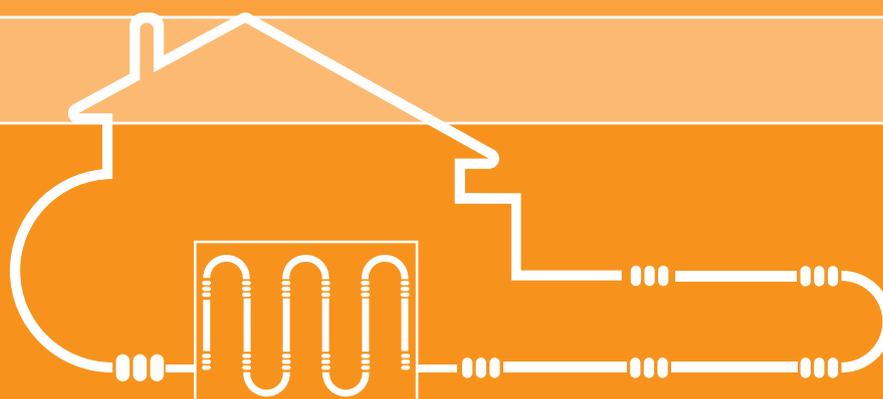




ASSOCIATION DES PROFESSIONNELS  
POUR LE CHAUFFAGE DURABLE

# Guide de dimensionnement des radiateurs à eau chaude

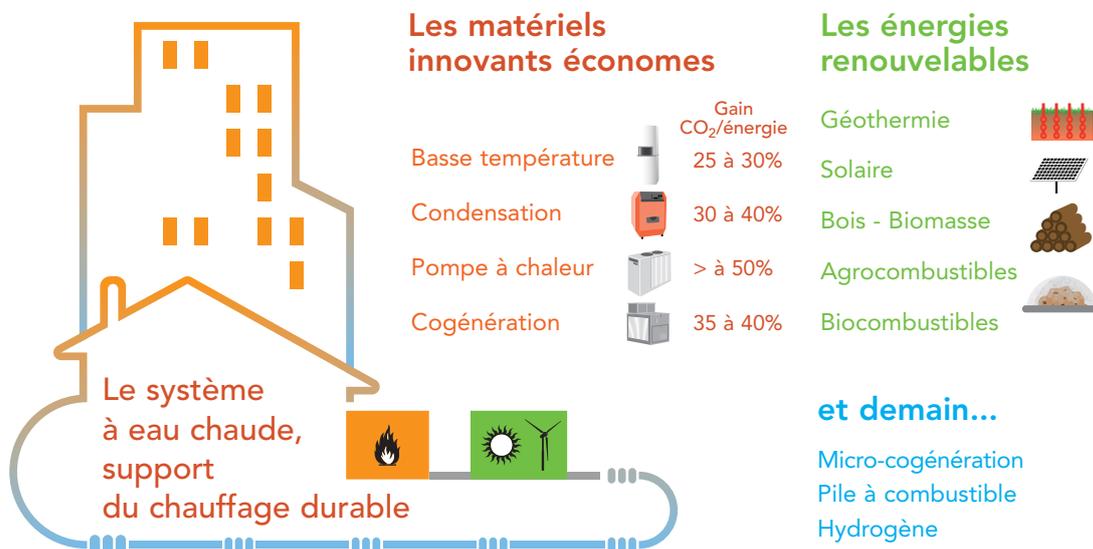
pour accompagner  
les professionnels de la filière



## Le système à eau chaude : polyvalent, évolutif et multi-énergies

Le système de chauffage basé sur la boucle à eau chaude fait circuler de l'eau chauffée de 30°C à 60°C distribuée vers des émetteurs de chaleur (radiateurs ou planchers chauffants) qui diffusent la chaleur de l'eau dans les pièces. Le chauffage de l'eau est assuré par un générateur qui peut être une chaudière, des panneaux solaires, une pompe à chaleur, une cogénération, etc. L'ensemble est piloté par une régulation centralisée, de préférence programmable. Ce système peut également assurer la production d'eau chaude sanitaire tout au long de l'année.

- Le chauffage à eau chaude est le système le mieux adapté à la mise en place de **systèmes durables à la fois multi-énergies, substituables et réservant une part croissante à la chaleur d'origine renouvelable**. Il est donc indispensable de les maintenir dans le bâtiment existant et de les développer dans le bâtiment neuf.
- **Chauffage multi-énergies et substituable**, ce système est, par nature, le plus à même d'accompagner la transition énergétique en changeant d'énergie sans changer d'équipement. Il permet d'équilibrer le mix énergétique, en y favorisant l'intégration des énergies renouvelables.
- C'est également un système qui permet d'utiliser **des matériels innovants économes en énergie** ; chaudière basse température ou condensation ; pompe à chaleur, raccordement aux réseaux de chaleur ou co-génération. Les réductions d'émissions de CO<sub>2</sub> sont directement proportionnelles aux économies d'énergie. L'intégration d'un capteur solaire dans le système de la boucle à eau chaude permet d'obtenir 30% de réduction de CO<sub>2</sub>, alors que l'utilisation d'une pompe à chaleur réduit de 50% les émissions de CO<sub>2</sub> par rapport à une chaudière standard.



<b>Introduction</b>	<b>2</b>
<b>1. Domaine d'application</b>	<b>3</b>
<b>2. Description des installations de chauffage</b>	<b>4</b>
2.1 Le générateur	4
2.2 La distribution	8
2.3 La régulation	10
<b>3. Les radiateurs</b>	<b>12</b>
3.1 Les caractéristiques	12
3.2 Les différents types	13
3.3 Exemple de variation	19
<b>4. Évaluation de l'installation existante</b>	<b>20</b>
4.1 Présentation générale de l'outil pour les installations bitube	20
4.2 Présentation générale de l'outil pour les installations monotube	28
<b>5. Conseils et préconisations pour la nouvelle installation</b>	<b>34</b>
5.1 Dimensionnement des radiateurs sans changement de générateur de chauffage	34
5.2 Dimensionnement des radiateurs avec changement de générateur de chauffage	35
5.3 Création d'une installation à eau chaude dans un bâtiment existant	43
<b>Annexes</b>	
Tableau présentant les principaux critères influençant la puissance émise des radiateurs	44
Rendements des chaudières gaz, fioul et bois	46
Performances des générateurs pour le calcul des consommations annuelles normalisées de chauffage	47
<b>Bibliographie</b>	<b>48</b>

# 2 introduction

Le Grenelle de l'Environnement et certaines directives européennes\*, portant sur la performance énergétique des bâtiments et sur l'éco-conception des produits consommateurs d'énergie, s'inscrivent dans une approche ambitieuse et contraignante d'économie d'énergie et de protection de l'environnement. Dans ce contexte, la France s'est fixée l'objectif de réduire ses émissions de CO<sub>2</sub> d'au moins 38% d'ici à 2020.

La rénovation énergétique des bâtiments est donc au cœur de la mise en œuvre du Grenelle et des directives européennes. D'autres dispositions réglementaires comme l'entretien obligatoire des chaudières ou des incitations financières (éco-prêt à taux zéro, crédit d'impôt...) constituent autant d'aides et de soutiens contribuant à l'atteinte de cet objectif.

Aujourd'hui, le niveau moyen de consommation énergétique du parc est de 240 kWhep/m<sup>2</sup>.an. La réglementation thermique 2012 prévoit des exigences dans la construction neuve de 50 kWhep/m<sup>2</sup>.an pour les cinq usages : chauffage, eau chaude sanitaire (ECS), climatisation, éclairage et consommation des auxiliaires. De même, deux labels de performance énergétique ont été mis en place pour la rénovation : le label HPE rénovation à 150 kWhep/m<sup>2</sup>.an et le label BBC rénovation à 80 kWhep/m<sup>2</sup>.an.

Dans cette perspective, un logement équipé d'une boucle à eau chaude bénéficie d'un large éventail de solutions permettant d'améliorer son efficacité énergétique. En effet, l'entretien ou le remplacement du générateur de chaleur, l'intégration des énergies renouvelables, le remplacement des émetteurs et la modernisation de la régulation permettent, associés à une isolation des combles, murs, plancher et vitrages, les réductions de consommation d'énergie les plus significatives.

Afin d'optimiser ces performances, il est essentiel, lors de la rénovation du système de chauffage et de production d'eau chaude sanitaire, de s'assurer que l'ensemble de l'installation envisagée est en adéquation avec le niveau de déperditions thermiques du bâtiment.

Pour définir les étapes d'un dimensionnement réussi des radiateurs, ce Guide a été élaboré avec l'appui technique du CETIAT, le Centre technique des industries aérodynamiques et thermiques, et le réseau d'experts des membres d'Energies et Avenir. Des outils informatiques professionnels peuvent le compléter, car le bon dimensionnement des radiateurs dépend d'un diagnostic complet du bâti et de l'installation.

Par conséquent, l'objectif du Guide est de donner aux professionnels des règles simples leur permettant tout d'abord, de vérifier et de mettre en adéquation le cas échéant le dimensionnement des radiateurs, le type de générateur et les besoins de chauffage des locaux. De dimensionner les radiateurs lors de leur remplacement, de choisir une régulation adaptée au système de chauffage et de s'assurer du bon équilibrage de l'installation.

Dans la continuité de son Guide sur l'entretien annuel des chaudières, Energies et Avenir édite aujourd'hui ce Guide sur le dimensionnement des radiateurs afin de fournir aux professionnels un éclairage pertinent et méthodique. Cette notion était connue et mise en pratique sans qu'une méthode "pas à pas" soit vraiment définie. Ce Guide répond à cette attente. Car maîtriser et améliorer le savoir-faire de notre filière est une façon de s'assurer de la pertinence et de l'avenir du système de la boucle à eau chaude tout en répondant aux défis de demain.

\*Directive 2010/31/UE portant sur la performance énergétique des bâtiments et directive 2005/32/CE sur l'éco-conception des produits consommateurs d'énergie.



# 1 domaine d'application

Le présent Guide traite du dimensionnement des radiateurs lors de rénovations des locaux d'habitation, individuels et collectifs avec un chauffage individuel, dans les cas suivants :

- Travaux d'amélioration thermique de l'habitat et/ou d'extension de locaux ;
- Premier équipement avec une boucle à eau chaude ;
- Remplacement du générateur par une chaudière basse température ou à condensation ou bien encore par une pompe à chaleur (PAC) ou un système solaire combiné (SSC) ;
- Remplacement des radiateurs pour cause de vétusté.

Il concerne les installations de chauffage de type monotube et bitube.



# description des différentes

## 2.1. Le générateur

Cette partie décrit les différents composants d'une installation : générateur de chaleur, distribution, régulation, émetteurs... Y sont abordées les notions de base, les caractéristiques de chaque élément et les critères d'une performance optimale, comme l'équilibrage, le rendement, le COP (Coefficient de performance), la variation temporelle, etc. Compte tenu du sujet de ce Guide, le descriptif des radiateurs fait l'objet d'un chapitre entièrement dédié à cet élément (page 12).

### 2.1.1. Les chaudières

Les chaudières gaz et fioul domestique sont classées en 3 catégories selon la directive rendement 92/42/CE en fonction de leur niveau de rendement et de leur niveau de température de fonctionnement.

- Chaudière standard ;
- Chaudière basse température ;
- Chaudière à condensation.

Afin d'optimiser le rendement des chaudières, il convient de privilégier une chaudière basse température ou à condensation et de la faire fonctionner avec un niveau de température de l'eau aussi faible que possible :

- de l'ordre de 40°C pour une chaudière basse température ;
- de l'ordre de 30 à 35°C pour une chaudière à condensation.

A noter pour les chaudières à condensation : plus la température de retour d'eau à la chaudière est faible, plus la chaleur récupérée par la condensation sera importante et le rendement de la chaudière sera élevé.

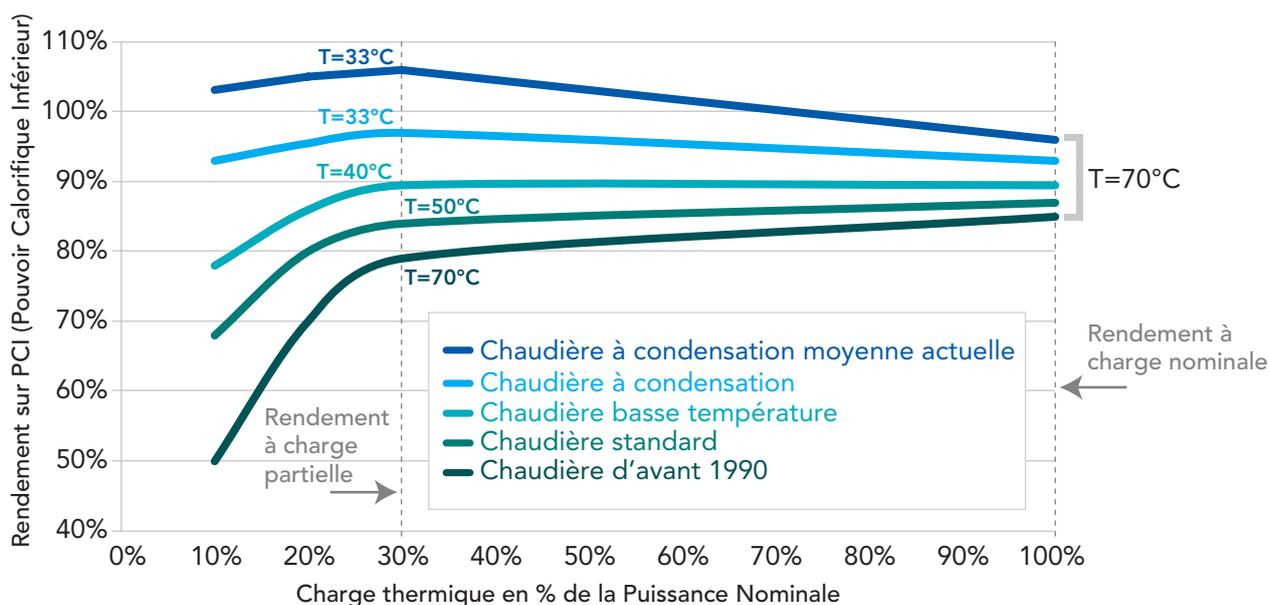


Figure 1 : Evolution du rendement des 3 catégories de chaudières et d'une chaudière ancienne en fonction de la puissance. T représente la température moyenne de l'eau.

A puissance nominale, les chaudières fonctionnent avec un écart de température départ/retour de l'ordre de 15K.

# installations de chauffage

## 2.1.2. Les pompes à chaleur

Les pompes à chaleur (PAC) raccordées sur le circuit de chauffage peuvent utiliser différentes sources extérieures de chaleur : l'air, une boucle d'eau de nappe, de l'eau glycolée circulant dans le sol, ou encore une évaporation directe du fluide frigorigène dans le sol (détente directe).

