





# La planification

# Objectif 15 kWh/m<sup>2</sup> en consommation annuelle de chauffage.

**Pour atteindre un indice énergétique de 15 kWh par mètre carré et par an, il faut faire appel aux sciences économiques, physiques et de l'aménagement**

De l'extérieur, une Maison Multi-Confort Isover peut paraître habituelle dans sa conception. Mais en ce qui concerne la conception intérieure, le plus grand soin doit être apporté. Elle demande plus d'efforts, et coûte donc davantage au départ. Mais la réalisation s'en trouve simplifiée et – ce qui est déterminant – le bilan énergétique amélioré : réduction des déperditions de chaleur d'un côté, utilisation des sources solaires et internes de l'autre. Les occupants bénéficient à la fois des faibles coûts de chauffage, d'un confort élevé et d'une valorisation à long terme du bâtiment.



© Photo du projet Processie, bureau d'architectes dencl-studio s.p.r.l.- Delphine Deceuninck et Bart Cobbaert



© Photo du projet Blombaert, bureau d'architectes dencl-studio s.p.r.l.- Delphine Deceuninck et Bart Cobbaert



© Photo du projet Wijt, bureau d'architectes dencl-studio s.p.r.l.- Delphine Deceuninck et Bart Cobbaert

## Une Maison Multi-Confort Isover se contente de :

Au max. 15 kWh/(m<sup>2</sup>/an)      Besoin spécifique de chauffage d'après le PHPP

40-60 kWh/(m<sup>2</sup>/an)      Indice énergétique spécifique global\*

100-120 kWh/(m<sup>2</sup>/an)      Indice énergétique primaire spécifique global\*

La surface de référence (en m<sup>2</sup>) est la surface habitable chauffée.

\* global = pour tous les services consommateurs d'énergie (chauffage, eau chaude, ventilation, pompes, lumière, cuisson et appareils domestiques)

## Une équipe. Un plan. Une maison.

Tout repose sur le soin apporté à la planification et sur la qualité de la réalisation. Une maison passive étant assortie d'un tout petit budget "consommation d'énergie", les valeurs limites annoncées doivent être respectées pendant des décennies.

**La qualité de réalisation a finalement plus d'effet sur la rentabilité énergétique** d'un élément de construction que son coefficient U théorique.

De plus, les détériorations qui apparaissent couramment dans les maisons traditionnelles à cause de la condensation et de l'humidité

sont totalement exclues dans une Maison Multi-Confort Isover.

## La qualité dès le départ

Bien que les entreprises spécialisées garantissent généralement les valeurs prescrites, il est absolument nécessaire de prévoir des mesures de certification qualité dans l'appel d'offres. Citons avant tout :

- le calcul du besoin d'énergie qui sera effectué par le donneur d'ordre de manière indépendante.
- l'évaluation de l'étanchéité à l'air par essai de pressurisation (Blower Door Test).



### En bref : comment réussir une maison passive.

#### CRITÈRES ESSENTIELS

- Isolation thermique élevée, forme compacte, absence de ponts thermiques dans le corps du bâtiment : tous les éléments de construction de l'enveloppe sont calorifugés au moyen d'un matériau dont le coefficient U est inférieur à 0,15 W/m<sup>2</sup>K, une valeur qui peut être atteinte avec des épaisseurs allant de 25 à 40 cm.
- Les fenêtres possèdent un triple vitrage et des châssis isolés. L'objectif est un coefficient U inférieur ou égal à 0,80 W/m<sup>2</sup>K, y compris le châssis, et un coefficient G (de transmission globale de l'énergie) du vitrage de 0,5.
- Le bâtiment est étanche à l'air : le résultat du test doit être un renouvellement d'air inférieur ou égal à 0,6 par heure.
- Récupération de chaleur de l'air extrait : une part importante de la chaleur de l'air extrait est transférée à l'air frais au moyen d'un échangeur de chaleur à contre-courant. Le taux de récupération est supérieur à 80 %.

