

Dimensionnement des chaudières à mazout et à gaz

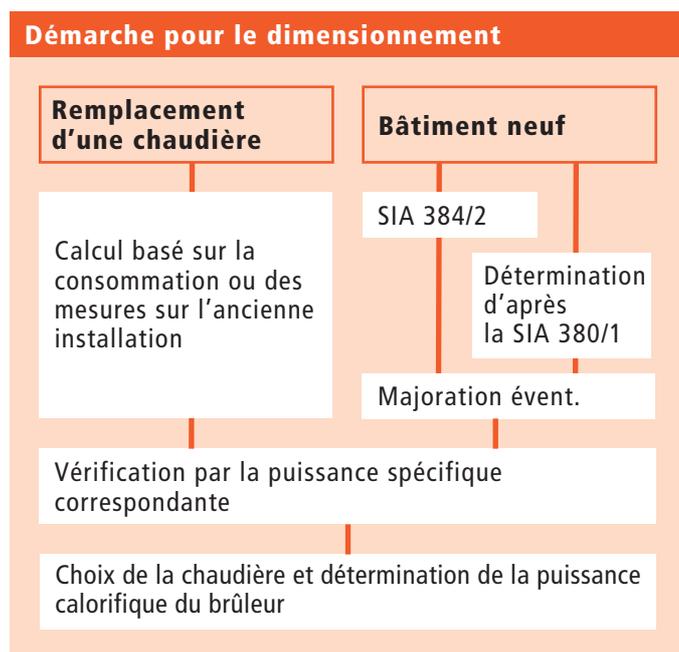
1 Introduction

Correctement dimensionnée et dotée d'une puissance calorifique adaptée, l'installation de chauffage fonctionne avantageusement. C'est un apport important à l'utilisation rationnelle de l'énergie 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 déterminer la puissance thermique à installer dans le cas d'un immeuble existant ou d'un bâtiment neuf.



3 Remplacement de la chaudière

Avant de remplacer une chaudière, on déterminera la puissance à installer 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 de la chaudière déterminée d'après la consommation

Les formules ci-après permettent de déterminer la puissance à installer (puissance chaudière 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 ch. 3.2.

Plateau suisse

Avec ECS¹⁾

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

Sans ECS²⁾

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

Au-dessus de 800 m d'altitude

Avec ECS¹⁾

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

Sans ECS²⁾

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

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

ECS = eau chaude sanitaire

1) Préparation d'ECS par la chaudière toute l'année

2) Préparation d'ECS par voie électrique toute l'année

3) En litres de mazout

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

(1 m³ courant de gaz représente environ

0,93 l. de mazout)

Exemple de calcul

Objet: locatif (sur le Plateau), surface de référence énergétique SRE 400 m², bonne isolation, avec préparation d'ECS toute l'année. La consommation annuelle moyenne est de 5280 l. de mazout.

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

Ainsi, la puissance chaudière requise 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/m² ainsi calculés caractérisent une maison actuelle bien isolée; ils se trouvent donc confirmés (cf. ch. 6).

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** (Eco-les, 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 α** , 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].

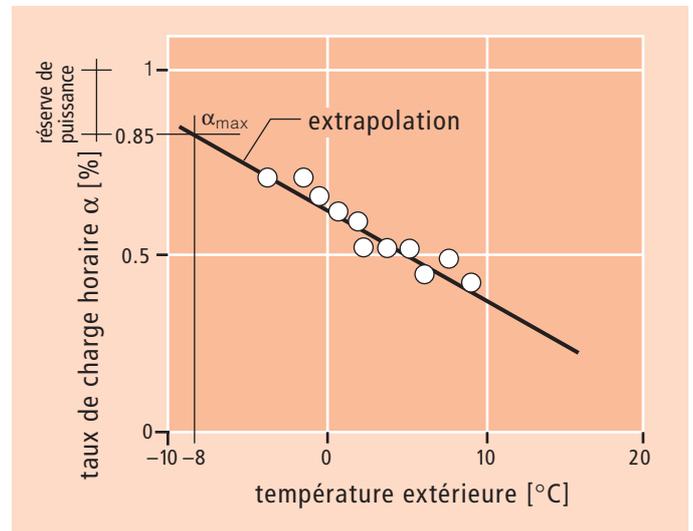


Diagramme du taux de charge horaire

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 ² K]
V	= volume net chauffé du bâtiment [m ³]
$A_{e,x,E}$	= surface de l'élément de construction [m ²]
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 ⁻¹]
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 m², volume chauffé 360 m³, $Q_{ch} = 204 \text{ MJ/m}^2 \text{ a}$, sans préparation d'eau chaude, située à Berne.