Les pompes à chaleur sont classées selon quatre niveaux de température de sortie d'eau :

- Basse Température : 35°C
- Moyenne Température : 45°C
- Haute Température : 55°C
- Très haute Température : 65°C

La différence de température entre le départ et le retour est comprise entre 5 et 10°C (10°C pour les hautes températures). La performance d'une pompe à chaleur est fonction de la source extérieure de chaleur et de la température de sortie d'eau.

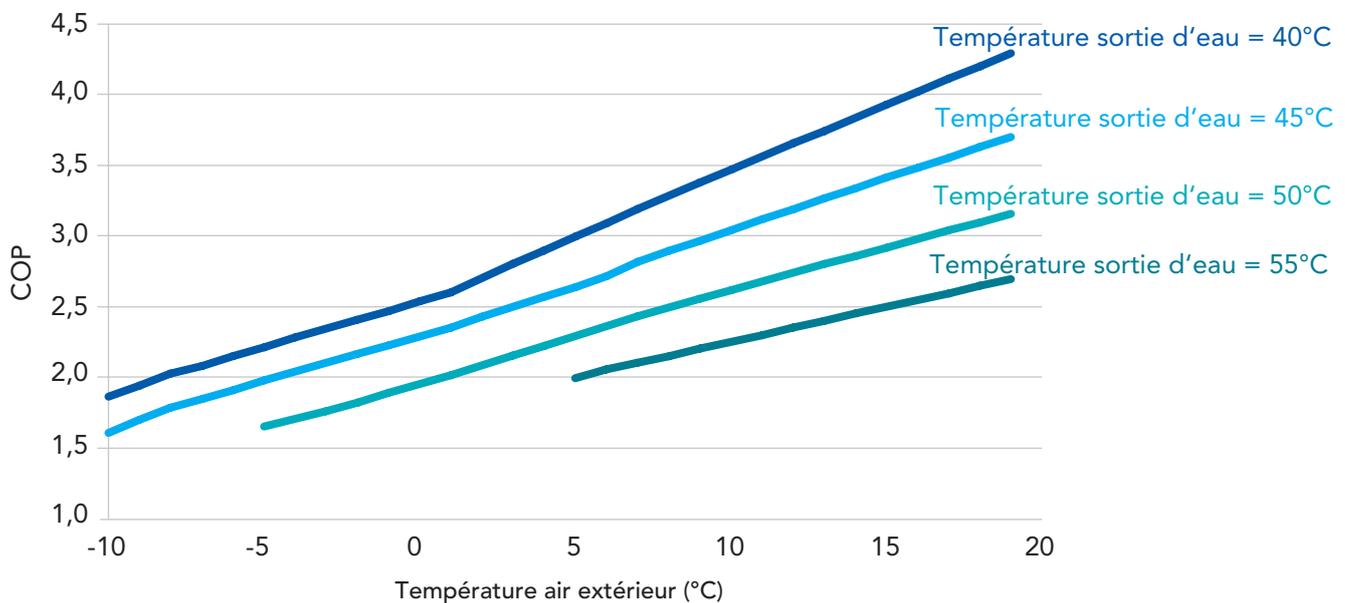


Figure 2 : Evolution du COP en fonction de la température extérieure et pour différents températures de sortie d'eau

## 2 description des différentes installations

Les COP varient selon la température extérieure et le régime d'eau. Ils varient entre 2 pour une PAC très haute température (température extérieure de 7°C et régime d'eau 55/65°C) et 4,2 pour une PAC basse température (température extérieure de 7°C et régime d'eau 30/35°C). Le COP mesuré d'une PAC eau/eau (température extérieure de 10°C et régime d'eau 30/35°C) est de 5,4.

Type de PAC	Régime d'eau		
	30/35°C	40/45°C	47/55°C
air/eau (COP mesuré à +7°C extérieur)	3,7	3	2,3
air/eau (COP mesuré à -7°C extérieur)	2,5	2,2	2
eau/eau (COP mesuré à +10°C)	5,4	4,2	3,7
eau glycolée/eau (COP mesuré à 0°C)	4,2	3,4	2,8

**A noter :** la marque NF PAC atteste le respect des performances minimales.

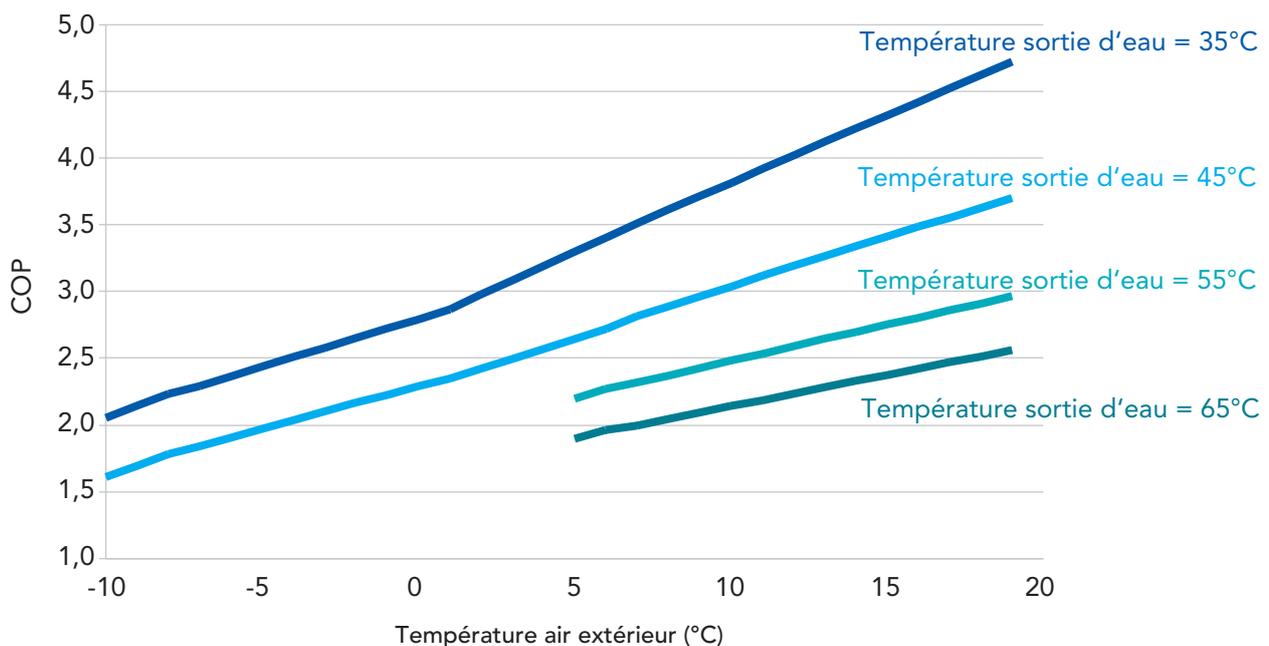


Figure 3 : Exemple pour une PAC air/eau de plages d'utilisation en fonction de la température de sortie d'eau et de la température extérieure

# de chauffage

La majorité des PAC air/eau peuvent fonctionner jusqu'à  $-15^{\circ}\text{C}$  de température d'air extérieur. Par contre, la température de sortie d'eau est généralement limitée pour de basses températures extérieures afin de conserver un COP acceptable.

## Cas d'une PAC en relève

L'installation d'une pompe à chaleur en relève de chaudière consiste à placer celle-ci sur la branche de retour du circuit de chauffage afin de réchauffer les eaux ayant circulées dans la boucle de chauffage avant qu'elles ne pénètrent dans la chaudière.

La pompe à chaleur doit être dimensionnée de telle sorte qu'elle puisse constituer le générateur de chaleur principal de l'installation de chauffage. La chaudière assure l'appoint :

- lors des jours les plus froids et
- lorsque la température maximale de départ de la PAC n'est pas suffisante en fonction des caractéristiques de l'installation de chauffage.

## 2.1.3. Le système solaire combiné

Dans le cas du système solaire combiné (SSC), le dimensionnement des radiateurs est effectué à partir des caractéristiques de l'installation de chauffage et du seul générateur d'appoint.

Les systèmes solaires combinés peuvent couvrir de 20 à 40 % des besoins annuels, selon la région et la taille de l'installation. La chaleur du soleil est récupérée avec des capteurs thermiques vitrés ou sous vide qui est ensuite transférée dans un ballon de stockage.

En effet, les capteurs ne produisent de la chaleur que lorsque l'ensoleillement est suffisant, alors que les besoins les plus importants se manifestent en général en l'absence de soleil. Il faut donc mettre en place un dispositif de stockage. Enfin, pour pallier les déficits d'ensoleillement, une source d'énergie d'appoint s'impose car ces systèmes solaires sont en réalité bi-énergie.

**Remarque :** le bon dimensionnement des capteurs et du stockage, la régulation et le choix de l'énergie d'appoint sont primordiaux pour le bon fonctionnement du système solaire. Les émetteurs de chaleur type basse température sont à privilégier avec ce type de générateur car ils permettent un meilleur taux de couverture solaire.

## 2.2. La distribution

Il existe une quantité importante de configurations possibles des circuits hydrauliques des installations de chauffage en raison :

- de la configuration du bâtiment ou du logement à chauffer ;
- de l'ancienneté de l'installation de chauffage se traduisant par les matériaux et les composants de la boucle à eau chaude (tuyaux, circulateur, régulation, radiateurs...)
- de l'installation de chauffage et le type de générateur utilisé.

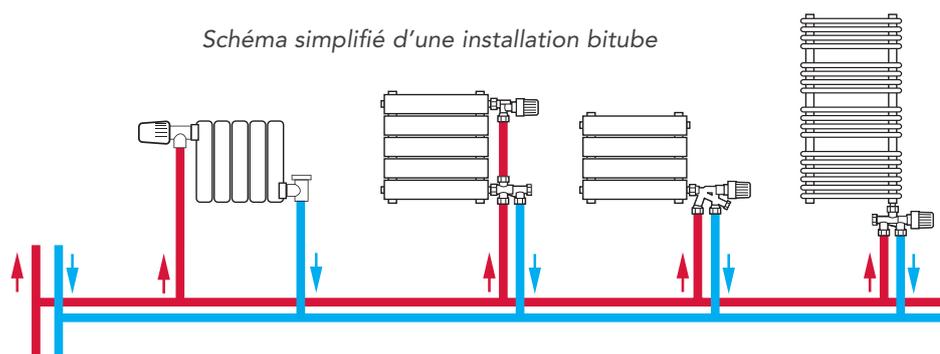
Les deux types d'installations les plus couramment rencontrées sont le circuit bitube et le circuit monotube.

### 2.2.1. Le circuit bitube

Dans le cadre d'une installation bitube, les radiateurs sont montés en parallèle ; les températures d'alimentation sont équivalentes. L'installation bitube est la plus répandue.

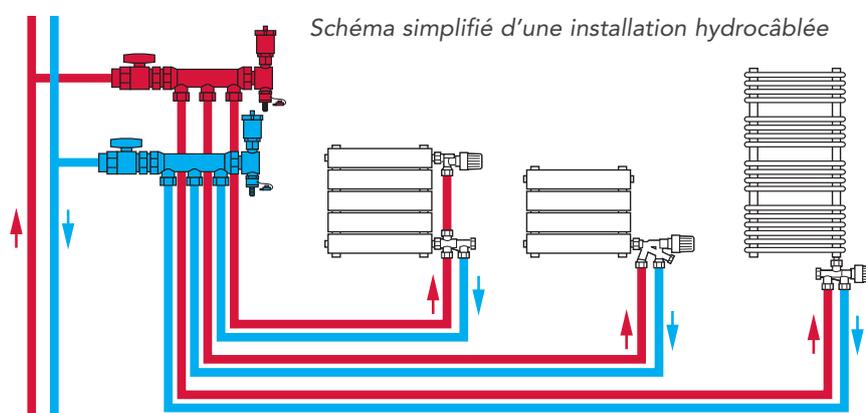
Il existe deux grands systèmes bitube.

#### → Le réseau bitube



#### → Le réseau hydrocâblé

Ce type d'installation se développe de plus en plus dans l'habitat. Elle est principalement constituée d'un collecteur "Départ" et d'un collecteur "Retour" qui centralisent les tuyaux vers les radiateurs ou les émetteurs.

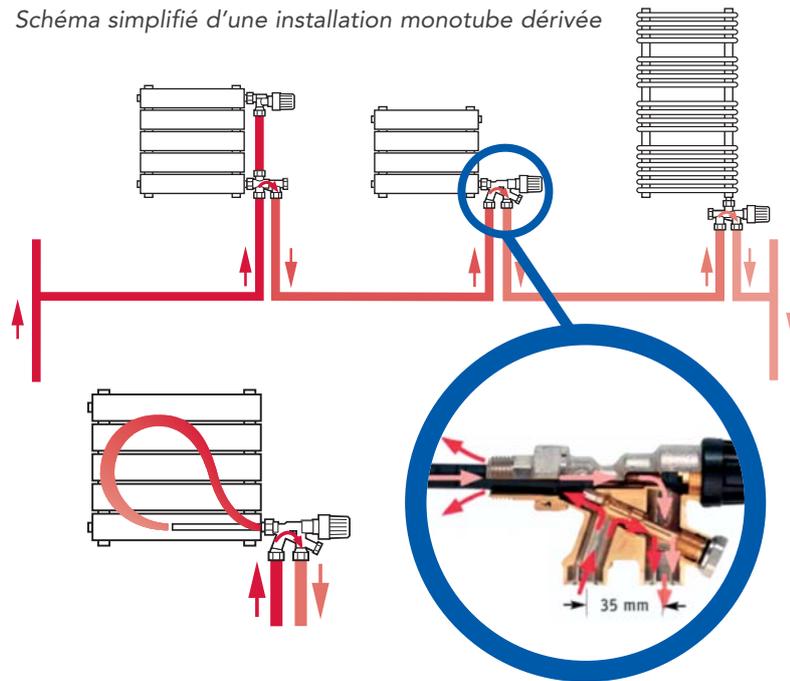


**R**emarque sur l'équilibrage : afin d'assurer une bonne répartition de la chaleur et un bon confort acoustique et thermique, un bon réglage des débits dans chaque radiateur est fortement conseillé. Cette action est appelée l'équilibrage (voir 5.2.5. page 41).

## 2.2.2. Le circuit monotube

### → L'installation monotube dérivée

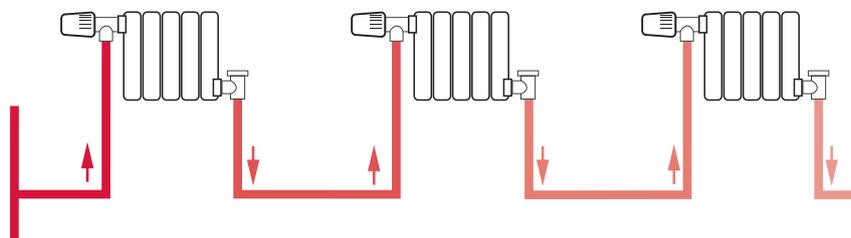
Schéma simplifié d'une installation monotube dérivée



Pour une installation monotube dérivée, un bipass dans la vanne permet de réduire de moitié le débit traversant.