#### CRITÈRES SECONDAIRES

- Prétraitement de l'air frais : il est préchauffé en hiver et rafraîchi en été au moyen d'un échangeur géothermique.
- Orientation sud et absence d'ombre en hiver : l'utilisation passive de l'énergie solaire permet de réduire le chauffage.
- Traitement de l'eau chaude : l'énergie peut provenir de capteurs solaires (énergie consommée par la pompe de circulation : 40 à 90 W par litre) ou de pompes à chaleur air-eau (coefficient de performance moyen égal à 4). La pompe à chaleur peut également servir en été pour le rafraîchissement, avec un bon rendement énergétique. Il convient de connecter les lave-vaisselle et lave-linge au réseau d'eau chaude afin de réduire leur consommation d'électricité.
- Appareils domestiques économes en énergie : réfrigérateur, plaques de cuisson, congélateur, lampes, lave-linge, etc.

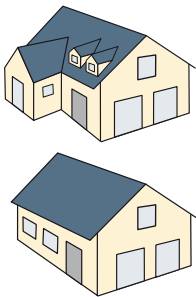
# Un concept sans faille.



Exemple d'orientation nord-sud favorable

## Les constructions compactes sont les plus favorables

Pour réduire au maximum les coûts de construction d'une Maison Multi-Confort Isover, il faut privilégier les formes simples et compactes. En effet, toute complication du bâtiment augmente la surface exposée et donc le besoin énergétique. Du point de vue géométrique, il faut donc minimiser le rapport enveloppe sur volume pour réduire les déperditions de chaleur et les coûts de construction.



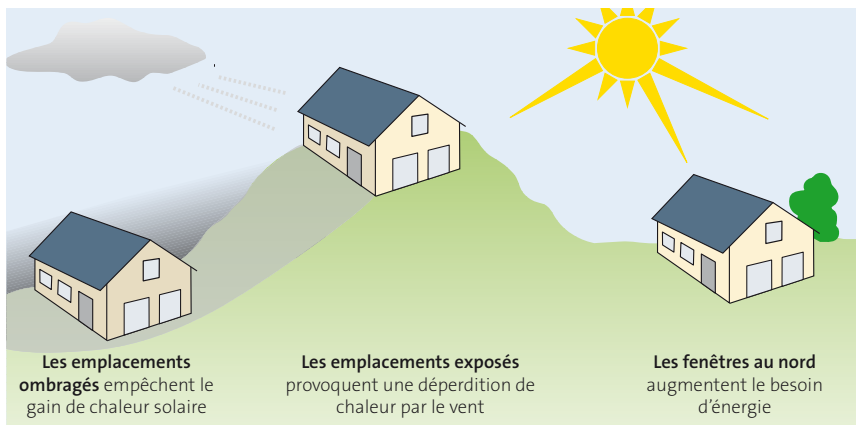
## Compter sur le soleil

De même qu'il existe des formes favorables, certains emplacements ont un impact positif sur le rendement énergétique de la construction. Lorsqu'un tel choix est possible, il faut privilégier l'orientation de la Maison Multi-Confort Isover vers le sud, et éviter l'ombre des montagnes, de la végétation et d'autres bâtiments, afin de bénéficier d'un ensoleillement maximum pendant les mois les plus froids. C'est pourquoi les fenêtres doivent être orientées au sud.

## Traquer les ponts thermiques dans tous les recoins

**Les ponts thermiques ne causent pas seulement une perte importante d'énergie, mais ils constituent aussi la base de condensation... ou pire encore... de l'apparition de moisissures...**

C'est pourquoi, pour obtenir un bon rendement énergétique, il est primordial de construire une enveloppe exempte de ponts thermiques. Du point de vue pratique, l'enveloppe idéale doit pouvoir être tracée d'un seul trait sur tous les dessins, qu'ils soient en plan ou en coupe. Dès qu'il faut lever le crayon, c'est un point critique pouvant constituer un pont thermique. L'objectif est de définir des solutions détaillées et ciblées,



de préférence en collaboration avec les différents corps de métier.

