

# Dimensionnement des pompes à chaleur

## 1 Introduction

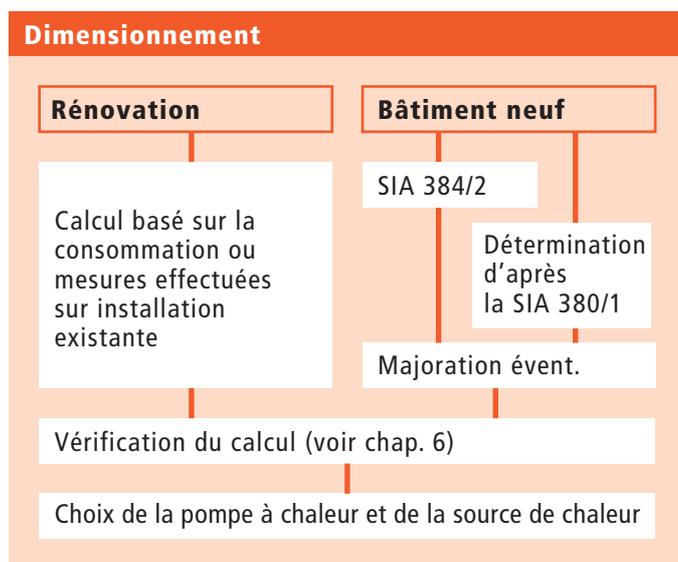
Correctement dimensionnée et utilisée en fonction des besoins, la pompe à chaleur permet un fonctionnement avantageux de l'installation de chauffage.

Elle constitue un apport essentiel à l'utilisation d'énergie renouvelable dans le bâtiment.

Cette fiche s'adresse avant tout aux professionnels du chauffage.

## 2 Marche à suivre

Le schéma ci-dessous montre la démarche à adopter pour le dimensionnement des pompes à chaleur dans un immeuble existant ou dans un bâtiment neuf.



## 3 Rénovation

Lors d'une rénovation, on déterminera la puissance requise de la pompe à chaleur à partir de la **consommation moyenne de combustible sur plusieurs années** ou en mesurant le **taux de charge** de l'installation existante.

### 3.1 Puissance du chauffage déterminée d'après la consommation de la chaudière à gaz ou à mazout.

Les formules ci-après permettent de déterminer la puissance de chauffage requise à partir de la consommation annuelle moyenne de combustible. Elles correspondent au diagramme (disque) de Weiersmüller [1]. Le calcul se fonde sur l'hypothèse d'une température des locaux de 20 °C. Il fournit de bons résultats pour des bâtiments d'habitation dont la chaudière ne dépasse pas 100 kW. Pour des puissances plus élevées, on procédera selon le chap. 3.2.

#### Plateau suisse

##### Avec ECS<sup>1)</sup>

$$\dot{Q}_{\text{ch, req.}} = \frac{\text{consomm.}^{3)}}{300}$$

##### Sans ECS<sup>2)</sup>

$$\dot{Q}_{\text{ch, req.}} = \frac{\text{consomm.}^{3)}}{265^{4)}}$$

#### Au-dessus de 800 m d'altitude

##### Avec ECS<sup>1)</sup>

$$\dot{Q}_{\text{ch, req.}} = \frac{\text{consomm.}^{3)}}{330}$$

##### Sans ECS<sup>2)</sup>

$$\dot{Q}_{\text{ch, req.}} = \frac{\text{consomm.}^{3)}}{295^{4)}}$$

$\dot{Q}_{\text{ch, req.}}$  = puissance chauffage requise [kW]

ECS = eau chaude sanitaire

<sup>1)</sup> Préparation d'ECS par la chaudière toute l'année

<sup>2)</sup> Préparation d'ECS par voie électrique toute l'année

<sup>3)</sup> En litres de mazout

(1 kg de mazout représente environ 1,19 l.)

(1 m<sup>3</sup> courant de gaz représente environ

0,93 l. de mazout)

<sup>4)</sup> Facteur de dimensionnement

## Exemple de calcul

**Objet:** locatif (sur le Plateau), surface de référence énergétique SRE 400 m<sup>2</sup>, bonne isolation, avec préparation d'ECS toute l'année. La consommation annuelle moyenne est de 5280 l. de mazout.

$$\dot{Q}_{\text{ch, req.}} = \frac{5280}{300} = 17.6 \text{ kW}$$

Ainsi, la puissance de chauffage requise de la pompe à chaleur ( $\dot{Q}_{\text{pac, req.}}$ ) lors d'une utilisation monovalente est d'environ **18 kW**.