### → L'installation monotube série

Schéma simplifié d'une installation monotube série



Dans le cas d'une installation monotube série, la totalité du débit traverse chaque radiateur.

## 2.3. La régulation

La régulation consiste à adapter la température intérieure de confort en fonction des besoins de chauffage. Il convient de distinguer la régulation centrale, agissant sur le fonctionnement du générateur et la régulation terminale équipant les émetteurs.

### 2.3.1. Régulation centrale

#### 2.3.1.1. Régulation tout ou rien avec Thermostat d'ambiance

La régulation peut être réalisée avec l'utilisation d'un thermostat d'ambiance à action sur le brûleur ou sur la chaudière avec un fonctionnement en tout ou rien. Selon les périodes d'occupation ou d'inoccupation (jour ou nuit), l'utilisation d'une horloge permet d'avoir différentes allures de fonctionnement (confort, économique).

#### 2.3.1.2. Régulation modulante en fonction de la température intérieure

La régulation progressive de la température ambiante peut être réalisée par l'utilisation d'une sonde d'ambiance avec régulateur et horloge incorporés à action sur le brûleur modulant de la chaudière. L'action sur le brûleur est fonction de l'écart entre la température ambiante et la température de consigne.

#### 2.3.1.3. Régulation en fonction de la température extérieure

La régulation avec une sonde externe permet d'ajuster la puissance du générateur aux besoins de chauffage en fonction de la température extérieure. Cela représente la solution la plus performante.

Elle peut être utilisée avec :

- une action sur une vanne mélangeuse trois voies ;
- une action sur une vanne mélangeuse trois voies ainsi que sur le brûleur.

# de chauffage

## 2.3.2. Régulation terminale

La régulation terminale complète la régulation centrale. Les émetteurs sont équipés de robinets thermostatiques qui régulent automatiquement l'émission de chaleur dans les pièces concernées pour tenir compte des apports gratuits et des habitudes des occupants.

**Remarque :** Dans la pièce où est situé le thermostat ou la sonde d'ambiance, le ou les émetteurs ne doivent pas être équipés de robinets thermostatiques pour ne pas influencer la régulation centrale.

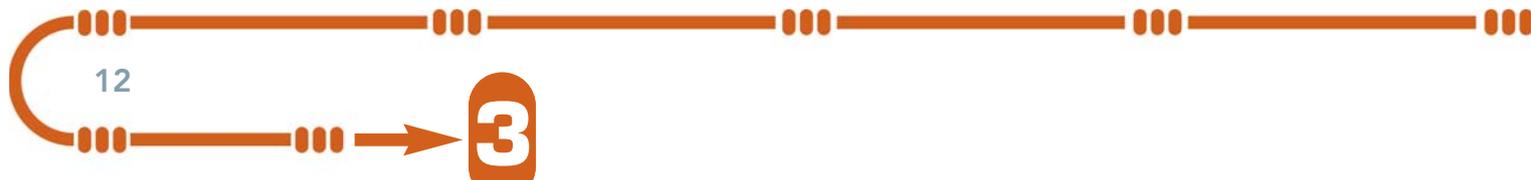
Un robinet thermostatique a pour principales caractéristiques :

- dimensionnement et géométrie (diamètre, forme, raccordement tuyau...)
- hydraulique – valeur du Kv
- thermique – selon la norme EN215 : hystérésis, conductivité thermique, influence de la pression, temps de réponse, variation temporelle pour la réglementation thermique.

Dans le cadre de la réglementation thermique sur la performance de la régulation par robinets thermostatiques, l'AFNOR certifie la valeur de la VARIATION TEMPORELLE (VT) des robinets thermostatiques, qui correspond à la précision de la régulation. La VT est donc un paramètre déterminant au regard de la consommation énergétique du bâtiment.

**VT réduite de 1K = gain de 10% de la consommation**

La liste des produits certifiés est disponible sur le site de CERTITA : [www.certita.org/autres-produits](http://www.certita.org/autres-produits).



12

# les radiateurs

Aujourd'hui, des nombreux types de radiateurs à eau chaude existent sur le marché du chauffage central. Ces radiateurs sont fabriqués dans différents matériaux dont les plus courants sont l'acier, la fonte et l'aluminium.

Ce chapitre est composé d'un certain nombre de tableaux qui présentent un éventail étendu de radiateurs et facilitent la consultation de leurs données de référence.

## 3.1. Les caractéristiques

La puissance des radiateurs est mesurée selon la norme européenne EN442. Pour la déterminer, trois points d'essais sont réalisés dans une cellule normalisée :

- 1<sup>er</sup> essai avec un régime de 75/65°C pour déterminer le débit d'eau nominal ;
- 2<sup>ème</sup> essai avec une température moyenne de l'eau de 80°C et le débit d'eau obtenu lors du 1<sup>er</sup> essai ;
- 3<sup>ème</sup> essai avec une température moyenne de l'eau de 50°C et le débit d'eau obtenu au 1<sup>er</sup> essai.

Ces 3 essais permettent de déterminer l'équation caractéristique du radiateur :

$$P = K \times \Delta T^n$$

Dans cette formule :

- P est la puissance du radiateur exprimée en watt,
  - K est une constante,
  - n est la pente d'émission du radiateur,
  - $\Delta T$  est la différence entre la température moyenne de l'eau du radiateur et la température d'ambiance.
- } Ces deux valeurs étant déterminées par essais en cellule d'essais normalisée

Cette équation caractéristique permet de calculer pour un radiateur, sa puissance nominale P50, sa puissance P30 et ses puissances pour tout autre régime d'eau.

## 3.2. Les différents types

Pour les principaux types de radiateurs, les tableaux suivants présentent :

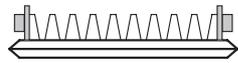
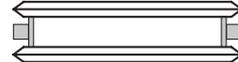
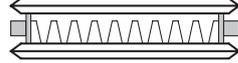
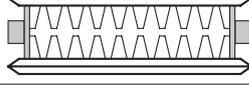
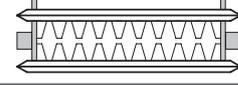
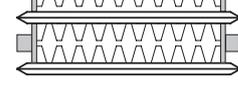
- leurs dimensions ;
- une valeur moyenne de leur puissance nominale par m<sup>2</sup> de surface frontale (H\*L) pour une température d'eau moyenne dans le radiateur de 70°C soit un écart de 50K par rapport à l'ambiance ( $\Delta T$ ), puissance dénommée P50 ;
- une valeur moyenne de leur puissance par m<sup>2</sup> de surface frontale (H\*L) pour une température d'eau moyenne dans le radiateur de 50°C soit un écart de 30K par rapport à l'ambiance ( $\Delta T$ ), puissance dénommée P30 ;
- leur pente d'émission permettant d'obtenir la puissance émise pour d'autres températures d'eau dans le radiateur.

Les radiateurs à eau chaude sont titulaires du marquage CE au titre de la directive 89/106/CEE portant sur les produits de construction. La norme harmonisée associée est la norme européenne EN442 dont la révision prévoit l'annonce des puissances émises à P50 et à P30.

En compléments du marquage CE, les radiateurs à eau chaude font majoritairement l'objet d'une certification volontaire NF Radiateurs et Convecteurs à eau chaude garantissant les performances annoncées par les fabricants. Les fabricants titulaires de cette marque NF se voient attribuer un numéro de fabricant par CERTITA qui gère cette certification.

Les données précises concernant les dimensions et les performances des radiateurs sont disponibles dans la base de données de l'Association Technique des Industries Thermiques et Aérauliques (ATITA), à l'adresse [www.rt2005-chauffage.com](http://www.rt2005-chauffage.com) et sur les sites Internet des différents fabricants.

## → Radiateurs en acier horizontaux

Type de radiateurs	Illustration	Dimensions	Puissance P50 (W/m <sup>2</sup> )	Puissance P30 (W/m <sup>2</sup> )	Pente (n) d'émission moyenne	
Panneaux acier horizontaux	Type 10		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hauteur de 0,3 à 1 m</li> <li>• Longueur jusqu'à 3 m</li> <li>• Profondeur variable suivant le nombre de panneaux compris entre 30 mm pour un type 10 et 160 mm pour un type 33.</li> </ul>	1 030	530	1,3
	Type 11			1 570	800	1,32
	Type 20			1 670	860	1,31
	Type 21			2 220	1 120	1,33
	Type 22			2 900	1 460	1,34
	Type 32			3 060	1 520	1,37
	Type 33			4 100	2 100	1,34

} Puissance en watt par m<sup>2</sup> de surface frontale

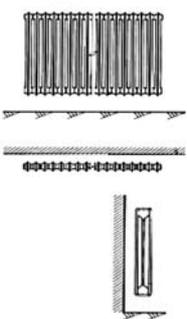
### → Radiateurs en acier verticaux

Type de radiateurs	Illustration	Dimensions	Puissance P50 (W/m <sup>2</sup> )	Puissance P30 (W/m <sup>2</sup> )	Pente (n) d'émission moyenne
Panneaux acier verticaux	Type 10	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hauteur de 1,5 à 2,4 m</li> <li>• Largeur ~ 60 cm</li> </ul>	800	400	1,3
	Type 11		1 240	650	1,29
	Type 20		1 300	660	1,33
	Type 21		1 770	900	1,33
	Type 22		2 200	1 110	1,34

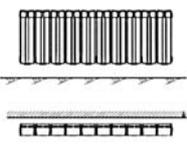
  
 Puissance en watt par m<sup>2</sup> de surface frontale

# 3 les radiateurs

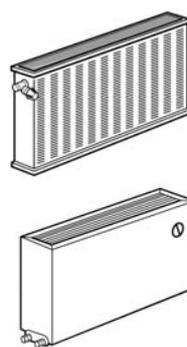
→ Radiateurs en fonte, en aluminium à eau chaude et convecteurs

Type de radiateurs	Illustration	Dimensions	Puissance		Pente (n) d'émission moyenne	
			P50 (W/m <sup>2</sup> )	P30 (W/m <sup>2</sup> )		
Radiateurs en fonte		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hauteurs de 300 mm à 1 m</li> <li>• Longueurs très variables de 300 mm à 1,2 m environ</li> <li>• Profondeurs également variables, allant de 2 à 6 colonnes soit de 40 à 250 mm</li> </ul>	2 col	1 600	800	1,32
			3 col	2 300	1 150	
			4 col	2 700	1 350	
			5 col	3 400	1 700	
			6 col	3 800	1 900	

Puissance en watt par m<sup>2</sup> de surface frontale

Type de radiateurs	Illustration	Dimensions	Puissance		Pente (n) d'émission moyenne	
			P50 (W/m <sup>2</sup> )	P30 (W/m <sup>2</sup> )		
Radiateurs en aluminium horizontaux		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hauteurs de 300 à 900 mm environ</li> <li>• Longueur dépendante du nombre d'éléments mais généralement comprise entre 800 mm et 1,2 m</li> <li>• Profondeurs de 80 et 95 mm</li> </ul>	Pf = 80	2 480	1 250	1,34
			Pf = 95	2 750	1 400	1,34
			Pf = 140	3 330	1 700	1,31

Puissance en watt par m<sup>2</sup> de surface frontale

Type de radiateurs	Illustration	Dimensions	Puissance		Pente (n) d'émission moyenne	
			P50 (W/m <sup>2</sup> )	P30 (W/m <sup>2</sup> )		
Convecteurs à eau chaude		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Echangeur à ailettes simple ou double dans un carter</li> <li>• Longueur : 1 à 3 m</li> <li>• Hauteur 0,2 à 1 m</li> <li>• Profondeur : 120 à 220 mm</li> </ul>	Pf = 120 éch simple	1 500	770	1,3
			Pf = 170 éch simple	2 330	1 200	
			Pf = 220 éch simple	3 100	1 600	
			Pf = 120 éch double	1 820	870	1,45
			Pf = 170 éch double	2 760	1 320	
			Pf = 220 éch double	3 970	1 900	

Puissance en watt par m<sup>2</sup> de surface frontale

## → Radiateurs décoratifs et sèche-serviettes

Type de radiateurs	Illustration	Dimensions	Puissance		Pente (n) d'émission moyenne	
			P50 (W/m <sup>2</sup> )	P30 (W/m <sup>2</sup> )		
Radiateurs à tubes plats-horizontaux  Panneaux décoratifs		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hauteurs de 70 mm à 1 m</li> <li>• Longueur environ 1 m</li> <li>• Simple (sans ailette)</li> <li>• Simple avec ailette</li> <li>• Double (2 série d'ailettes)</li> </ul>	Simple sans ailettes	1 100	550	1,3
			Simple avec ailettes	1 650	850	
			Double	2 200	1 130	
Radiateurs à tubes plats – verticaux  Panneaux décoratifs		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hauteurs de 500 mm à 3 m</li> <li>• Largeur entre 600 mm et 1 m</li> <li>• Profondeur 15 à 60 mm</li> <li>• Simple (sans ailette)</li> <li>• Double (sans ailettes)</li> </ul>	Simple	1 100	550	1,32
			Double	1 600	820	

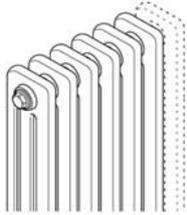
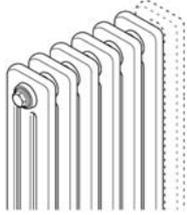
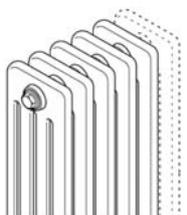
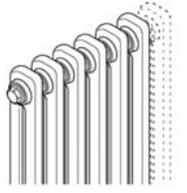
Puissance en watt par m<sup>2</sup> de surface frontale

Type de radiateurs	Illustration	Dimensions	Puissance		Pente (n) d'émission moyenne	
			P50 (W/m <sup>2</sup> )	P30 (W/m <sup>2</sup> )		
Radiateurs à tubes ronds horizontaux		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hauteurs de 70 mm à 1 m</li> <li>• Longueur environ 1 m</li> <li>• Simple ou Double</li> </ul>	Simple	1 300	700	1,3
			Double	2 000	1 030	
Radiateurs à tubes ronds verticaux		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hauteurs de 500 mm à 3 m</li> <li>• Largeur entre 600 mm et 1m</li> <li>• Profondeur 15 à 60 mm</li> <li>• Simple</li> <li>• Double</li> </ul>	Simple	1 300	700	1,3
			Double	2 000	1 030	
Radiateurs sèche serviettes		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hauteurs de 500 mm à 2 m</li> <li>• Largeur entre 400 mm et 1 m</li> <li>• Profondeurs 25 à 50 mm</li> </ul>	950	500	1,25	