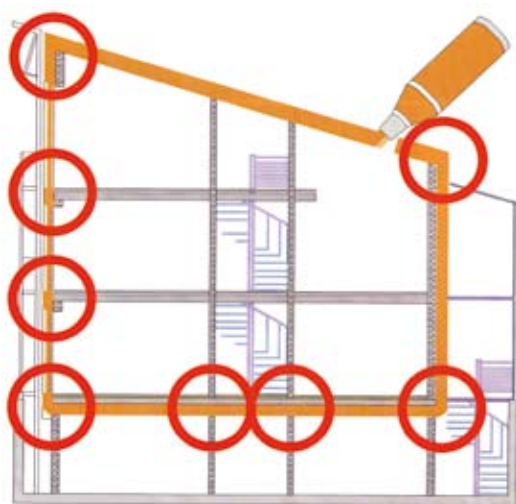


Fig. Passivhaus Institut Dr. Wolfgang Feist

## Contrôle et identification des fuites

Autant il est important de planifier jusque dans les moindres détails, autant il est indispensable d'effectuer un essai de pressurisation (blower door test) pendant la phase de construction. Il permet de vérifier l'étanchéité à l'air et d'identifier certains détails cachés responsables de déperditions d'énergie : joints imparfaits, fentes et autres sources de fuite. Cette opération de contrôle qualité est source de sécurité à long terme pour le bâtiment et pour toutes les parties prenantes. Le moment idéal pour réaliser cet essai est après la création de l'enveloppe et de l'étanchéité, mais avant la pose de l'habillage intérieur. C'est alors qu'il est le plus facile de détecter les défauts d'étanchéité et de les corriger.

## Voici les critères à remplir par une maison passive

**POUR OBTENIR UNE DÉCLARATION/CERTIFICATION DE MAISON PASSIVE (PAR L'INTERMÉDIAIRE DE LA PLATE-FORME MAISON PASSIVE), QUI EST NÉCESSAIRE POUR POUVOIR BÉNÉFICIER DES PRIMES MENTIONNÉES PLUS HAUT, IL FAUT SATISFAIRE À UN CERTAIN NOMBRE DE CONDITIONS.**

1. Le besoin de chauffage (calculé selon le PHPP) ne peut pas dépasser 15 kWh/m<sup>2</sup>/an.
2. L'étanchéité à l'air doit être selon la valeur  $n_{50}$  testée  $\leq 0,6 \text{ h}^{-1}$ .
3. Le degré de surchauffe (calculé selon le PHPP) peut être au maximum 10% supérieur à 25 °C.
4. En outre, on vise
  - un coefficient U des différentes parties murales non transparentes:  $U \leq 0,15 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$  (murs, sols, toits,...)
  - un coefficient U des fenêtres et des portes  $\leq 0,80 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$
  - un coefficient U des vitrages  $\leq 0,80 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$
  - le rendement de l'échangeur de chaleur de la ventilation  $\geq 75 \%$
  - l'efficacité des ventilateurs (SPF)  $\leq 0,45 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{h})$
  - une construction exempte de ponts thermiques  $\Psi \leq 0,01 \text{ W/m}\cdot\text{K}$  ou une température de surface prouvée exempte de condensation à une température ambiante de 20 °C et par une humidité relative de 60 % et une température extérieure de -10 °C.

### AUTRES POINTS PRIORITAIRES IMPORTANTS

- Une enveloppe isolante continue ; éviter les ponts thermiques et les interruptions de l'enveloppe isolante par les escaliers de la cave et du grenier.
- Une bonne orientation des fenêtres.
- Un pare-soleil pour les fenêtres orientées au sud, à l'est et à l'ouest.
- Une construction compacte: V/S (rapport volume/surface) entre 1 et 4.

