

Le bâtiment à énergie positive

1.1 Coût annuel de la consommation électrique en France par habitant.

Indice de développement humain en France : ~140 kWh par habitant et par jour.

Consommation annuelle par habitant : $\sim 140 \times 365 \sim 5,1 \cdot 10^4$ kWh / hab.

Coût du kWh : 0,13 €. Coût annuel : $0,13 \times 5,1 \cdot 10^4 \sim 6,6 \cdot 10^3$ €.

1.2. Interprétation de la figure 1.

Cet indice (IDH) composite (compris entre zéro (exécrable) et un (excellent)) évalue le niveau de développement humain d'un pays. Il est calculé à partir de la moyenne de trois indices (santé-longévité; niveau d'éducation et niveau de vie).

Les pays les plus développés ont un IDH supérieur à 0,92 ; ce sont les plus gros consommateurs d'énergie par habitant. Les pays les moins développés ont un IDH inférieur à 0,42 ; la consommation d'énergie par habitant est faible.

2.1. Une première piste pour une maison à énergie positive : utilisation de matériaux isolants. La conductivité thermique du polystyrène est très faible ($0,036 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$) ; c'est un bon isolant thermique.

2.2. Formule doc2.

$$R_{\text{the}} = (e_1/l + 2e_2/l_{\text{poly}} + e_3/l' + e_5/l'')/S; \quad R_{\text{the}} = (1,3 \cdot 10^{-2}/0,325 + 0,10/0,036 + 0,20/1,4 + 1,5 \cdot 10^{-2}/1,1)/20 = 0,149 \sim 0,15 \text{ K W}^{-1}.$$

2.3. Entre le polystyrène et la laine de chanvre, quel matériau serait-il préférable d'utiliser?

Résistance thermique de 10 cm de polystyrène pour 1 m² de mur : $0,10 / 0,036 = 2,8 \text{ K W}^{-1}$.

Résistance thermique de 10 cm de laine de chanvre pour 1 m² de mur : $0,10 / 0,039 = 2,6 \text{ K W}^{-1}$.

Les résistances thermiques sont à peu près identiques.

Par contre le bilan carbone du polystyrène est élevé. La laine de chanvre, de faible bilan carbone, pourrait le remplacer avantageusement.

Une seconde piste pour une maison à énergie positive : utilisation d'une pompe à chaleur.

3.1. $\Delta U = c_a V \rho (T_2 - T_1) = 1000 \times 400 \times 1,3 (15,6 - 19,0) = -1,77 \cdot 10^6 \sim -1,8 \text{ MJ}$.

3.2. Le transfert thermique s'effectue du corps chaud (l'intérieur de la maison) vers le corps froid (l'extérieur). Ce qui correspond à une perte d'énergie du système (la maison).

3.3. Puissance thermique P_{th} nécessaire au maintien d'une température constante (égale à 19,0 °C) de l'air à l'intérieur de cette maison. L'apport d'énergie est nécessaire pour compenser les pertes subies par le bâtiment en une heure.

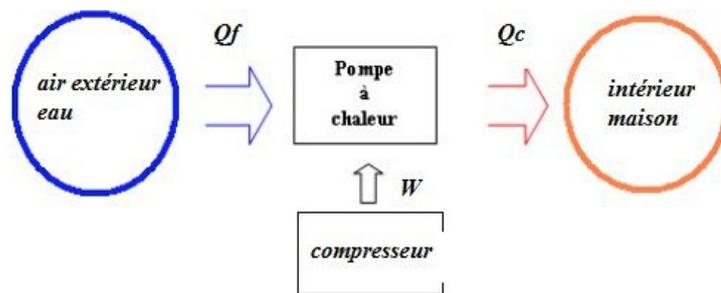
$$P_{\text{th}}(\text{W}) = \text{énergie}(\text{J})/\text{durée}(\text{s}) = 1,77 \cdot 10^6 / 3600 = 4,9 \cdot 10^2 \text{ W}.$$

3.4. En réalité, la puissance thermique que doit fournir la pompe à chaleur pour chauffer l'habitation est $P'_{\text{th}} = 4,0 \text{ kW}$.

Le compresseur de la pompe à chaleur doit fournir un travail au fluide caloporteur. La puissance fournie par la P.A.C. pour maintenir la température est supérieure à la puissance théoriquement nécessaire. Le rendement d'une pompe à chaleur dépend de la différence de température entre la source de chaleur externe et celle de la pièce à chauffer. Si la PAC doit extraire de l'énergie d'un milieu trop froid, son rendement diminue fortement d'où la nécessité d'une puissance supérieure.

3.5.

Un transfert thermique s'effectue naturellement du corps le plus chaud vers le corps le plus froid. Une pompe à chaleur effectue le transfert inverse : elle prélève de l'énergie à l'air extérieur ou à de l'eau (corps froid) et la transfère à l'intérieur de la maison (corps chaud).



3.6.1.

Le coefficient de performance est égale à l'énergie gagnée par la source chaude divisée par le travail investi. C'est le rendement énergétique de l'installation.

3.6.2.

$$Q_c = P'_{th} \times \text{durée} = 4,0 \times 24 \times 3600 = 3,456 \cdot 10^5 \sim 3,5 \cdot 10^5 \text{ kJ.}$$

3.6.2.

$$W = Q_c / \text{COP} = 3,456 \cdot 10^5 / 3,1 = 1,1 \cdot 10^5 \text{ kJ.}$$

3.6.3.

$$W = 1,1 \cdot 10^5 / 3600 \sim 31 \text{ kWh ; coût : } 31 \times 0,13 \sim 4,0 \text{ €.}$$

3.6.4.

$$Q_c = 3,5 \cdot 10^5 / 3600 \sim 96 \text{ kWh ; coût : } 96 \times 0,13 \sim 13 \text{ €.}$$

3.6.5.

L'économie est de 9 € par jour de chauffage. La pompe à chaleur peut être amortie en quelques années. Elle permet une grande économie. Il faut pour que cela reste vrai que la source froide conserve une température la plus stable possible (ce qui est d'autant plus difficile en hiver, moment où l'on a le plus besoin de chauffage).

3.6.6. Utilisation de panneaux solaires en toiture, photovoltaïques et thermiques.