Puissance en watt par m<sup>2</sup> de surface frontale

## 3 les radiateurs

### → Radiateurs multi colonnes et plissés

Type de radiateurs	Illustration	Dimensions	Puissance P50 (W/m <sup>2</sup> )	Puissance P30 (W/m <sup>2</sup> )	Pente (n) d'émission moyenne
<b>Radiateur multi colonnes acier</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 colonnes largeur 0,5 m à 1 m</li> <li>• Hauteur 0,6 m à 0,75 m</li> <li>• Profondeur 62 mm</li> </ul>	1 570	800	1,3
<b>Radiateur multi colonnes acier</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 colonnes largeur 0,6 m à 1 m</li> <li>• Hauteur 0,6 m à 0,75 m</li> <li>• Profondeur 100 mm</li> </ul>	2 100	1 050	1,3
<b>Radiateur multi colonnes acier</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 4 colonnes largeur 0,5 m à 1,5 m</li> <li>• Hauteur 0,6 m à 1,2 m</li> <li>• Profondeur 136 mm</li> </ul>	2 650	1 370	1,3
<b>Radiateurs multi colonnes vertical acier</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hauteur de 1,70 à 2,4 m ~</li> <li>• Largeur ~ 0,5 m</li> <li>• Profondeurs correspondant généralement à deux colonnes soit 50 à 60 mm</li> </ul>	1 420	740	1,28

Puissance en watt par m<sup>2</sup> de surface frontale

Type de radiateurs	Illustration	Dimensions	Puissance (W/m <sup>2</sup> )		Pente (n) d'émission moyenne	
			P50	P30		
<b>Lamellaire Panneau plissé en acier</b>		<p>Ces radiateurs s'apparentent à des radiateurs panneaux.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hauteurs de 250 mm à 1 m</li> <li>• Longueur ~ 3 m</li> <li>• Profondeur : 65, 95 et 120 mm</li> </ul>	Pf = 65	1 900	1 000	1,3
			Pf = 95	2 400	1 250	
			Pf = 120	2 800	1 450	

Puissance en watt par m<sup>2</sup> de surface frontale

## 3.3. Exemple de variation

Exemple de variation de puissance d'un radiateur en fonction de la différence de température entre la température moyenne de l'eau du radiateur et la température d'ambiance :

La puissance nominale correspond à la puissance à P50, 50 étant la différence entre la température moyenne de l'eau du radiateur et la température d'ambiance ( $\Delta T$ ).

En définissant la puissance nominale par P50 pour une différence de température ( $\Delta T$ ) de 50K entre la température moyenne de l'eau du radiateur et la température d'ambiance, la puissance P donnée pour un autre  $\Delta T$  sera déduite de l'expression suivante :  $P / P_{50} = (\Delta T / 50)^n$ , où n est la pente d'émission du radiateur.

Ainsi la température moyenne de l'eau du radiateur a une très forte incidence sur la puissance émise par un radiateur. La Figure 4 présente la variation de puissance thermique par rapport à la puissance P50 pour différents  $\Delta T$  et pour une pente d'émission (n) de 1,3.

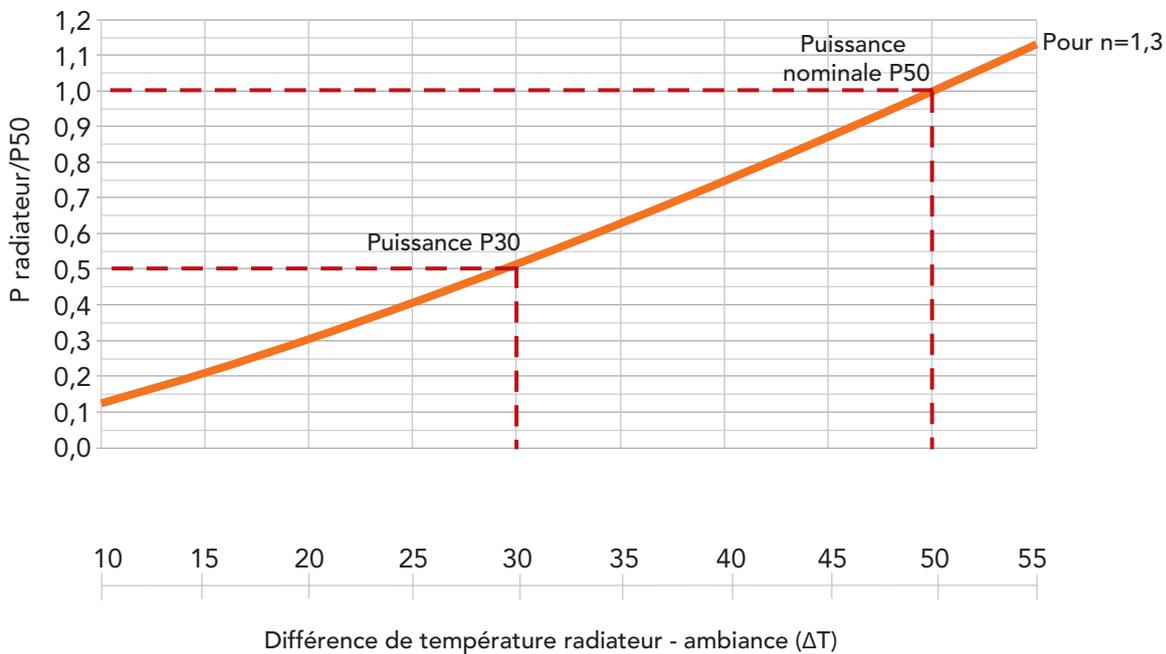


Figure 4 : variation de la puissance P du radiateur (par rapport à P50) en fonction de la différence de température ( $\Delta T$ ) entre la température moyenne de l'eau et la température d'ambiance (avec une pente d'émission (n) de 1,3).

**Remarque :** Les pentes d'émission des émetteurs peuvent varier de 1,25 à 1,4. Cette plage se traduit par une variation maximale de 4% de la puissance émise.

# évaluation de l'installation

La partie suivante décrit les principes d'une méthode d'évaluation pour une installation de chauffage bitube ou une installation de chauffage monotube.

L'objectif de l'évaluation est de déterminer la température optimale de départ du chauffage en s'appuyant sur un outil informatique. La méthode d'évaluation se décline en 5 étapes pour lesquelles correspondent à chacune un onglet du logiciel.



Le logiciel pour l'installation bitube est mis à disposition sur le site Internet d'Energies et Avenir et peut être téléchargé sur [www.energies-avenir.fr](http://www.energies-avenir.fr).

Le logiciel pour l'installation monotube peut être obtenu auprès de CARDONNEL Ingénierie sur [www.cardonnel.fr](http://www.cardonnel.fr).

**Ces aides informatiques ont été développées par Cardonnel Ingénierie et doivent être utilisées uniquement dans le cadre de l'application du Guide. Elles ne peuvent se substituer à d'autres calculs réglementaires.**

## 4.1. Présentation générale de l'outil pour les installations bitube

L'outil informatique de calcul est composé de cinq onglets correspondant aux cinq étapes :

- projet
- déperditions
- installation de chauffage
- distribution
- optimisation

Les cases en jaune sont les cases de données à remplir alors que les cases en orange ne doivent pas être modifiées manuellement. Les boutons  indiquent des aides à la saisie.

# existante

## 4.1.1. Première étape : description du “Projet”

Cet onglet permet de définir les caractéristiques générales du bâtiment, en termes de données géographiques et d'enveloppe :

1. **Identification de l'étude** : description propre à l'étude, n'ayant aucun impact sur le reste de l'outil (nom, date, auteur...).

2. **Données géographiques** : l'utilisateur sélectionne le département et l'altitude du bâtiment.

Ces données permettent de définir la température extérieure de base correspondante.

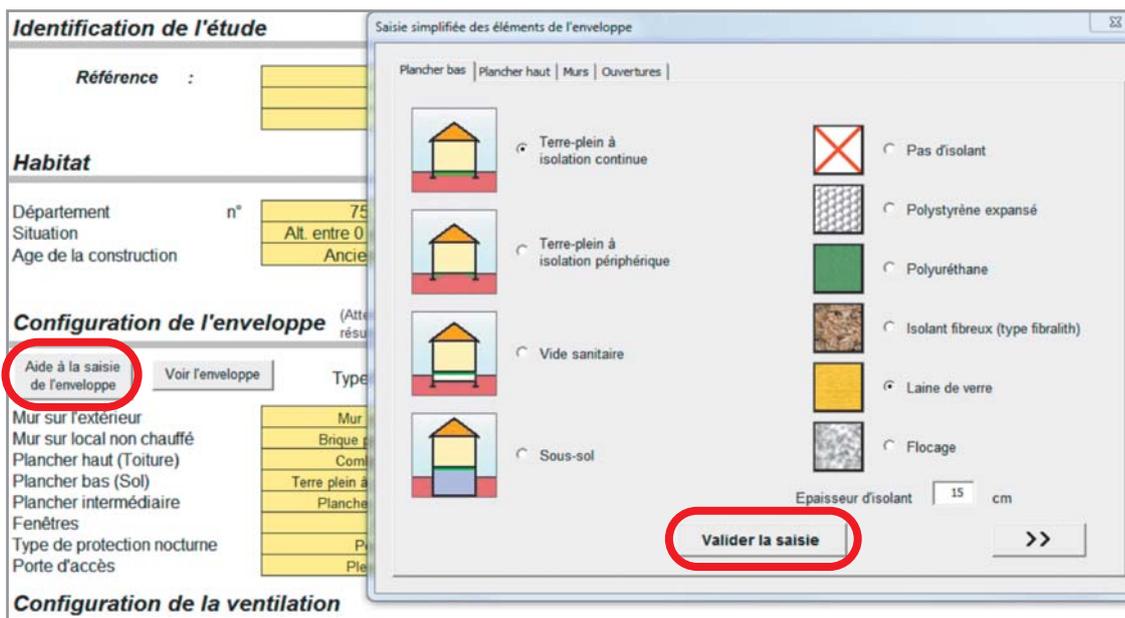
Toutefois, l'utilisateur peut également imposer cette température extérieure de base en cliquant sur le bouton **Travailler avec une autre Text de base**.

3. **Configuration de l'enveloppe**. L'utilisateur a deux choix :

- définir l'enveloppe, paroi par paroi, à l'aide des curseurs en choisissant à chaque fois la structure porteuse et le type d'isolant ;

- définir l'enveloppe en cliquant sur le bouton **Aide à la saisie de l'enveloppe**.

L'utilisateur sélectionne ainsi, paroi par paroi, la configuration du bâtiment ainsi que le type et l'épaisseur d'isolant. Cette option peut notamment être choisie lorsque les épaisseurs des isolants ne sont pas parfaitement définies avec les curseurs. Les valeurs sont ensuite automatiquement sauveées en cliquant sur le bouton **Valider la saisie**.



Les conductivités thermiques et les résistances de l'isolant, ainsi que le coefficient de déperdition de la paroi sont calculées. Il est ensuite possible d'avoir un récapitulatif des coefficients de déperditions de l'enveloppe en cliquant sur le bouton [Voir l'enveloppe](#).

The screenshot shows a software interface for 'Habitat'. On the left, there are input fields for 'Département', 'Situation', and 'Age de la construction'. Below these is a section titled 'Configuration de l'enveloppe' with a list of components: 'Mur sur l'extérieur', 'Mur sur local non chauffé', 'Plancher haut (Toiture)', 'Plancher bas (Sol)', 'Plancher intermédiaire', 'Fenêtres', 'Type de protection nocturne', and 'Porte d'accès'. A button labeled 'Voir l'enveloppe' is circled in red. On the right, a window titled 'Informations - Coefficients U des parois' displays a cross-section of a house with U-values for various components: 0,24 for the roof, 0,21 for a window, 0,52 for an exterior wall, 4,2 for an interior wall, and 0,27 for a door.

Il est possible de visionner ou de compléter la base de données des matériaux en cliquant sur le bouton [Base de données Enveloppe](#).

4. **Ventilation** : de la ventilation naturelle à la ventilation double flux avec récupération de chaleur. Les différents types de ventilation sont détaillés au niveau du [?](#).

Les tableaux suivants reprennent les coefficients de déperditions moyens des différents types de parois en fonction de l'année de construction en  $W/(m^2.K)$ , selon les 3 zones climatiques (H1, H2, H3). Ils ont été repris de la méthode 3CL de calcul du DPE (Diagnostic de Performance Energétique).

### Mur extérieur

Année de construction	H1		H2		H3	
	"effet joule"	vecteur eau	"effet joule"	vecteur eau	"effet joule"	vecteur eau
< 1975	2,50		2,50		2,50	
de 1975 à 1977	1,00		1,05		1,11	
de 1978 à 1982	0,80	1,00	0,84	1,05	0,89	1,11
de 1983 à 1988	0,70	0,80	0,74	0,84	0,78	0,89
de 1989 à 2000	0,45	0,50	0,47	0,53	0,50	0,56
> 2000	0,40		0,40		0,47	

### Plancher bas

Année de construction	H1		H2		H3	
	"effet joule"	vecteur eau	"effet joule"	vecteur eau	"effet joule"	vecteur eau
< 1975	2,00		2,00		2,00	
de 1975 à 1977	0,90		0,95		1,00	
de 1978 à 1982	0,80	0,90	0,84	0,95	0,89	1,00
de 1983 à 1988	0,55	0,70	0,58	0,74	0,61	0,78
de 1989 à 2000	0,55	0,60	0,58	0,63	0,61	0,67
> 2000	0,40		0,40		0,43	

### Plancher haut / combles aménagés

Année de construction	H1		H2		H3	
	"effet joule"	vecteur eau	"effet joule"	vecteur eau	"effet joule"	vecteur eau
< 1975	2,50		2,50		2,50	
de 1975 à 1977	0,50		0,53		0,56	
de 1978 à 1982	0,40	0,50	0,42	0,53	0,44	0,56
de 1983 à 1988	0,30	0,30	0,32	0,32	0,33	0,33
de 1989 à 2000	0,25	0,25	0,26	0,26	0,30	0,30
> 2000	0,23		0,23		0,30	

### Plancher haut / toitures-terrasses

Année de construction	H1		H2		H3	
	"effet joule"	vecteur eau	"effet joule"	vecteur eau	"effet joule"	vecteur eau
< 1975	2,50		2,50		2,50	
de 1975 à 1977	0,75		0,79		0,83	
de 1978 à 1982	0,70	0,75	0,74	0,79	0,78	0,83
de 1983 à 1988	0,40	0,55	0,42	0,58	0,44	0,61
de 1989 à 2000	0,35	0,40	0,37	0,42	0,39	0,44
> 2000	0,30		0,30		0,30	