La simple utilisation d'éléments de maison passive ne suffit toutefois pas pour faire d'un bâtiment une maison passive: le tout est plus que la somme des parties.

Le calcul du besoin d'énergie net pour le chauffage doit s'effectuer à l'aide de PHPP Benelux (voir aussi page 26 et 27). Pour la "déclaration de qualité", la Plate-forme Maison Passive vérifie alors le calcul PHPP fourni par le demandeur à l'aide des informations remises. La Plate-forme Maison Passive ne contrôle toutefois pas l'exécution correcte sur le chantier comme telle.

Pour les bâtiments non résidentiels, des études supplémentaires sont requises et il faut encore élaborer des procédures spécifiques ...

# Vivre tranquille et sans déranger.



## La situation est déterminante

Le niveau de bruit dans un bâtiment dépend principalement du bon dimensionnement de la protection acoustique par rapport au bruit extérieur. A proximité des aéroports, des grands axes routiers, des écoles et des piscines, un bruit extérieur élevé est prévisible. Il est alors nécessaire de prendre des mesures de protection acoustique plus importantes, pour que les habitants puissent jouir de leur tranquillité. Dans ces conditions extrêmes, on a vite conscience des avantages de la maison passive:

- **Avec ISOVER, le degré d'isolation élevé fournit également, un confort acoustique supérieur. En plus, l'isolation sonore aérienne vers l'extérieur est nettement plus importante;**

- La densité d'air maximale garantit une diminution des fuites acoustiques par rapport à l'environnement extérieur;
- le triple vitrage, en combinaison avec la menuiserie extérieure pourvue de joints supplémentaires, améliore encore plus les performances acoustiques;
- ...

## Réflexion préliminaire

Lorsque son environnement est particulièrement bruyant, la maison passive peut être placée au plus loin de la source de bruit, et les fenêtres du séjour et des chambres peuvent être orientées à l'opposé. Selon la taille de la maison et des bâti-

ments environnants, cela permet de gagner entre 5 et 10 dB. Cette stratégie est toutefois limitée par la nécessité d'optimiser l'ensoleillement pour récupérer la chaleur.

### Protection acoustique à l'intérieur et à l'extérieur

Comme les sons sont émis aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur, par exemple par les conversations, la circulation, la musique et les installations sanitaires, l'isolation phonique est apportée aussi bien aux parois intérieures et aux plafonds qu'à l'enveloppe du bâtiment. Dans les façades, la surface vitrée joue un rôle capital : c'est elle qui détermine la protection acoustique du mur extérieur.

Pour les transmissions phoniques à l'intérieur du bâtiment, les ingénieurs établissent une distinction entre les bruits aériens et les bruits de contact. En général, tous les styles de construction passive avec isolation en laine de verre se prêtent à une qualité acoustique optimale.

### De bonnes conditions de travail

La qualité de l'acoustique se ressent aussi en dehors des habitations : bureaux, hôpitaux, écoles. L'avenir d'un enfant dépend souvent de ce qu'il apprend à l'école. En cours, les élèves passent la majorité de leur temps à écouter et l'acoustique des salles de classe est primordiale. Un niveau de bruit faible et une réverbération brève augmentent la capacité de concentration, stimulent la communication et facilitent l'apprentissage. De nos jours, nous disposons des connaissances et des technologies permettant de créer des salles à l'acoustique parfaite. Pour cela, l'état de surface des plafonds et des murs joue un rôle crucial. Les habillages absorbants des plafonds et des murs réduisent les bruits parasites. En absorbant les sons, ils leur évitent de se réfléchir. Les échos gênants et les sonorités cavernes disparaissent, le niveau de bruit baisse.