Pour contrôler le résultat, on calcule la puissance spécifique correspondante.

$$\frac{18\,000 \text{ W}}{400 \text{ m}^2} = 45 \text{ W/m}^2$$

Les 45 W/m<sup>2</sup> ainsi calculés caractérisent une maison actuelle bien isolée; ils se trouvent donc confirmés (cf. ch. 6).

$\dot{Q}_{\text{pac, req.}}$  = puissance de chauffage requise de la pompe à chaleur au point de référence ou au point de bivalence.

Rappelons que ces formules s'appliquent à des bâtiments d'habitation possédant une isolation usuelle et équipés d'une chaudière dont le rendement annuel se situe entre 70 et 85%. En prenant les consommations d'une chaudière **de très mauvais rendement** (< 70%), on risque de **surdimensionner** le projet.

Dans les situations décrites ci-après, les formules sus-mentionnées risquent de sous-estimer ou de surestimer la puissance requise. Des indications complémentaires sont donc nécessaires pour effectuer certaines corrections (cf. ch. 5).

- Forte consommation d'ECS (cuisines collectives, équipements sportifs)
- Apports de chaleur internes (appareils électriques, etc.) et externes (architecture solaire) élevés
- Mise hors service durant une partie de l'année
- Réduction de température en fin de semaine
- Alimentation d'installations de ventilation/climatisation
- Production de chaleur pour processus industriels

Pour les installations complexes ou de plus grande importance (> 100 kW), il vaut mieux utiliser une autre méthode, soit mesurer le taux de charge et tracer la signature énergétique [2].

## 3.2 Mesure du taux de charge

Cette méthode d'analyse a l'avantage de mettre en évidence les différents régimes de fonctionnement. Elle est donc particulièrement adaptée aux situations où la consommation annuelle de combustible ne permet pas de déterminer la puissance chaudière requise ou dans **les bâtiments de grandes dimensions équipés d'installations dont la puissance est > 100 kW** (Ecoles, hôpitaux, bâtiments administratifs et industriels).

Pour fournir des données significatives, les mesures devront porter sur une période d'environ trois semaines avec des variations de la température extérieure aussi grandes que possible (-5 à +10°C). On relèvera alors le temps de fonctionnement du brûleur par heure, qu'on appelle taux de charge  $\alpha$ , et la température moyenne horaire. Les couples de valeurs ainsi obtenus seront reportés dans un diagramme comme ci-dessous. Pour plus de détails, on se référera à la publication [2].

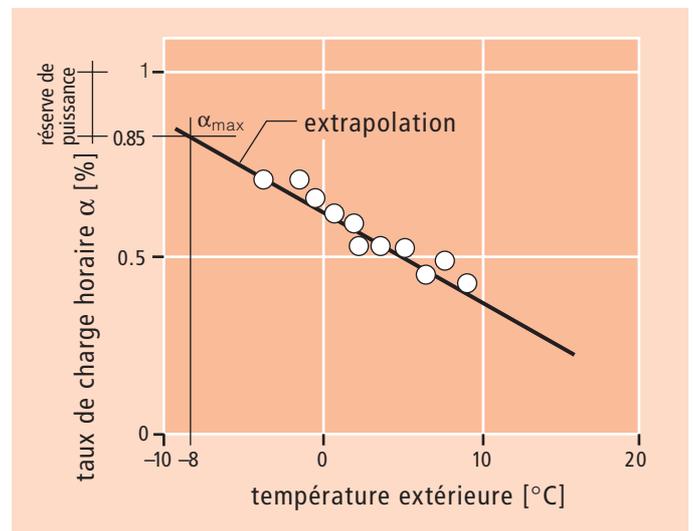


Diagramme du taux de charge horaire

Le diagramme qui précède illustre de manière simplifiée (sans abaissement nocturne) le taux de charge horaire mesuré sur une installation correctement dimensionnée. Même lorsque la température extérieure descend très bas, il reste une réserve de puissance de 15% pour réchauffer les locaux après une période prolongée en veilleuse. Cette réserve suffit, car en cas de froid extrême, on peut renoncer à mettre l'installation en veilleuse. Pour les bâtiments complexes, voir ch. 5.