## 4.1.2. Deuxième étape : calcul des déperditions

Dans cet onglet, l'utilisateur fait le détail des déperditions, pièce par pièce. Pour cela, il indique les caractéristiques de chaque pièce :

- **type de pièce** : entrée, séjour, cuisine, etc. En fonction de ce type de pièce, les surfaces, hauteur sous plafond et température de consigne sont données automatiquement (valeurs standards)
- **configuration de la pièce** : en fonction du type de pièce, on en déduit si les planchers haut et bas de la pièce sont déperditifs. Les différentes configurations sont présentées en cliquant sur le bouton **Aide**

**Calcul des déperditions**

Données

Type de pièce	-	Entrée	Séjour
Surface de la pièce	m <sup>2</sup>	6,0	25,0
Hauteur sous plafond	m	2,5	2,5
Température intérieure	°C	19	19
Configuration de la pièce	<b>Aide</b>	Plain-pied	RDC
L. de mur sur l'extérieur	m	1,0	6,0
L. de mur sur local non chauffé	m		3,0
S. de porte d'accès	m <sup>2</sup>	2,0	
S. de fenêtre sans volet	m <sup>2</sup>	0,0	0,0
S. de fenêtre avec volets	m <sup>2</sup>	0,0	4,0

Résultats

**Configuration de la pièce**

Plain-pied RDC Dernier niveau Intermédiaire

- **longueur de mur sur l'extérieur** : longueur de mur donnant sur l'extérieur. Si une pièce de 4x4 m donne sur l'extérieur sur trois façades et que la dernière façade donne sur un local non chauffé, cette distance sera égale à 12 m
- **longueur de mur sur local non chauffé** : longueur de mur donnant sur un local non chauffé. En reprenant l'exemple ci-dessus, cette longueur sera égale à 4 m
- **surface de porte d'accès** : surface des portes donnant sur l'extérieur
- **surface de fenêtre sans volet** : surface des fenêtres donnant sur l'extérieur ne comportant pas de protections solaires
- **surface de fenêtre avec volets** : surface des fenêtres donnant sur l'extérieur et comportant des protections solaires

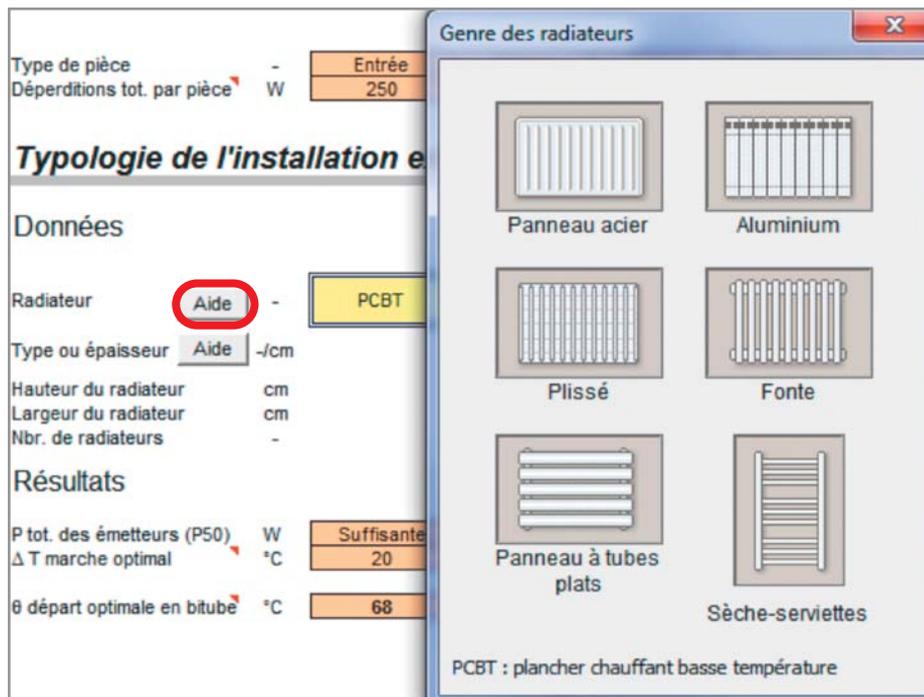
A partir de ces données, les déperditions de chaque pièce sont calculées puis additionnées pour obtenir les déperditions totales du bâtiment.

### 4.1.3. Troisième étape : installation de chauffage

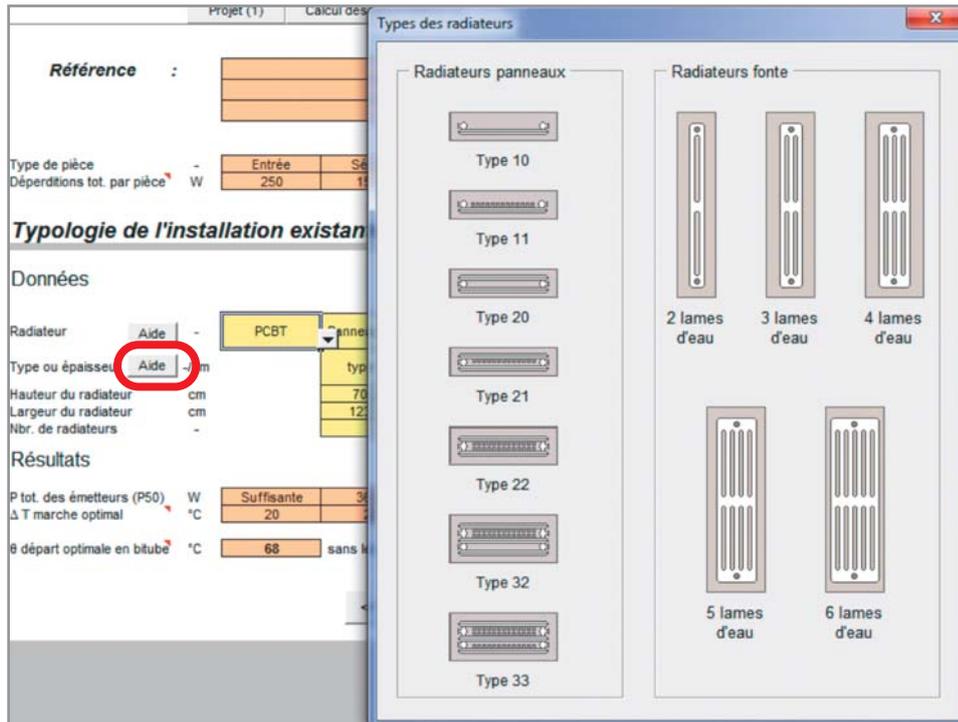
Cet onglet permet de décrire le type d'émission présent dans chaque pièce et d'obtenir le dimensionnement de l'installation de chauffage (température d'émission) sans la prise en compte des pertes de distribution. On y retrouve les différentes pièces décrites précédemment, ainsi que leurs déperditions correspondantes.

L'utilisateur va ensuite indiquer les types d'émetteurs de chaque pièce. A noter qu'une pièce ne peut comporter qu'un seul type d'émetteur. Doivent être indiqués :

- la **catégorie de l'émetteur** : ces catégories sont répertoriées en cliquant sur le premier bouton **Aide**



- le type ou l'épaisseur de l'émetteur (les types correspondent directement à la catégorie sélectionnée juste avant) : ces types sont répertoriés en cliquant sur le deuxième bouton **Aide**.



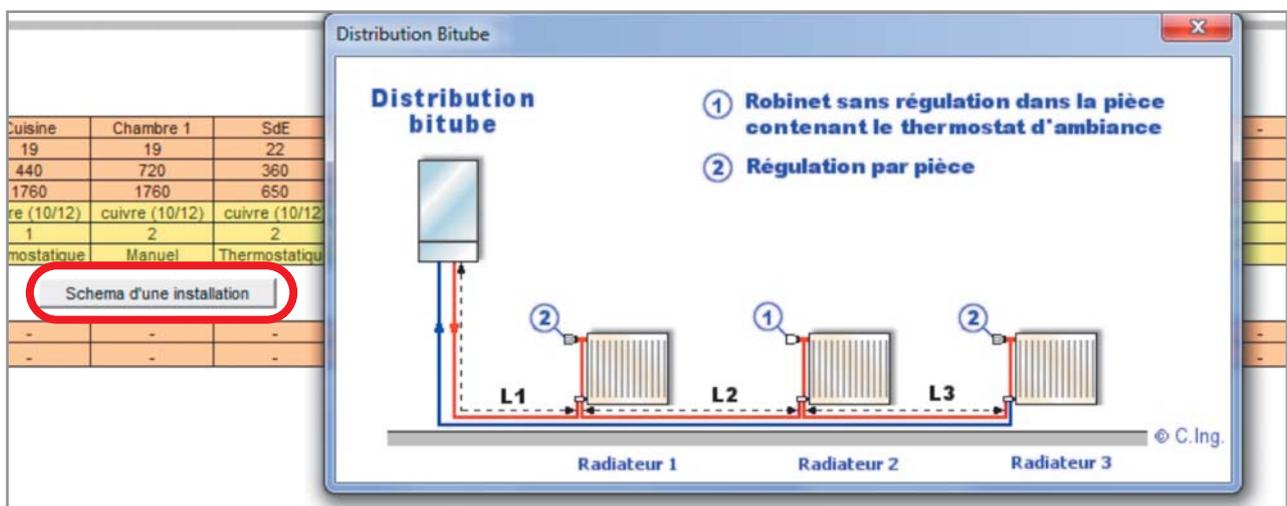
- les dimensions de l'émetteur (unitaire) et le nombre d'émetteurs (hormis pour le PCBT)

A partir de ces données, sont calculés :

- la puissance P50 des émetteurs (puissance nominale en kW, pour un écart  $\Delta T$  de 50K avec la température ambiante),
- le delta de température à marche optimale,
- et la température de départ optimale en bitube (sans les pertes de distribution), déterminée à partir du delta de température le plus élevé des différentes pièces.

## 4.1.4. Quatrième étape : distribution

Dans cet onglet, on dimensionne la distribution de chaque pièce. Pour cela, l'utilisateur indique, pièce par pièce, le type de tube, la longueur du circuit aller et le type de robinet. Un exemple de schéma d'installation est représenté en cliquant sur le bouton **Schéma d'une installation** pour montrer l'ensemble des données à indiquer.



L'installation de chauffage est ensuite redimensionnée en fonction de cette distribution, notamment au niveau des températures de départ et de retour ainsi qu'au niveau des débits.

Le delta de pression d'équilibrage est calculé lorsqu'il n'y a pas de plancher chauffant afin de bien équilibrer l'ensemble des émetteurs.

## 4.1.5. Cinquième étape : optimisation

Dans ce dernier onglet, l'utilisateur vérifie la cohérence entre une température de départ imposée et le dimensionnement des émetteurs. Deux possibilités s'offrent à lui :

- il conserve les types d'émetteurs décrits précédemment : l'outil calcule alors la taille minimale de l'émetteur permettant d'avoir la température de départ indiquée,
- il choisit de modifier intégralement l'émetteur d'une pièce. Là encore, l'outil calcule les dimensions minimales de l'émetteur.

L'outil indique ensuite si l'émetteur doit être modifié par rapport à la solution d'origine.

Les différentes caractéristiques de l'installation de chauffage sont ensuite indiquées (températures et débits).

## 4.2. Présentation générale de l'outil pour les installations monotube

L'outil informatique de calcul est composé de cinq onglets correspondant aux cinq étapes :

- projet
- déperditions
- installation de chauffage
- distribution
- optimisation

Les cases en jaune sont les cases de données à remplir alors que les cases en orange ne doivent pas être modifiées manuellement. Les boutons  indiquent des aides à la saisie.

### 4.2.1. Première étape : description du "Projet"

L'onglet **Projet** a pour objectif de localiser le projet afin de préciser les conditions climatiques auxquelles le bâtiment est soumis.

1. **Identification de l'étude** : description propre à l'étude, n'ayant aucun impact sur le reste de l'outil (nom, date, auteur...)

2. **Situation de l'habitat** : le type de logement définit la configuration des planchers (pour un bâtiment de plus de deux étages il faut choisir "logement collectif"). L'âge de la construction permet de définir le défaut d'isolation.

**Remarque** : si la localisation est mal définie, le message d'erreur "Cette situation est inconnue" apparaît. Ceci signifie que l'altitude ou la situation est incompatible avec le département (ex : côtes < 25 km dans la Seine-et-Marne [77]).

3. **Configuration de l'enveloppe** : la configuration de l'enveloppe permet de décrire rapidement le niveau d'isolation. Sans cette partie il est évidemment impossible de dimensionner une installation de chauffage. La qualité du résultat obtenu dépend fortement de la précision des données saisies à cet endroit. Pour obtenir un récapitulatif des coefficients de déperditions de l'enveloppe, veuillez cliquer sur **Voir l'enveloppe** .

**Identification de l'étude** le 14 octobre 2010

Référence :

---

**Situation de l'habitat**

Type de logement	Maison individuelle	
Département	n° 1	Ain
Situation	Alt. entre 0 et 200 m	T ext de base -10 °C
Age de la construction	Récen	Enveloppe

H1




---

**Configuration de l'enveloppe**

Voir l'enveloppe Type/

Mur sur l'extérieur	Béto
Mur sur local non chauffé	Béto
Plancher haut	Toiture ter
Plancher bas	Terre plein à isc
Plancher intermédiaire	Plancher
Fenêtres	F
Type de protection nocturne	Volet
Porte d'accès	Porte



mur est donnée à  
if pour une pièce  
ayant deux murs  
ur.

---

**Configuration de la ventilation**

## 4.2.2. Deuxième étape : calcul des déperditions

Les données saisies dans cette partie seront par la suite utilisées pour contrôler si le radiateur en place est compatible avec l'isolation et la pièce.

Dans le but de réduire le temps de saisie, un maximum d'entrées par défaut sont présentés à ce niveau de définition du projet. Les entrées par défaut apparaissent automatiquement au moment de la saisie du type de pièce. Elles peuvent être modifiées à volonté mais à partir du moment où l'utilisateur a saisi, lui-même, une donnée à la place d'une entrée par défaut, cette entrée ne proposera plus de valeur par défaut par la suite (même si on modifie le type de pièce).

**Configuration de la pièce :** elle permet de savoir si le local a des déperditions vers le sol ou le toit.

**Nombre de mur sur l'extérieur ou sur LNC (local non chauffé) :** permet de calculer les quantités de surfaces déperditives. Si on saisit un mur sur l'extérieur cela signifie que un quart des murs de la pièce donnent sur l'extérieur. Afin de rendre les calculs plus précis, on peut saisir jusqu'à 3,5 murs au total (pour une pièce) par pas de 0,5 murs (0 ; 0,5 ; 1 ; 1,5...)