Par conséquent, les élèves entendent et comprennent beaucoup mieux ce qu'on leur dit, leur tâche et celle des enseignants est facilitée, la

réussite est plus grande. De même dans les bureaux, les salles de congrès et les ateliers. Les salles possédant une acoustique optimale augmentent les performances et le bien-être de leurs occupants. Pour obtenir de tels résultats, il faut utiliser des plaques en fibres minérales de qualité recouvertes de fibres. Elles absorbent les sons de manière optimale et apportent une grande qualité acoustique dans toutes les pièces.



**La laine de verre et les systèmes légers de murs et de plafonds sont des alliés parfaits en vue d'une isolation acoustique maximale, basée sur le principe de masse-ressort-masse.** Et n'oublions pas : en combinaison avec des panneaux de plafond perforés, la laine de verre absorbe le bruit au maximum et réduit l'écho à un minimum.

# Pour que tout fonctionne comme prévu.

## En bref : principales étapes de la planification

### 1. PLAN D'IMPLANTATION SUR LE SITE

- Dans la mesure du possible, orienter au sud les façades principales, comportant jusqu'à 40 % de surface vitrée
- Éviter l'ombre des autres constructions, des montagnes, de la végétation persistante
- Privilégier les formes compactes

### 2. ÉTAPE PRÉVISIONNELLE

- Rechercher l'ensoleillement en hiver, l'ombre en été
- Privilégier les formes compactes ; adosser la construction lorsque c'est possible ; orienter au sud les façades ouvertes ; y aménager jusqu'à 40 % de surface vitrée ; réduire les dimensions des fenêtres à l'est, au nord et à l'ouest autant que le permet un éclairage optimal
- Choisir une structure simple pour l'enveloppe, sans décrochement inutile
- Regrouper les zones d'usages similaires, par exemple placer la salle de bains au-dessus ou à côté de la cuisine
- Tenir compte des canaux d'aération nécessaires
- Créer une séparation thermique entre l'éventuel sous-sol (y compris l'escalier) et le rez-de-chaussée, en garantissant l'étanchéité à l'air et en excluant les ponts thermiques
- Faire une première évaluation énergétique par un calcul de l'indice énergétique
- Consulter les programmes d'incitation aux économies d'énergie
- Évaluer les coûts
- Demander un premier entretien auprès des services de la construction et de l'urbanisme
- Prendre des décisions contractuelles avec l'architecte, y compris sur les valeurs précises de performance.

### 3. PROJET ET PLANIFICATION EN VUE DU DÉPÔT

- Décider du type de construction : léger ou massif ; élaborer le concept architectural,

graphique et énergétique pour la ventilation, le chauffage et l'eau chaude

- Planifier les épaisseurs d'isolation de l'enveloppe du bâtiment et éviter les ponts thermiques
- Planifier l'espace nécessaire aux installations techniques
- Dessiner sur le plan des conduites courtes pour l'eau chaude, l'eau froide et l'eau usagée
- Prévoir des canaux de ventilation courts : air froid en dehors de l'enveloppe thermique, air chaud à l'intérieur
- Calculer le besoin énergétique, par exemple au moyen du PHPP de l'institut de la maison passive de Darmstadt
- Négocier la construction
- Solliciter des aides/subventions

### 4. PLANIFICATION DE LA RÉALISATION DU GROS ŒUVRE

- Réaliser l'isolation de l'enveloppe du bâtiment : coefficient U au mieux autour de  $0,1 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ , au maximum de  $0,15 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ .
- Concevoir les détails d'assemblage sans pont thermique et en conservant l'étanchéité à l'air
- Choisir des fenêtres conformes au standard des maisons

### 5. PLANIFICATION DE LA RÉALISATION DE LA VENTILATION ET DU CHAUFFAGE

- Faire intervenir un concepteur spécialisé
- Prévoir des canaux de ventilation courts, à parois lisses ; limiter la vitesse d'écoulement à  $3 \text{ m/s}$
- Planifier les dispositifs de mesurage et de comparaison
- Veiller à la protection contre le bruit et les incendies
- Éviter les courts-circuits dans les évacuations d'air
- Respecter les portées des évacuations