#### 4.1 Puissance thermique requise calculée d'après la SIA 384/2 Puissance thermique à installer [3]

Applicable dans les bâtiments neufs et après une rénovation complète, cette méthode permet de déterminer la puissance thermique requise par chaque local. Les calculs sont indispensables pour le dimensionnement des radiateurs ou du chauffage par le sol. A partir des valeurs propres à chaque local, on déterminera la puissance thermique globale à installer pour l'ensemble de l'immeuble.

$$\begin{aligned}\dot{Q}_{T,e} &= \Sigma (k_e \cdot A_e) \cdot (t_i - t_e) \\ \dot{Q}_{T,x} &= \Sigma (k_x \cdot A_x) \cdot (t_i - t_x) \\ \dot{Q}_{T,E} &= \Sigma (k_E \cdot A_E) \cdot (t_i - t_E) \\ \dot{Q}_{ai} &= f \cdot 0.3 \cdot V \cdot (t_i - t_e) \\ \dot{Q}_{gl. \text{ bât.}} &= \dot{Q}_{T,e} + \dot{Q}_{T,x} + \dot{Q}_{T,E} + \dot{Q}_{ai}\end{aligned}$$

$\dot{Q}_{gl. \text{ bât.}}$	= puissance thermique globale requise [W]
$\dot{Q}_{T,e}$	= puissance thermique (déperditions vers l'extérieur) [W]
$\dot{Q}_{T,x}$	= puiss. therm. (déperd. vers locaux non chauffés) [W]
$\dot{Q}_{T,E}$	= puissance therm. (déperd. vers le terrain) [W]
$\dot{Q}_{ai}$	= puissance therm. (déperd. par infiltration d'air) [W]
$k_{e,x,E}$	= coefficient de transmission de chaleur vers l'extérieur, les locaux non chauffés, le terrain [W/m <sup>2</sup> K]
$V$	= volume net chauffé du bâtiment [m <sup>3</sup> ]
$A_{e,x,E}$	= surface de l'élément de construction [m <sup>2</sup> ]
$f$	= facteur de correction lié à la densité de l'air et à sa chaleur spécifique: Plateau suisse 0,32 1000 m d'alt. 0,30 2000 m d'alt. 0,26
0.3	= taux de renouvellement de l'air [h <sup>-1</sup> ]
$t_i$	= température du local [°C]
$t_e$	= température extérieure déterminante [°C]*)
$t_x$	= température des locaux non chauffés [°C]*)
$t_E$	= température du terrain [°C]*) *) selon la SIA 384/2

#### 4.2 Puissance thermique requise déterminée d'après la SIA 380/1 L'énergie dans le bâtiment [3]

Une fois la demande d'énergie de chauffage  $Q_{ch}$  déterminée d'après la SIA 380/1, on peut utiliser les données de base calculées (valeurs  $k$  et surfaces correspondantes ainsi que le volume net chauffé) pour obtenir rapidement la puissance thermique globale requise  $\dot{Q}_{gl. \text{ bât.}}$ .

##### Remarque:

Pour calculer correctement les dimensions à donner aux radiateurs et au chauffage par le sol, il est indispensable de faire le calcul selon la SIA 384/2. Cette même recommandation est à prendre en compte s'il y a des installations de ventilation.

#### Exemple de calcul

**Objet:** maison individuelle, construction massive, surface de référence énergétique SRE 180 m<sup>2</sup>, volume chauffé 360 m<sup>3</sup>,  $Q_{ch} = 204 \text{ MJ/m}^2 \text{ a}$ , sans préparation d'eau chaude, située à Berne.

##### Surfaces Valeur-k

• 110 m <sup>2</sup> de toit	0,25 W/m <sup>2</sup> K
• 120 m <sup>2</sup> de murs	0,30 W/m <sup>2</sup> K
• 30m <sup>2</sup> de fenêtres avec cadres	1,60 W/m <sup>2</sup> K
• 90m <sup>2</sup> de sol sur des loc. non ch.	0,40 W/m <sup>2</sup> K
• 30m <sup>2</sup> de murs contre le terrain	0,40 W/m <sup>2</sup> K

##### Températures admises selon la SIA 384/2

• Température ambiante	$t_i = 20 \text{ °C}$
• Température extérieure	$t_e = -8 \text{ °C}$
• Temp. garage/cave non chauffés	$t_x = 5 \text{ °C}$
• Température du terrain	$t_E = 0 \text{ °C}$