**Résultats :** la dernière ligne affiche les résultats bruts des déperditions de chaque pièce (déperditions par renouvellement d'air et déperditions par les parois)

**Remarque :** dans le cas où il n'y aurait pas de cohérence entre les données saisies dans l'onglet **Projet** et celles de l'onglet **Calcul des déperditions**, plusieurs messages d'erreurs seront affichés (ex : si il est saisi un mur sur local non chauffé et qu'aucune configuration de mur sur local non chauffé existe, il apparaît "Il faut saisir au moins une structure de mur sur LNC dans l'onglet 'projet'.").

### 4.2.3. Troisième étape : installation de chauffage

L'objectif de cet onglet est de savoir si le radiateur installé dans la pièce est correctement dimensionné par rapport aux performances thermiques de celle-là. La méthode consiste à décrire le radiateur afin d'en estimer ses performances pour les comparer aux déperditions de la pièce.

<b>Typologie de l'installation existante</b>									
<b>Données</b>									
Radiateur	-	Panneau acier	Panneau acier	Panneau acier	Panneau acier	Panneau acier	Panneau acier	Panneau acier	Panneau acier
Type ou épaisseur	-/cm	type 22	type 33	type 22	type 22	type 20	type 21	type 22	type 21
Hauteur du radiateur	cm	50 cm	60 cm	60 cm	60 cm	60 cm	60 cm	60 cm	60 cm
Largeur du radiateur	cm	60 cm	120 cm	120 cm	120 cm	60 cm	100 cm	120 cm	100 cm
Nbr. de radiateurs	-	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>Résultats</b>									
P émetteur (P50)	W	930	3140	2160	2160	580	1320	2160	1320
$\Delta T$ marche optimal	°C	41	48	37	42	36	55	28	43
$\theta$ départ optimale en bitube	°C	83 sans les pertes distribution							

**Données** : quatre caractéristiques principales du corps de chauffe devraient être saisies afin de réaliser cette évaluation :

- **radiateur** : définir son genre (panneau acier, fonte...)
- **type ou épaisseur** : saisir l'épaisseur caractéristique, nombre de lame d'eau, son nombre de rangées d'ailettes et de panneaux
- **hauteur du radiateur**
- **largeur du radiateur**

**Résultats** : les résultats présentent en premier lieu la puissance P50 du radiateur et la chute de température optimale (si une pièce a été saisie).

## 4.2.4. Quatrième étape : distribution

Cette feuille permet de décrire une distribution de chauffage monotube comprenant une ou deux boucles. Pour chaque boucle, le nombre de pièces desservies est de 7 maximum car une boucle qui dessert plus de 7 pièces ne fonctionne pas correctement.

Il y a deux niveaux pour saisir les données, le premier concerne l'installation et le deuxième le radiateur dans la pièce :

température de départ	}	concernent l'installation
type d'isolant / de pose		
type de tube		

Dans un premier temps il faut choisir la température de départ de la chaudière, le type d'isolation ou le type de tube et sa pose.

longueur de circuit aller	}	concernent le radiateur dans la pièce
type de robinet		
boucle		
n° du radiateur dans la boucle		

Par la suite, la description portant sur le radiateur dans la pièce permet de renseigner le numéro de la boucle à laquelle appartient le radiateur, la place du radiateur dans la boucle et la "longueur du circuit aller" correspondant à la longueur qui sépare le radiateur étudié de l'organe qui le précède (la chaudière pour le premier radiateur et le radiateur précédent pour les autres).

Un exemple de schéma d'installation est représenté en cliquant sur le bouton **Schéma d'une installation** afin d'y montrer l'ensemble des données à indiquer.

**Description de la distribution monotube existante**

curseur de choix de la température de départ

**Données**

Température de départ °C 80

Type d'isolant / de pose isolant Classe 1

Type de tube acier (3/4")

Type de pièce	Entrée	Séjour	Cuisine	Chambre 1	SdE	Chambre 2	Chambre 3	Chambre 4
Température intérieure °C	19	19	19	19	22	19	19	19
Déperditions du local W	720	2930	1450	1710	390	1470	1020	1090
P émetteur (P50) W	930	3140	2160	2160	580	1320	2160	1320
Longueur du circuit aller m	6	8	4	4	4	10	6	4
Type de robinet	Thermostatique	Manuel	Thermostatique	Thermostatique	Thermostatique	Thermostatique	Thermostatique	Thermostatique
Boucle	1	1	1	1	1	2	2	2
N° du rad dans la boucle	1	3	2	4	5	1	2	3

**Résultats**

	Boucle 1	Boucle 2
Débit m³/h	0,344	0,171
PdC kPa	14,6	2,4
T aller °C	80	80
T retour °C	62	80
Chute °C	18	18

**Boucle 1**

Type de pièce	Entrée	Cuisine	Séjour	Chambre 1
Déperditions du local W	720	1450	2930	1710
P réelle du radiateur W	1175	2575	3283	1944
Rad. suffisamment dimensionné	OUI	OUI	OUI	OUI
N° du radiateur dans la boucle	1	2	3	4

**Boucle 2**

Type de pièce	Chambre 2	Chambre 3	Chambre 4	-
Déperditions du local W	1470	1020	1090	-
P réelle du radiateur W	1558	2209	1174	-
Rad. suffisamment dimensionné	OUI	OUI	OUI	-
N° du radiateur dans la boucle	1	2	3	-

**Schéma d'une installation**

**Distribution Monotube**

Chaudière

1 Robinet sans régulation dans la pièce contenant le thermostat d'ambiance

2 Régulation par pièce

Radiateur 1 Radiateur 2 Radiateur 3

**Remarque :** la saisie de ce mode de distribution est aidée par plusieurs messages d'erreurs qui préviennent sur la présence d'une erreur de numérotation d'une boucle en précisant dans quelle boucle se trouve cette erreur (les erreurs consistent en un saut d'un radiateur, plusieurs radiateurs qui auraient une place identique dans une même boucle...).

Un autre message d'erreur permet d'alerter que les pertes de charges dans une boucle sont trop importantes. Ce message n'apparaît que lorsque les pertes des charges d'une boucle sont supérieures à 40 kPa car une valeur supérieure imposerait le surdimensionnement de la pompe et augmenterait significativement le risque de bruit dans l'installation.

Un dernier message indique à l'utilisateur si certains des radiateurs ne sont pas suffisamment dimensionnés.

**Résultats :** ici sont présentés les résultats en séparant les boucles et en mettant les radiateurs dans l'ordre réel de distribution. Ces résultats généraux de chaque boucle permettent de connaître le débit et les pertes de charges. Ces informations permettront ensuite de choisir le circulateur le mieux adapté à l'installation.

**Boucle 1 et boucle 2 :** dans un second temps, la présentation de chaque boucle permet de confirmer par un "OUI" si le radiateur est suffisamment dimensionné et par un "NON" dans le cas contraire avec et l'affichage de la puissance P50 minimum du radiateur à installer.

## 4.2.5. Cinquième étape : optimisation

Lorsque l'utilisateur arrive sur cette page, il retrouve les données et les résultats des onglets **Installation de chauffage** et de **Distribution**. L'optimisation de la distribution consiste, en général, à un abaissement de la température de départ. C'est donc sur ce premier paramètre que débute le calcul. On retrouve par la suite des saisies déjà connues.

### Optimisation

courseur de choix température départ

Nouvelle température de départ °C 65 < | >

Type d'isolant / de pose - isolant Classe 2

Type de tube - cuivre (16/18)

**Boucle 1**

Type de pièce	-	Entrée	Cuisine	Séjour	Chambre 1	SdE	-
Dépense du local	W	720	1450	2930	1710	390	-
Radiateur	W	Panneau acier	Panneau acier	Panneau acier	Panneau acier	Panneau acier	-
Type ou épaisseur	-	type 22	type 22	type 33	type 22	type 20	-
Hauteur	cm	50	60	60	60	60	-
Nombre de rad	-	1	1	1	1	1	-
Type de robinet	-	Thermostatique	Thermostatique	Manuel	Thermostatique	Thermostatique	-
N° du radiateur dans la boucle	-	1	2	3	4	5	-
Largeur du nouveau radiateur	cm	53	97	154	151	76	-
P50 du nouveau radiateur	W	817	1743	4034	2718	743	-
Changement de rad. nécessaire	-	NON	NON	OUI	OUI	OUI	-

**Boucle 2**

Type de pièce	-	Chambre 2	Chambre 3	Chambre 4	-	-	-
Dépense du local	W	1470	1020	1090	-	-	-
Radiateur	W	Panneau acier	Panneau acier	Panneau acier	-	-	-
Type ou épaisseur	-	type 21	type 22	type 21	-	-	-
Hauteur	cm	60	60	60	-	-	-
Nombre de rad	-	1	1	1	-	-	-
Type de robinet	-	Thermostatique	Thermostatique	Thermostatique	-	-	-
N° du radiateur dans la boucle	-	1	2	3	-	-	-
Largeur du nouveau radiateur	cm	134	79	132	-	-	-
P50 du nouveau radiateur	W	1778	1426	1744	-	-	-
Changement de rad. nécessaire	-	OUI	NON	OUI	-	-	-

**Résultats**

		Boucle 1	Boucle 2
Puissance	kW	7,2	3,6
Débit	m <sup>3</sup> /h	0,459	0,228
PdC	kPa	33,83	5,69
T aller	°C	65,0	65,0
T retour	°C	51,5	51,5
Chute	°C	13,5	13,5

**Nouvelle température de départ** : l'optimisation de la distribution monotube permet de réduire la température de départ de la chaudière. La diminution de cette température permet un accroissement du confort, une baisse des consommations et une réserve de puissance

**Largeur du nouveau radiateur** : cette largeur représente la largeur minimum que doit avoir ce type de radiateur avec la hauteur précisée pour fournir l'énergie nécessaire au local

**Changement de radiateur nécessaire** : le changement de radiateur est nécessaire si les caractéristiques du nouveau radiateur sont différentes de celles inscrites dans **Installation de chauffage**

**Remarque** : en cliquant sur l'onglet **Synthèse**, l'utilisateur a accès à un récapitulatif de l'installation et des données saisies.

# conseils et préconisations

Dans le cadre de l'optimisation d'une installation, la solution à mettre en œuvre dépendra du niveau d'intervention. C'est pourquoi ce chapitre guide le professionnel selon 3 niveaux d'intervention.

## Situation 1 – un dimensionnement des radiateurs sans changement de générateur de chauffage

Cette option s'applique principalement en cas de vétusté mais aussi dans le cas d'une extension du logement. Se référer au chapitre 5.1.

## Situation 2 – un dimensionnement des radiateurs avec changement du générateur de chauffage

Il s'agit de vérifier l'adéquation des radiateurs en place avec le nouveau générateur et d'apprécier l'impact sur la performance de l'installation. Un changement des radiateurs est également proposé afin d'obtenir une performance optimale de l'ensemble de l'installation. Se référer au chapitre 5.2.

## Situation 3 – une création d'une installation à eau chaude dans un bâtiment existant

Dans ce cas, l'évaluation des déperditions, pièce par pièce, fixe la puissance des émetteurs. Les radiateurs sont dimensionnés sur la base d'un  $\Delta T$  de 30K pour favoriser le fonctionnement des générateurs à basse température. Se référer au chapitre 5.3.

## 5.1. Dimensionnement des radiateurs sans changement de générateur de chauffage

Afin de connaître la puissance des nouveaux radiateurs pièce par pièce, on se reportera à l'onglet **Installation de chauffage** de l'outil informatique présenté au chapitre précédent, dans lequel les puissances P50 nécessaires sont fournies. Ces puissances nominales moyennes sont issues des types de radiateurs en place et de leurs dimensions.

Le choix des nouveaux radiateurs pourra se porter sur des familles de radiateurs identiques ou sur d'autres familles. Pour sélectionner les appareils adéquats, on se reportera aux tableaux du chapitre 3 de ce document fournissant les puissances P50 des différentes familles de radiateurs pour effectuer une présélection, puis l'on consultera les catalogues des constructeurs.

Les autres critères à prendre en compte lors du remplacement d'un ou des radiateurs sont ceux liés :

- au choix des radiateurs, leur emplacement et leur raccordement pour obtenir un confort thermique optimal (voir préconisations dans les tableaux en annexe) ;
- au choix de la régulation terminale (chapitre 5.2.4 page 40) ;
- à l'équilibrage de l'installation de chauffage (chapitre 5.2.5 page 41).

# pour la nouvelle installation

## 5.2. Dimensionnement des radiateurs avec changement de générateur de chauffage

### 5.2.1. Choix du type de générateur

Les générateurs concernés sont :

- les chaudières basse température et à condensation ;
- les pompes à chaleur (en substitution ou en relève de chaudière), classées selon le niveau de température de départ de l'eau.

Afin d'orienter le choix du type de générateur, il convient de considérer la température de départ optimale de l'eau issue du diagnostic de l'installation réalisée au chapitre 4. L'onglet **Distribution bitube ou monotube** fournit la température optimale de départ de chauffage. Cette température résulte des déperditions du logement et des radiateurs en place.

Le Tableau 1 indique, en fonction de cette température de départ optimale de l'eau, la compatibilité entre les radiateurs en place et les nouveaux générateurs envisagés.

Tableau 1 : Compatibilité entre les radiateurs en place et le nouveau générateur

Nouveau générateur	Température de dimensionnement de départ de l'eau (°C)*			
	$T_{\text{eau}} \leq 45^{\circ}\text{C}$	$45^{\circ}\text{C} < T_{\text{eau}} \leq 55^{\circ}\text{C}$	$55^{\circ}\text{C} < T_{\text{eau}} \leq 65^{\circ}\text{C}$	$T_{\text{eau}} > 65^{\circ}\text{C}$
Chaudière basse température	OUI	OUI	OUI	OUI
Chaudière à condensation	OUI	OUI	OUI	OUI
PAC BT en substitution	OUI	OUI si changement de radiateurs		
PAC BT en relève de chaudière	OUI	OUI	OUI	OUI
PAC MT en substitution	OUI	OUI si changement de radiateurs		
PAC MT en relève de chaudière	OUI	OUI	OUI	OUI
PAC HT en substitution	OUI	OUI	OUI si changement de radiateurs	
PAC HT en relève de chaudière	OUI	OUI	OUI	OUI
PAC THT en substitution	OUI	OUI	OUI si changement de radiateurs	
PAC THT en relève de chaudière	OUI	OUI	OUI	OUI

\*Températures issues du diagnostic de l'installation existante (onglet **Distribution bitube ou monotube** de l'outil informatique). Elles correspondent aux plages de fonctionnement des générateurs.

## Connaître la puissance P50 des nouveaux radiateurs

### Exemple d'application :

Considérons que l'installation existante nécessite une température de départ optimale de l'eau de 75°C, soit une température moyenne de l'eau dans les émetteurs de 70°C, correspondante à un  $\Delta T$  de 50K.