- Prévoir des ouvertures pour les débordements
- Placer le système de ventilation central dans la partie chauffée de l'enveloppe, y compris les registres de réchauffage
- Prévoir dans certains cas une isolation supplémentaire pour le système central et les registres de réchauffage ; veiller à l'isolation phonique de l'installation ; atteindre les objectifs suivants : un taux de récupération de chaleur supérieur à 80 %, perméabilité à l'air environnant inférieure à 3 %, consommation d'électricité inférieure à 0,4 Wh par m<sup>3</sup> d'air déplacé
- Permettre un réglage de la ventilation par l'occupant
- Prévoir des hottes d'extraction des émanations, avec des filtres à graisse en métal
- Prévoir éventuellement un échangeur géothermique, en veillant à l'étanchéité à l'air ; placer les conduites froides à distance du mur de la cave et des conduites d'eau ; prévoir une neutralisation pour la période estivale

#### 6. PLANIFICATION DE LA RÉALISATION DES AUTRES INSTALLATIONS TECHNIQUES

- Prévoir des conduites courtes pour l'eau chaude sanitaire, dans l'enveloppe et bien isolées ; prévoir des conduites courtes pour l'eau froide, isolées de manière à exclure toute apparition de condensation
- Raccorder le lave-linge et lave-vaisselle à l'eau chaude ; prévoir des conduites courtes pour l'eau usagée, évacuée par une seule chute
- Prévoir sous le toit un aérateur pour l'extraction d'air forcée
- Éviter autant que possible les interruptions de l'enveloppe étanche à l'air pour l'installation des appareils sanitaires et électriques ; si nécessaire, préserver l'étanchéité au moyen de produits appropriés
- Choisir des appareils domestiques économes en énergie

#### 7. APPEL D'OFFRES ET DISTRIBUTION

- Prévoir l'assurance qualité dans les contrats
- Établir un calendrier de la construction

#### 8. ASSURANCE QUALITÉ DE LA RÉALISATION, INCOMBANT À LA DIRECTION DES TRAVAUX

- Vérifier l'absence de ponts thermiques par des visites qualité sur le chantier
- Vérifier l'étanchéité à l'air : pose soignée d'un enduit ou d'un adhésif sur toutes les conduites et tous les canaux, contrôle d'étanchéité entre les câbles et les gaines électriques là où elles traversent l'enveloppe, encastrement des boîtiers électriques dans le plâtre et le mortier
- Vérifier le calorifugeage des canaux de ventilation et des conduites d'eau chaude
- Vérifier que les bordures des fenêtres sont rendues étanches avec des bandes adhésives spéciales ou des baguettes couvre-joint, que l'enduit intérieur est posé du sol brut au plafond brut
- Faire exécuter l'essai de pressurisation pendant la phase de construction, pour établir l'étanchéité à l'air n50 : dès que l'enveloppe est terminée, mais tant qu'elle est encore accessible, c'est-à-dire après l'intervention des électriciens, mais avant l'aménagement intérieur ; coordonner cet événement avec les corps de métier et prévoir à qui il revient de traiter les fuites découvertes
- Assurer l'accessibilité des filtres du système de ventilation pour leur remplacement ; prévoir la régulation des écoulements d'air en fonctionnement normal par un mesurage des débits entrants et sortants ; effectuer une comparaison des répartitions de l'air entrant et sortant, un mesurage de la puissance consommée par l'installation
- Effectuer le contrôle qualité de l'ensemble des installations techniques

#### 9. RÉCEPTION DU BÂTIMENT ET VÉRIFICATION DES FACTURES



# Calcul du rendement énergétique.

## Passivhaus Projektierungs Paket (PHPP).

**Peut-on concevoir une maison extrêmement économe en énergie au moyen d'un outil de planification simple ?** Dans les années 1990, on croyait que la planification d'une maison passive nécessitait une simulation dynamique du bâtiment heure par heure et tenant compte de l'utilisation des différentes pièces. Mais il est désormais établi que certains calculs simplifiés sont suffisamment précis pour dimensionner le système de chauffage et prévoir la consommation d'énergie d'une maison passive.