Transmission **vers l'extérieur:** puissance thermique requise

$$\dot{Q}_{T,e} = [(0,25 \cdot 110) + (0,3 \cdot 120) + (1,6 \cdot 30)] \cdot [20 - (-8)] = \mathbf{3122 \text{ W}}$$

Transmission **vers locaux non chauffés:** puissance thermique requise

$$\dot{Q}_{T,x} = (0,4 \cdot 90) \cdot (20 - 5) = \mathbf{540 \text{ W}}$$

Transmission **vers le terrain:** puissance thermique requise

$$\dot{Q}_{T,E} = (0,4 \cdot 30) \cdot (20 - 0) = \mathbf{240 \text{ W}}$$

**Infiltration d'air:** puissance thermique requise

$$\dot{Q}_{ai} = (0,32 \cdot 0.3 \cdot 360) \cdot [20 - (-8)] = \mathbf{968 \text{ W}}$$

La **puissance thermique globale requise** pour le bâtiment se calcule ainsi:  $\dot{Q}_{gl. \text{ bât.}} = 3122 + 540 + 240 + 968 = \mathbf{4870 \text{ W}}$

Pour la relance et la compensation des pertes de distribution, ajouter 15% (voir ch. 5). On obtient alors la **puissance de chauffage requise de la pompe à chaleur:**

$$\dot{Q}_{pac, req.} = 4870 \text{ W} \cdot 1,15 = \mathbf{5600 \text{ W}}$$

La puissance spécifique correspondante se calcule comme suit:

$$\frac{5600 \text{ W}}{180 \text{ m}^2} = 31 \text{ W/m}^2$$

Pour le **contrôle**, voir les indications du ch. 6.

## 4 | 5 Suppléments de puissance

On entend par supplément de puissance:

- Interruptions de fourniture de la pompe à chaleur

Les interruptions de fourniture par les distributeurs d'électricité doivent être considérés comme facteur de supplément de puissance de la pompe à chaleur (dans des bâtiments neufs bien isolés et avec chauffage au sol, ce facteur n'entre pas en ligne de compte).

- Puissance pour le chargement de la réserve (stock technique)

Le stockage permet d'assurer l'équilibre entre les temps d'offre de chaleur et de demande de chaleur (périodes d'interruption de fourniture, déficit momentané de couverture des besoins, etc).

- Puissance requise pour la préparation de l'ECS

La consommation d'eau et le choix du système définissent les suppléments requis. Dans une villa individuelle de 2 à 4 personnes, il faut compter un supplément de 750 watts par rapport à la puissance nominale de la pompe à chaleur.

- Puissance requise pour des installations de ventilation mécanique, des piscines ou des procédés industriels

La puissance requise de la pompe à chaleur doit être calculée avec soin et indiquée par l'entreprise qui fournit l'installation.

## 6 Contrôle des résultats

Le contrôle des résultats peut s'effectuer à partir de la puissance spécifique de chauffage, à savoir la puissance de chauffage divisée par la surface de référence énergétique (surface brute de plancher chauffé).

Type de bâtiment	W/m <sup>2</sup>
Immeuble locatif à isolation thermique traditionnelle	50 ... 70
Immeuble locatif existant, à bonne isolation thermique	40 ... 50
Imm. loc. nouvellement construit, conforme aux prescript. actuelles	30 ... 40
Bâtiment administratif traditionnel	60 ... 80

### Remarque:

La puissance spécifique de chauffage n'est qu'un instrument de contrôle sommaire. Le dimensionnement doit en principe s'effectuer selon les méthodes décrites ci-dessus.

## 7 Choix de la pompe à chaleur, de la source de chaleur et du système de diffusion de chaleur

En principe, une pompe à chaleur peut être utilisée dans tout système de diffusion de chaleur. Les chauffages à basse température (p.ex. le chauffage au sol ou grands radiateurs) y sont particulièrement bien adaptés.

Selon la température du système et la source de chaleur, on peut envisager une utilisation monovalente de la pompe à chaleur. Dans des installations à température plus élevée, un chauffage supplémentaire (p.ex. la chaudière existante) en utilisation bivalente est souhaitable.

Si la température aller baisse, le coefficient de performance annuel moyen augmente sensiblement. Le système de diffusion de chaleur doit donc être réglé sur une température aller basse. Dans un bâtiment neuf, la température aller au point de référence ne devrait pas dépasser 35 °C. Lors de la rénovation d'un chauffage existant remplacé par une pompe à chaleur, la température aller effective du système existant au point de référence (bâtiment massif, plateau suisse, -8 °C) ne devrait pas dépasser 50 °C. Si la température aller dépasse 50 °C, des dispositions complémentaires s'imposent.