Surfaces Valeur-k

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

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

La puissance spécifique correspondante se calcule comme suit:

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

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

4 | 5 Majoration de la puissance thermique globale requise

On entend par supplément de puissance:

- Puissance req. pour la préparation de l'ECS
- Réserve de puissance pour la relance suite à un abaissement prolongé de la température ambiante
- Puissance requise pour la compensation des pertes de distribution
- Puissance requise pour des installations de ventilation mécanique ou pour des procédés industriels

Bâtiments d'habitation:

En règle générale, la préparation d'eau chaude dans les bâtiments d'habitation ne justifie aucune majoration de la puissance à installer. Dans une maison individuelle, le chauffe-eau devrait avoir une capacité d'au moins un jour de consommation, afin de pouvoir être rechargé de nuit, en période de chauffage réduit. Dans un locatif d'un certain volume, la place manque généralement pour stocker la consommation d'une journée. Conformément à la norme SIA 384/1 *Installations de chauffage central* [3], l'échangeur du chaleur du chauffe-eau doit alors être dimensionné de telle sorte que le réservoir puisse être réchauffé en l'espace d'une heure. Pendant ce temps, le chauffage est interrompu sans que le confort s'en ressent. Il n'y a donc pas lieu d'ajouter un supplément de puissance pour la préparation d'ECS, même dans un immeuble locatif.

Il est indiqué de réduire la température, voire d'arrêter le chauffage pendant la nuit. La remise en température ne nécessite malgré cela généralement pas de notable supplément de puissance, car même les chaudières dimensionnées au plus juste disposent le plus souvent d'une réserve du fait que l'aération réelle est moins importante que supposé dans le calcul selon la SIA 384/2, surtout par très grands froids. En outre on dispose aujourd'hui de régulateurs de chauffage permettant une relance avancée avec hausse passagère de la température de départ.

Remarque:

Pour les besoins de la remise en température et la compensation des pertes de distribution, une majoration de 10 à 15% par rapport à la puissance thermique globale requise suffit dans l'habitat.

Bâtiments administratifs:

La plupart des bâtiments administratifs n'ont que de modestes besoins d'ECS, ne justifiant aucune majoration de puissance. Là où les besoins sont importants, comme dans les piscines et dans les restaurants, il faut les déterminer de manière exacte en tenant compte de la courbe journalière de la demande. Les suppléments de puissance seront définis en conséquence.

Dans des cas particuliers comme la réduction de température durant des périodes prolongées ou les bâtiments à isolation thermique élevée, on accordera une attention particulière à la détermination du supplément de puissance nécessaire à la remise en température. On calculera séparément les suppléments éventuels pour les installations de ventilation et de climatisation ainsi que pour les besoins de chaleur dans l'industrie.

Remarque:

Sauf circonstances extraordinaires, dans les bâtiments administratifs, une majoration de 10 à 15% par rapport à la puissance thermique globale requise suffit en règle générale pour les besoins de la remise en température et la compensation des pertes de distribution.

Ainsi, on peut déterminer la puissance chaudière requise de la manière suivante pour un bâtiment traditionnel, d'habitation ou autre:

$$\dot{Q}_{k, \text{req.}} = (1,10 \text{ à } 1,15) \cdot \dot{Q}_{\text{gl. bât.}}$$

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

$\dot{Q}_{\text{gl. bât.}}$ = puissance thermique globale requise [kW]

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 ²
Immeuble locatif à isolation thermique traditionnelle	50 ... 70
Immeuble locatif existant, à bonne isolation thermique	40 ... 50
Imm. loc. nouvellement construit, conforme aux prescrit. actuelles	30 ... 40
Bâtiment administratif traditionnel	60 ... 80

Remarque:

La puissance spécifique de la chaudière n'est qu'un instrument de contrôle sommaire. Le dimensionnement doit en principe se faire selon les méthodes ci-dessus.

7 Choix de la chaudière et puissance du brûleur \dot{Q}_f

Toute chaudière a une plage de puissances de fonctionnement admissibles. Il importe de pouvoir en réduire encore la puissance (25 à 30%) après une éventuelle amélioration thermique de l'enveloppe du bâtiment. Dans le même temps, il faut donner la préférence au modèle qui offre les plus faibles pertes par les fumées et de maintien [4].