### L'utilitaire PHPP

Lorsque l'on doit faire un bilan énergétique, on peut faire usage du logiciel «Passivhaus Projektierungs Paket» (PHPP). Il s'agit d'un outil de conception basé sur une feuille de calcul que l'on peut utiliser pour calculer le bilan énergétique complet d'un bâtiment. En tant que procédure de calcul, le "Passivhaus Projektierungs Paket" (initialement en version allemande) a fait ses preuves dans des centaines de maisons passives, comme outil de création pour la réalisation et la vérification des critères de performance des maisons passives.

Le projet européen CEPHEUS, en particulier, a prouvé que, comparées aux méthodes de calcul classiques, les procédures de calcul développées pour le PHPP pour calculer le besoin de chaleur donnent une prévision plus acceptable de la pratique.

Extrait de "PHPP – instrument voor de kwaliteitsbewaking van passiehuizen", Bart Cobbaert, Plate-forme Maison passive a.s.b.l., Berchem, proceedings passiehuis happening oct 2004":

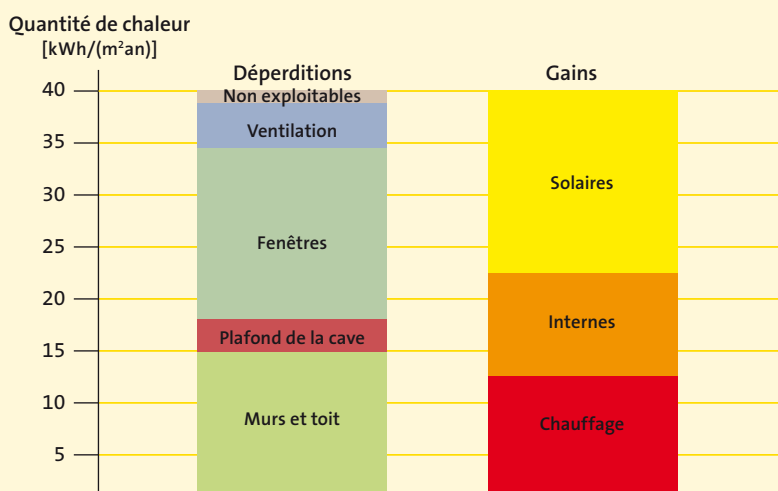
Vu la validation scientifique, le logiciel PHPP est à présent aussi proposé dans une version française des feuilles de calcul, avec les données climatiques pour le Benelux extraites des données de diverses stations météorologiques.

Pour que le résultat soit correct, il est crucial de distinguer l'essentiel de l'accessoire et de choisir les bons paramètres, par exemple pour la production de chaleur des personnes et des appareils, ou pour le rayonnement solaire disponible à l'intérieur de la maison. Le PHPP comporte pour cela des valeurs standards qui sont proches de la réalité mesurée.

En dehors du bilan énergétique, le PHPP permet de répondre à d'autres questions qui surgissent pendant un projet de construction. Par exemple la possibilité de chauffer la maison au moyen de l'air entrant, le besoin d'électricité pour les appareils ménagers, le besoin d'énergie pour l'eau chaude, l'atmosphère intérieure en été.