**Cas n°1** : si on souhaite remplacer la chaudière existante par une pompe à chaleur très haute température sur cette installation, la température de départ optimale de l'eau souhaitée devra être de 65°C au maximum ce qui correspond, avec une chute de 10°C, à une température moyenne de l'eau dans les émetteurs de 60°C, soit un  $\Delta T$  de 40K.

La courbe tracée sur la Figure 5 permet de déterminer que la puissance P50 des nouveaux radiateurs à installer doit être dans le cas n°1 de 1,4 fois la puissance P50 des radiateurs existants.

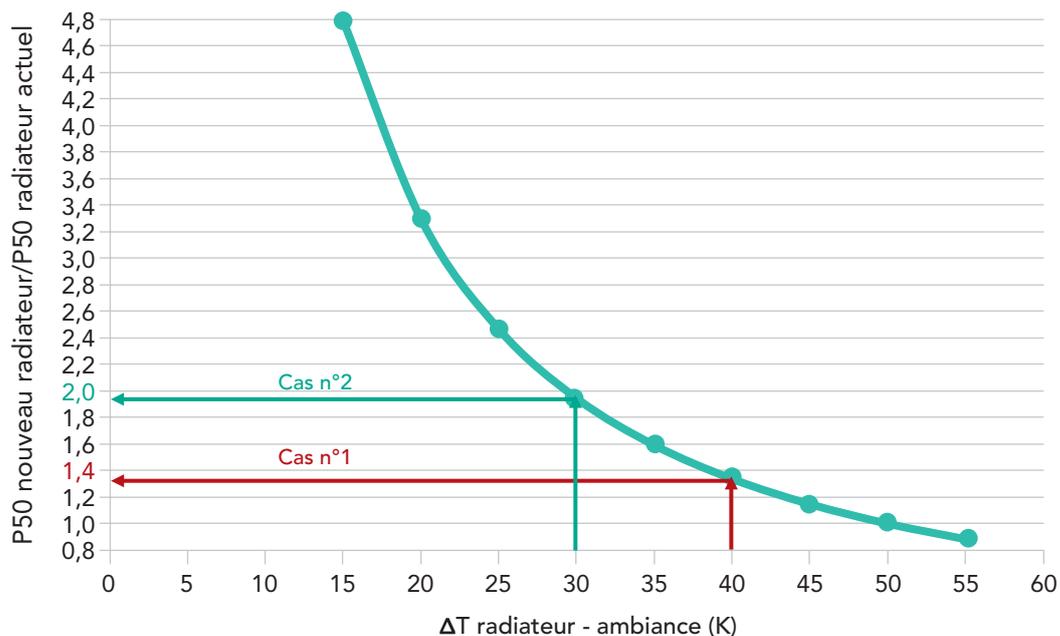


Figure 5 : Détermination de la puissance P50 des nouveaux radiateurs en fonction du  $\Delta T$  prévu pour le redimensionnement des radiateurs

**Cas n°2** : si le choix se porte sur une PAC haute température, il faudra alors viser une température de départ maximale de l'eau de 55°C, soit avec une chute de 10°C, une température moyenne de l'eau dans les émetteurs de 50°C, soit un  $\Delta T$  de 30K.

La courbe tracée sur la Figure 5 permet de déterminer que la puissance P50 des nouveaux radiateurs à installer dans le cas n°2 doit être le double de la puissance P50 des radiateurs existants.

# installation

Suite à l'abaissement de la température de départ, les nouveaux radiateurs seront sélectionnés :

- soit en augmentant les dimensions du radiateur en place ;
- soit en choisissant un type de radiateur de puissance nominale/m<sup>2</sup> plus élevée ;
- soit plus pratiquement par un mixe de ces 2 options.

Il est conseillé d'utiliser l'onglet **optimisation** (bitube ou monotube) de l'outil informatique pour connaître la dimension des radiateurs à changer. Dans ce cas, l'utilisateur entre la température désirée de 55°C comme indiquée dans l'exemple ci-dessus (cas n°2). La feuille de calcul indiquera ensuite les radiateurs à changer avec leurs puissances P50, leur type et leurs nouvelles dimensions comme illustré ci-dessous.

CARDONNEL Ingénierie <i>le confort durable du bâtiment</i>		Optimisation bitube (5)									
		Projet (1)	Calcul des déperditions (2)	Installation de chauffage (3)	Distribution Bitube (4)	Plein écran					
<b>Référence</b>	:	Maison exemple									
<b>Optimisation</b>											
Nouvelle température de départ	°C	55									
Type d'isolant / de pose	-	Sous fourreau									
Pièce	-	Entrée	Séjour	Cuisine	Chambre 1	SdE	Chambre 2	Chambre 3	Chambre 4	Bureau	
Radiateur	-	PCBT	Plissé	Panneau acier	Panneau acier	Panneau acier	Plissé	Panneau acier	Panneau acier	Panneau a	
Type ou épaisseur	-		épaisseur de 6.5 cm	type 33	type 33	type 11	épaisseur de 9.5 cm	type 33	type 20	type 33	
Hauteur du radiateur	cm		70	70	70	70	70	70	70	70	
Nombre	-		1	1	1	1	1	1	1	1	
Ti consigne	°C	19	19	19	19	22	19	19	19	19	
Ti avec le radiateur d'origine	°C	19.0	18.6	19.0	19.0	15.6	11.8	19.0	9.8	19.0	
P tot. émetteur (P50) à installer	W		3006	869	1431	851	1475	1328	1074	1552	
Larg. mini ou(ques) radiateur(s)	cm		231 cm	30 cm	49 cm	79 cm	86 cm	46 cm	97 cm	53 cm	
Radiateur différent de celui d'origine		NON	OUI	OUI	NON	OUI	OUI	NON	OUI	NON	
Dp équilibrage	kPa										
Kv équilibrage sous 100 kPa	m <sup>3</sup> /h										
Débit d'eau pour la pièce	m <sup>3</sup> /h	0.020	0.123	0.035	0.057	0.031	0.053	0.051	0.041	0.058	

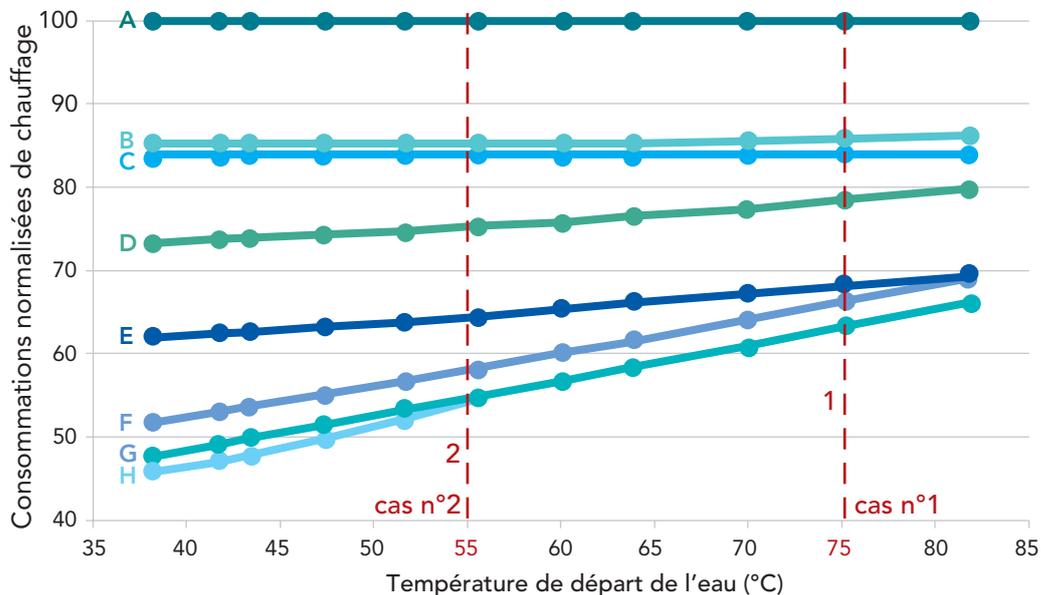
Dans cet exemple, les radiateurs du séjour, de la salle d'eau et des chambres 2 et 4 doivent être remplacés. Leurs nouvelles dimensions et les puissances P50 associées sont fournies.

Pour guider le choix du nouveau générateur, les courbes suivantes fournissent à titre d'exemple les consommations annuelles normalisées de chauffage dans une maison individuelle de 100m<sup>2</sup> conforme à la réglementation thermique de 1989 et localisée en zone climatique H1a (Trappes). Les consommations annuelles normalisées de chauffage en énergie primaire sont données en fonction de la température de départ de l'eau considérée pour le dimensionnement des radiateurs pour chacun des générateurs considérés. La consommation de référence, par convention égale à 100, est celle correspondante à l'utilisation d'une chaudière standard (ou haut rendement) fonctionnant avec une température d'eau constante de 70°C.

## 5 conseils et préconisations pour la nouvelle

Les consommations annuelles normalisées de chauffage portées sur la Figure 6 ont été obtenues à l'aide d'un outil informatique de calcul développé par Cardonnel Ingénierie. Ces courbes permettent de déterminer les consommations normalisées en fonction du type de générateur choisi et de la température de départ de l'eau considérée pour le dimensionnement des radiateurs.

**Remarque :** les performances des générateurs retenues pour ces calculs de consommations annuelles normalisées de chauffage figurent en annexe de ce Guide.



- A Chaudière standard à température constante
- B Chaudière standard en fonction de la température extérieure
- C Chaudière basse température à température constante
- D Chaudière basse température en fonction de la température intérieure et extérieure
- E Chaudière à condensation en fonction de la température extérieure
- F Pompe à chaleur air/eau haute température + chaudière basse température\*
- G Pompe à chaleur air/eau haute température + chaudière à condensation\*
- H Pompe à chaleur air/eau haute température en substitution

Figure 6 : Consommations annuelles de chauffage normalisées pour différents générateurs et en fonction de la température de l'eau.

\*La pompe à chaleur air/eau fonctionne lorsque la température extérieure est supérieure ou égale à 5°C. La chaudière basse température ou à condensation prend le relais en dessous de cette température et pour relever le niveau d'eau fournie par la PAC.

**A noter pour la consommation annuelle de chauffage normalisée :** la consommation annuelle de chauffage de référence (prise égale à 100) correspond à la consommation de chauffage en énergie primaire obtenue avec une chaudière standard fonctionnant à une température moyenne d'eau constante de 70°C.

# installation

## Connaître les gains de consommation annuelle

*Exemple d'application :*

### Cas n°1 : sans changement de radiateurs

Dans l'outil de calcul, on conserve la température de départ de l'eau calculée dans l'onglet **distribution bitube** soit 75°C. En suivant la verticale 1 de la Figure 6, on peut déterminer les consommations annuelles de chauffage obtenues en énergie primaire avec les différents types de générateurs pouvant remplacer le générateur de chauffage en place, sans changer les radiateurs.

### Cas n°2 : avec changement de radiateurs

On fixe une température de départ désirée de 55°C dans l'onglet **optimisation bitube** de l'outil de calcul présenté en chapitre 4 de ce Guide. Les radiateurs à changer sont indiqués comme présenté précédemment (voir page 36 et 37). En suivant la verticale n°2 de la Figure 6, on obtient les gains de consommations possibles selon le générateur de chauffage choisi.

Le Tableau 2 résume les gains potentiels de consommation de chauffage sur ces deux cas :

Générateur de chauffage	cas n°1 Pas de changement de radiateurs Température départ eau conservée à 75°C		cas n°2 Changement des radiateurs pour obtenir une température de départ de l'eau de 55°C	
	Consommation annuelle normalisée	Gain de consommation chauffage	Consommation annuelle normalisée	Gain de consommation chauffage
Chaudière standard avec T <sub>eau</sub> constante	100	/	/	/
Chaudière basse température (BT) avec régulation sur T <sub>extérieure</sub> ou T <sub>ambiante</sub> (modulante)	78	22%	75	25%
Chaudière à condensation (CD) avec régulation sur T <sub>extérieure</sub> ou T <sub>ambiante</sub> (modulante)	68	32%	64	36%
PAC air/eau HT avec chaudière BT en relève	66	34%	58	42%
PAC air/eau HT avec chaudière CD en relève	63	36%	55	45%
PAC air/eau HT en substitution	/	/	55	45%

**Remarque :** avant d'effectuer le choix définitif du générateur de chauffage, il convient de prendre en compte les aspects économiques et techniques.

## 5.2.2. Choix de la régulation du générateur

La Figure 6 de la page 38 montre l'intérêt d'une régulation de la température de l'eau sur les réductions de consommations de chauffage. Il est conseillé d'utiliser une régulation de la température de l'eau :

- soit en fonction de la température extérieure ;
- soit en fonction de la température ambiante (type régulation modulante telle que décrite au chapitre 2.3.1.2).

## 5.2.3. Choix des radiateurs

Les radiateurs doivent être choisis en fonction de la compatibilité des matériaux présents dans l'installation. Le marquage CE doit être attribué aux matériels installés, éventuellement apposé sur les emballages. Dans tous les cas, il faut respecter les recommandations du constructeur relatives au rinçage et au dégazage de l'installation ainsi qu'à la pression maximale d'eau admise par les radiateurs.

Des radiateurs bien dimensionnés sont compatibles avec tous les types de générateurs. Néanmoins, il est conseillé d'utiliser les produits titulaires de la marque qualité NF (apposée sur les radiateurs), dont une description est disponible sur [www.rt2005-chauffage.com](http://www.rt2005-chauffage.com).

Le tableau en annexe (p. 44) fournit des préconisations sur le choix, l'emplacement et le raccordement des radiateurs pour obtenir un confort thermique optimal.

## 5.2.4. Choix de la régulation terminale

Les consommations annuelles normalisées de chauffage fournies au 5.2.1 tiennent compte de la présence de robinets thermostatiques sur les radiateurs de l'installation excepté celui situé dans la pièce principale où est disposé le thermostat d'ambiance.

Les critères de choix de la régulation terminale (robinet thermostatique) sont les suivants :

- **Dimensionnement** : en fonction des installations et des radiateurs, une large gamme de robinets de chauffage existe chez tous les fabricants : en diamètre (3/8, 1/2, 3/4...), forme (équerre, droit...), raccordement vers l'installation (filetage interne, externe...) ;
- **Hydraulique** : la principale caractéristique de dimensionnement hydraulique d'un robinet de chauffage est le Kv. Il représente la capacité à passer un débit en m<sup>3</sup>/h sous 1 bar de différence de pression. L'autre caractéristique est le débit nominal S<sub>2K</sub> (débit à 2K de la fermeture).
- **Thermique** : la norme EN215 caractérise les performances des robinets thermostatiques. Depuis 2006 les constructeurs doivent fournir les valeurs suivantes :
  - Hystérésis (maxi 1K) : C<sub>H</sub>
  - Influence de la Variation de pression différentielle (maxi 1K) : D<sub>H</sub>
  - Influence de la Variation de température (maxi 1,5K pour les têtes intégrées) : W<sub>H</sub>
  - Temps de réponse (maxi 40 mn) : t<sub>w</sub>

# installation

**Astuce :** Il est fortement conseillé de prendre un robinet thermostatique dont la précision de régulation est la meilleure qu'il soit, c'est-à-dire l'hystérésis ( $C_H$ ) et l'influence de la Variation de température ( $W_H$ ) devraient être les plus faibles possibles.