Dans les bâtiments neufs disposant du raccordement au gaz, on choisira en principe des chaudières à condensation. Il en va de même lorsqu'on renouvelle une chaudière à gaz en place, pour autant que les températures aller ne dépassent pas 70 °C. La loi en fait d'ores et déjà une obligation dans plusieurs cantons. Par rapport à une chaudière ordinaire, le modèle à condensation offre un rendement plus élevé d'environ 10%.

La formule suivante sert à déterminer la puissance du brûleur \dot{Q}_f :

$$\dot{Q}_f = \dot{Q}_{k, req.} \cdot 1/\eta_k$$

\dot{Q}_f = puissance du brûleur [kW]

$\dot{Q}_{k, req.}$ = puissance chaudière requise [kW]

η_k = rendement de la chaudière [-]

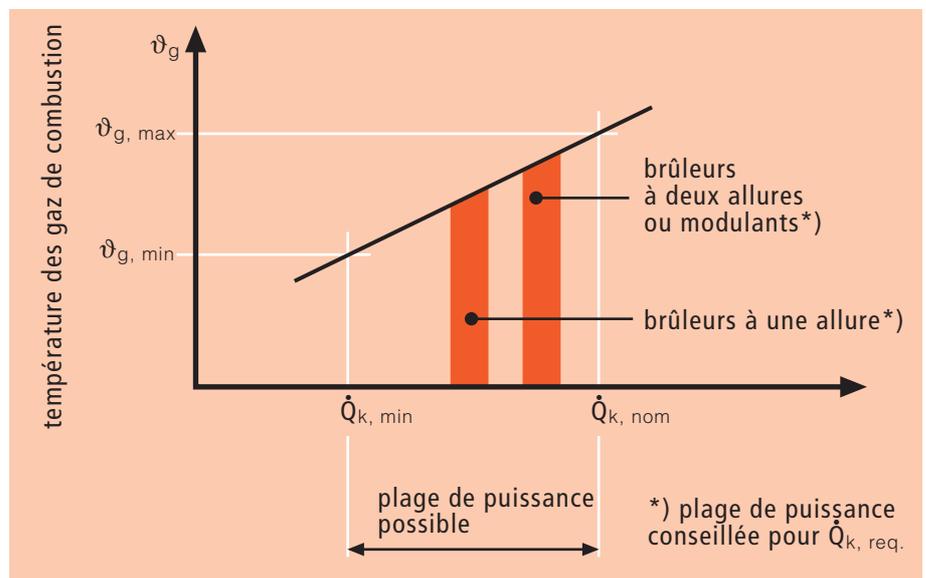


Diagramme de température des gaz de combustion

Dans la pratique, on peut déterminer la puissance du brûleur comme suit:

- Chaudières autres qu'à condensation: $\dot{Q}_f \approx \dot{Q}_{k, req.} \cdot 1,1$
- Chaudières à condensation: $\dot{Q}_f \approx \dot{Q}_{k, req.} \cdot 1,0$

Au moment de mettre la chaudière en service, on veillera à régler le débit de combustible de façon à **atteindre la puissance chaudière requise et non la puissance nominale** de la chaudière.

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

La puissance calorifique du brûleur devrait figurer dans les documents d'exploitation ou être inscrite de manière indélébile sur celui-ci. Un débitmètre de mazout permet de la déterminer aisément en tout temps.

D'autres fiches techniques sont disponibles pour le dimensionnement des appareils de production de chaleur (5).

- [1] Weiersmüller R.: *Réduction du gaspillage d'énergie: Vérification de puissance de la chaudière au moyen du disque de dimensionnement.*
Ingénieurs et architectes suisses, 19/1981.
- [2] *Dimensionnement et remplacement de chaudières.*
Office fédéral des questions conjoncturelles, Berne, 1988.
Editeur: Office central fédéral des imprimés et du matériel, 3000 Berne.
N° 724.617 f, fax 031 322 39 75.
- [3] Société suisse des ingénieurs et des 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 des architectes, case postale, 8039 Zurich, Tél. 01 283 15 60.
- [4] *Chaudières, brûleurs et chauffe-eau expertisés*
Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage, Berne.
Editeur: Office central fédéral des imprimés et du matériel, 3000 Berne.
N° 319.600 f, fax 031 322 39 75.
- [5] Office fédéral de l'énergie, Berne
Fiches technique:
Dimensionnement des pompes à chaleur
N° de commande: 805.161.1 f
Dimensionnement des chauffages centraux 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