**Le PHPP peut être obtenu auprès de la Plate-forme Maison Passive à Berchem ou auprès de l'institut de la maison passive de Darmstadt.**

### Exemple de bilan énergétique d'une maison passive



# Maison passive- INDICE ÉNERGÉTIQUE

Climat :

Objet :

Calcul :

Température intérieure :  °C

Type de bâtiment/usage :

Surface de référence pour l'énergie  $A_{EB}$  :  m<sup>2</sup>

Occupation standard :  pers. par m<sup>2</sup>

Elément	Zone de température	Surface m <sup>2</sup>	Coefficient U W/(m <sup>2</sup> K)	Facteur de temp f <sub>t</sub>	G <sub>t</sub> kWh/a	kWh/jaar	Surface de référence pour l'énergie
Mur extérieur à l'air	A	195,7	0,112	1,00	72,1	1585	
Porte	A	2,2	0,703	1,00	72,1	110	
Toit/couverture à l'air	D	94,4	0,083	1,00	72,1	562	
Dalle de sol	B	94,4	0,096	0,61	72,1	401	
Fenêtre	A	55,1	0,703	1,00	72,1	2793	
Ponts thermiques extérieurs (longueur/m)	A			1,00			
Ponts thermiques du sol (longueur/m)	B			0,61			
Total des surfaces composant l'enveloppe		441,8					
<b>Déperditions de chaleur par transmission Q<sub>t</sub></b>						<b>5451</b>	<b>37,1</b>

**Ventilation:**

Volume d'air effectif V<sub>e</sub> :  m<sup>3</sup> × Hauteur libre m :  =  m<sup>3</sup>

Taux de disponibilité réelle de la chaleur récupérée K<sub>eff</sub> :

Taux de disponibilité de la chaleur provenant de l'échangeur géothermique K<sub>gww</sub> :

Echange d'air effectif en termes d'énergie η<sub>e</sub> :  × (1 - ) +  =

**Déperdition de chaleur par ventilation Q<sub>v</sub>** :  m<sup>3</sup> ×  1/h ×  Wh/(m<sup>3</sup>K) ×  kWh/a =  kWh/an =  kWh/(m<sup>2</sup>an)

**Total des déperditions de chaleur Q<sub>v</sub>** : (  kWh/an +  kWh/an ) × Réduction liée aux baisses la nuit et le week-end  =  kWh/an =  kWh/(m<sup>2</sup>an)

Orientation de la surface	Réduction par rapport à un vitrage simple	Coefficient G (isolation perpendiculaire)	Surface m <sup>2</sup>	Rayonnement global durant période de chauffage kWh/(m <sup>2</sup> an)	kWh/an
1. est	0,45	0,50	20,52	264	1231
2. sud	0,47	0,50	23,76	281	1560
3. ouest	0,43	0,50	6,48	161	225
4. nord	0,41	0,50	4,32	154	136
5. horizontale	0,40	0,50	0,00	285	0

**Apport solaire de chaleur Q<sub>s</sub>** : Total  kWh/an =  kWh/(m<sup>2</sup>an)

**Sources internes de chaleur Q<sub>i</sub>** :  kh/d × Durée du chauffage jours/an  × Puissance spécifique q<sub>i</sub> W/m<sup>2</sup>  × Surface m<sup>2</sup>  =  kWh/an =  kWh/(m<sup>2</sup>an)

Chaleur gratuite Q<sub>g</sub> :  kWh/an =  kWh/(m<sup>2</sup>an)

Rapport chaleur gratuite /déperditions de chaleur Q<sub>g</sub> / Q<sub>v</sub> :

Taux d'utilisation des gains thermiques K<sub>c</sub> : (1 - (Q<sub>v</sub> / Q<sub>g</sub>)<sup>0,5</sup>) / (1 - (Q<sub>v</sub> / Q<sub>g</sub>)<sup>0,6</sup>) =

**Gains de chaleur Q<sub>g</sub>** : K<sub>c</sub> × Q<sub>g</sub> =  kWh/an =  kWh/(m<sup>2</sup>an)

**Besoin de chauffage Q<sub>c</sub>** : Q<sub>v</sub> - Q<sub>g</sub> =  kWh/an =  kWh/(m<sup>2</sup>an)

Valeur limite  kWh/(m<sup>2</sup>an)

Exigence remplie ?