement des maisons passives a montré scientifiquement qu'il est possible de construire des habitats ne consommant pas plus de 15 kWh/(m<sup>2</sup>a) pour le chauffage sans surcoût par rapport à un logement traditionnel.

En plus des critères économiques et énergétiques, les critères écologiques sont désormais de plus en plus pris en compte.

La maison passive écologique devient peu à peu un véritable concept de construction durable.

En allant plus loin, on peut déjà penser à la maison *Zéro Energie*.

Les solutions techniques existent mais restent encore souvent trop chères. Il est à parier que d'ici quelques années ce concept sera arrivé à maturité et qu'il pourra se développer largement.