### Remarque:

une température aller inférieure de 5 °C améliore le coefficient de performance annuel moyen d'environ 10%.

En plus des conditions techniques nécessaires pour l'installation d'une pompe à chaleur, il faudra examiner l'installation électrique, la surface disponible et la possibilité d'utiliser une source de chaleur.

### Choix de la source de chaleur

Mis à part l'air extérieur, toute exploitation de sources de chaleur naturelles est soumise à autorisation de la part de l'autorité cantonale compétente (généralement le service cantonal de l'énergie ou le service de la protection des eaux).

- Un capteur horizontal enterré nécessite une surface importante (30 à 60 m<sup>2</sup>/kW<sub>th</sub> de puissance de chauffage).
- Pour les sondes géothermique (env. 15 m/kW<sub>th</sub>) les forages peuvent atteindre 100 à 300 m.
- Pour la nappe phréatique, il faut un minimum de 150 à 200 litres/h/kW<sub>th</sub>.
- Pour les eaux de surface, par kW<sub>th</sub> il faut un minimum de 300 à 400 litres/h.

Pour choisir une pompe à chaleur et une source de chaleur, il faut consulter le manuel du fabricant, les fiches techniques AWP (4), GSP (5) et VDI (6), ainsi que la documentation RAVEL *Pompes à chaleur, planification, construction et exploitation des installations de pompes à chaleur électriques (7) et Schémas standards (8)*.

Isoler systématiquement les conduites de distribution de chaleur en respectant les prescriptions cantonales, c'est s'assurer une puissance de réserve supplémentaire.

Lors de l'installation d'une pompe à chaleur, il faudrait prévoir un segment de tuyau droit entre flasques, afin de faciliter l'éventuelle installation ultérieure d'un compteur de chaleur.

Grâce à l'installation d'un compteur électrique et d'un compteur thermique séparés, le coefficient de performance annuel (rendement de l'installation) peut être vérifié facilement.

D'autres fiches techniques sont disponibles pour le dimensionnement des appareils de production de chaleur (9).

## 9 Bibliographie

- [1] Weiersmüller R.: *Réduction du gaspillage d'énergie*. Vérification de puissance de la chaudière au moyen du disque de dimensionnement. Ingénieurs et architectes suisses, 27–28/1980.
- [2] Dimensionnement et remplacement de chaudières. Office fédéral des questions conjoncturelles, Berne, 1988.
- [3] Société suisse des ingénieurs et architectes:
- Recommandation 380/1, *L'énergie dans le bâtiment*, 1988
  - Norme 384/1, *Installations de chauffage central*, 1991
  - Recommandation 384/2, *Puissance thermique à installer dans les bâtiments*, 1982
- Editeur: Société suisse des ingénieurs et architectes, Case postale, 8039 Zurich, tél. 01 283 15 60
- [4] Normes et fiches techniques AWP (uniquement en allemand). Editeur: Secrétariat AWP, Case postale 7190, 8023 Zurich, fax 01 271 92 92
- [5] GSP, fiches techniques et listes de contrôle (uniquement en allemand). Editeur: GSP, centre d'information de Berne, Steinerstrasse 37, Case postale 298, 3000 Berne 16, fax 031 352 42 06.
- [6] Directives VDI 4640: *Thermische Nutzung des Untergrundes* (uniquement en allemand). Editeur: Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin.
- [7] Ravel, cahier 3: *Pompes à chaleur, planification, construction et exploitation des installations de pompes à chaleur électriques*. Editeur: Office central fédéral des imprimés et du matériel, 3000 Berne, no. 724.356 f, Fax 031 322 39 75
- [8] Ravel, cahier 5: *Schémas standards pour pompes à chaleur*. Editeur: Office central fédéral des imprimés et du matériel, 3000 Berne, no. 724.359 f, Fax 031 322 39 75
- [9] Office fédéral de l'énergie, Berne  
Fiches technique:  
*Dimensionnement des chaudières à mazout et à gaz*  
N° de commande: 805.161 f  
*Dimensionnement des chauffages centrale au bois*  
N° de commande: 805.161.2 f  
*Dimensionnement d'installations à capteurs solaires*  
N° de commande: 805.161.3 f  
Commande: Office central fédéral des imprimés et du matériel, 3000 Berne, Fax 031 322 39 75