Lorsque celle-ci est annoncée, on pourra également se référer à la valeur "calculée et certifiée NF" de la variation temporelle.

### Bien dimensionner hydrauliquement le robinet :

Pour qu'un robinet thermostatique fonctionne correctement, il faut que les conditions suivantes soient respectées :

- la pression différentielle au niveau du robinet doit être inférieure à 0,5-0,6 bar,
- l'autorité du robinet doit être supérieure à 0,3.

**Rappel :** L'autorité du robinet correspond au rapport de la perte de charge du robinet sur la perte de charge du circuit contrôlé (tuyau, radiateur, robinet thermostatique, raccord de réglage).

Le Tableau 3 fournit une plage du coefficient Kv des robinets à sélectionner en fonction de la puissance des radiateurs disponibles dans l'onglet **optimisation bitube** de la feuille de calcul informatique.

Tableau 3 : Plages usuelles de Kv des robinets selon la puissance des radiateurs installés

Puissance de radiateur P50	Kv des robinets thermostatiques
De 300 à 750 watt	0,2 => 0,5
De 600 à 1500 watt	0,4 => 0,8
De 1300 à 3000 watt	0,6 => 1,2

## 5.2.5. Préconisations sur l'équilibrage de la boucle à eau chaude

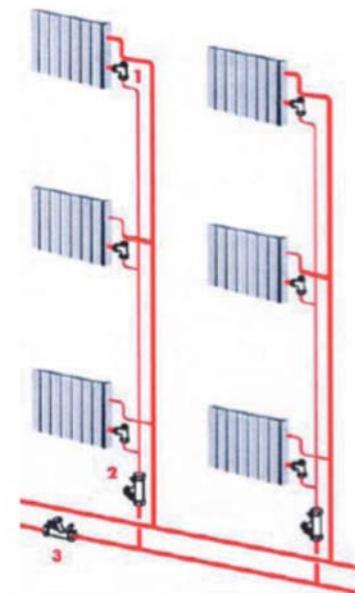
### 5.2.5.1. Qu'est ce que l'équilibrage ?

L'équilibrage d'une installation consiste à faire circuler les débits d'eau nominaux dans toutes les boucles et ainsi assurer un meilleur fonctionnement de l'installation et des émetteurs pour un meilleur confort thermique et acoustique.

Dans une installation équilibrée, l'écoulement de l'eau dans les radiateurs et le confort thermique des pièces sont optimisés car les robinets thermostatiques fonctionnent dans une meilleure plage de débit et de pression différentielle et les phénomènes de laminage disparaissent. De plus, les températures de retour d'eau vers le générateur de chaque radiateur sont plus homogènes et plus basses. Cela assure un meilleur fonctionnement du générateur, procure des économies d'énergie supplémentaires et permet d'atteindre la température souhaitée dans la pièce.

## 5 conseils et préconisations pour la nouvelle

Tous ces organes d'équilibrage sont généralement installés sur la boucle retour au niveau des radiateurs et aux départs des pieds de colonnes ou des boucles.



Organes d'équilibrage d'un circuit de chauffage :

- 1 : organe d'équilibrage de radiateur
- 2 : organe d'équilibrage en pied de colonne
- 3 : organe d'équilibrage du circuit principal

Documentation COSTIC



Raccord de réglage 4428 sur le radiateur



Vanne d'équilibrage de pied de colonne

**Remarque :** dans plus de 90% des cas, une installation de chauffage n'est pas ou peu équilibrée bien que tous les organes d'équilibrage soient bien présents dans l'installation.

### 5.2.5.2. Comment équilibrer son installation ?

Pour équilibrer une installation, il existe plusieurs méthodes d'équilibrage en fonction de l'installation et des moyens mis à disposition. Toutes ces méthodes nécessitent une bonne connaissance de l'installation et des besoins énergétiques du logement et des pièces.

La principale difficulté de mise en œuvre de l'équilibrage est due à l'inter-indépendance des branches du réseau car une intervention sur une branche entraîne automatiquement une variation de débits dans les autres branches.

# installation

L'outil informatique de calcul présenté au chapitre 4 fait ressortir les valeurs des vannes d'équilibrage au niveau des radiateurs dans l'onglet **optimisation** :

Pour faire une correction ou une approche de l'équilibrage dans une installation bitube, on peut partir du radiateur le plus éloigné (généralement le plus défavorisé) et passer de radiateur en radiateur en suivant le circuit de distribution et en réduisant la fermeture de la vanne d'une valeur correspondant à la perte de charge de distribution.

A ce titre, le Tableau 4 fournit des exemples de position de réglage des robinets pour chacun des robinets (depuis le plus éloigné jusqu'au plus proche de la chaudière) en fonction du débit d'eau de l'installation bitube. La perte de charge du réseau de distribution est prise égale à 1kPa par longueur de 5m (distance entre chaque radiateur).

Tableau 4 : Exemple de positions de réglage d'un raccord 1/2" en fonction de la position du radiateur (du plus éloigné jusqu'au plus proche de la chaudière) et du débit d'eau dans l'installation bitube

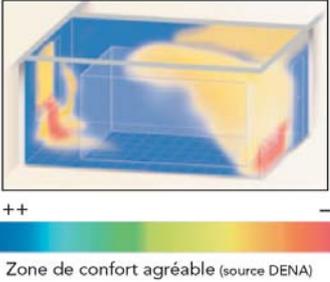
Radiateur – distance - Pertes de charge	Besoin (50 l/h)	Besoin (100 l/h)	Besoin (200 l/h)
1 <sup>er</sup> radiateur – 0m	*	Max (5 tours)	*
2 <sup>ème</sup> radiateur – 5m – 1 kPa	1,5 tour	3,0 tours	4,5 tours
3 <sup>ème</sup> radiateur – 10m – 2 kPa	1 tour	2,0 tours	4,0 tours
4 <sup>ème</sup> radiateur – 15m – 3 kPa	0,75 tour	1,5 tour	3,0 tours
5 <sup>ème</sup> radiateur – 20m – 4 kPa	0,5 tour	1,25 tour	2,75 tours
6 <sup>ème</sup> radiateur – 25m – 5 kPa	0,5 tour	1,0 tour	2,5 tours
7 <sup>ème</sup> radiateur – 30m – 6 kPa	0,5 tour	0,75 tour	2 tours
8 <sup>ème</sup> radiateur – 35m – 7 kPa	0,5 tour	0,75 tour	1,75 tour

## 5.3. Création d'une installation à eau chaude dans un bâtiment existant

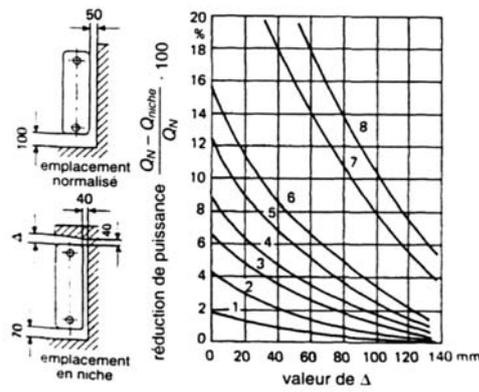
Dans le cas présent la démarche à suivre se fait en deux étapes :

1. D'abord, il faut évaluer les déperditions pièce par pièce en suivant le chapitre 4.1.2 qui fixe la puissance des émetteurs à mettre en place.
2. Ensuite, il faut dimensionner les radiateurs. Il est conseillé de dimensionner les radiateurs sur la base d'un  $\Delta T$  de 30K pour favoriser le fonctionnement des générateurs à basse température. L'onglet **installation de chauffage** de l'outil de calcul informatique permet de varier le type et les dimensions des radiateurs de chacune des pièces afin d'obtenir un  $\Delta T$  de marche optimal inférieur ou égal à 30K. Cette valeur de 30K est indicative ; elle peut être ajustée en fonction du type de générateur sélectionné pour cette nouvelle installation.

## Tableau présentant les principaux critères influençant la puissance émise des radiateurs

Critères influençant la puissance émise des radiateurs	Effet sur la puissance émise	Préconisations
<p>Position du radiateur dans la pièce</p>	<p>La position du radiateur influe sur la puissance émise et le niveau de confort ressenti, surtout dans le cas des locaux moins bien isolés (avant RT 2000).</p>  <p>++ - Zone de confort agréable (source DENA)</p>	<p>Un positionnement en allège de fenêtre est recommandé pour 2 raisons :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- son efficacité optimale ;</li> <li>- un confort thermique accru grâce à la compensation de l'effet de paroi froide.</li> </ul> <p>Dans le cas d'une baie vitrée, placer le radiateur sur une des parois latérales à proximité de la baie vitrée.</p>
<p>Distance au mur</p>	<p>Lorsque la distance du radiateur par rapport au mur est inférieure à 2 cm, la puissance émise du radiateur peut être réduite de plus de 10% par réduction de l'effet de convection.</p>	<p>S'assurer d'une distance minimale de 25 mm lors de la pose d'un radiateur. Se reporter aux conditions de pose recommandées par les fabricants de radiateurs.</p>

Critères influençant la puissance émise des radiateurs	Effet sur la puissance émise	Préconisations
Distance au sol	Un radiateur placé trop près du sol verra sa puissance réduite du fait d'une perte de convection. Perte de puissance pouvant atteindre 50% si distance au sol inférieure à 5 cm.	Placer les radiateurs à une hauteur minimale de 10 cm. Se reporter aux conditions de pose recommandées par les fabricants de radiateurs.
Encastrement du radiateur	Si un radiateur est encastré, la perte d'émission dépend du type de radiateur et de la distance entre le haut du radiateur et la niche. Les radiateurs à éléments et tubulaires sont peu affectés. Les radiateurs panneaux de type 10 à 21 peuvent voir leur puissance émise réduite de l'ordre de 10% pour une distance de 40 mm. Les panneaux de type 22 et 33 sont affectés de l'ordre de 15% pour une distance de 80 mm.	Tenir compte de ces fortes réductions de puissance dans le dimensionnement des radiateurs. Dans ce cas, il faut intégrer un surdimensionnement dans le logiciel.



Sur cette Figure :

- courbe 1 : radiateurs tubulaires
- courbe 2 : radiateurs à éléments acier ou fonte
- courbe 3 : panneaux type 10
- courbe 4 : panneaux type 11
- courbe 5 : panneaux type 20
- courbe 6 : panneaux type 30
- courbe 7 : panneaux type 22
- courbe 8 : panneaux type 33

## Rendements des chaudières gaz, fioul et bois

Les rendements sur PCI (Pouvoir Calorifique Inférieur) des chaudières anciennes, standard, basse température et à condensation sont fournies dans les tableaux suivants. Elles sont fournies pour des puissances nominales domestiques (entre 24 et 35 kW) pour les combustibles gazeux, liquides et solides en fonction de la puissance de l'appareil.

Chaudières gaz	Ancienneté	Puissance	Rendement à puissance nominale	Rendement à 30% de puissance
Chaudières anciennes	d'avant 1980	24 à 35 kW	82%	77%
	de 1981 à 1985	24 à 35 kW	85%	80%
	de 1986 à 1990	24 à 35 kW	86%	83%
Chaudière standard (haut rendement)	depuis 1991	24 à 35 kW	87%	84%
Chaudière basse température	depuis 1991	24 à 35 kW	90%	90%
Chaudière à condensation	depuis 1991	24 à 35 kW	92,5%	98,5%

Source : règles TH-C-E-ex (réglementation thermique dans l'existant).

Chaudières fioul	Ancienneté	Puissance	Rendement à puissance nominale	Rendement à 30% de puissance
Chaudières anciennes	d'avant 1970	27 à 35 kW	77%	67%
	de 1970 à 1975	27 à 35 kW	80%	75%
	de 1976 à 1980	27 à 35 kW	81%	80%
	de 1981 à 1990	27 à 35 kW	83%	82%
Chaudière standard	depuis 1991	27 à 35 kW	87%	84%
Chaudière basse température	depuis 1991	27 à 35 kW	90%	90%
Chaudière à condensation	depuis 1991	27 à 35 kW	92,5%	98,5%

Source : règles TH-C-E-ex (réglementation thermique dans l'existant).

Chaudières à combustible solide	Ancienneté	Puissance	Rendement à puissance nominale
Bois de bûches : tirage naturel	jusqu'en 1995	27 à 35 kW	60%
Combustion assistée par ventilateur		27 à 35 kW	75%
Bois de bûches : tirage naturel	de 1996 à 2004	27 à 35 kW	65%
Combustion assistée par ventilateur		27 à 35 kW	75%
Granulées de bois		27 à 35 kW	95%
Bois de bûches : tirage naturel	depuis 2005	27 à 35 kW	70%
Combustion assistée par ventilateur		27 à 35 kW	80%
Granulées de bois		27 à 35 kW	85%
Bois déchiqueté		27 à 35 kW	85%

Source : arrêté ministériel définissant l'entretien annuel des chaudières de 4 à 400 kW.

## Performances des générateurs pour le calcul des consommations annuelles normalisées de chauffage

Le tableau suivant détaille les performances utilisées pour les différents générateurs considérés lors du calcul des consommations annuelles normalisées de chauffage (chapitre 5.2 page 38).

Type de générateurs	Mode de régulation de la température de l'eau	Puissance (kW)	Performances
Chaudière standard	Température d'eau constante	24	Rendement à 100% : 87% Rendement à 30% : 84% Pertes à l'arrêt : 280 W
	Température d'eau régulée sur température extérieure		
Chaudière basse température	Température d'eau constante	24	Rendement à 100% : 90% Rendement à 30% : 92% Pertes à l'arrêt : 100 W
	Température d'eau régulée sur température extérieure		
	Température d'eau régulée sur température ambiante		
Chaudière à gaz à condensation	Température d'eau régulée sur température extérieure	24	Rendement à 100% : 97% Rendement à 30% : 107% Pertes à l'arrêt : 50 W
	Température d'eau régulée sur température ambiante		
Chaudière à fioul à condensation	Température d'eau régulée sur température extérieure	24	Rendement à 100% : 97% Rendement à 30% : 103% Pertes à l'arrêt : 80 W
	Température d'eau régulée sur température ambiante		
PAC air/eau haute température	Température d'eau régulée sur température extérieure	8	COP de 2,3 à +7°C/47-55°C

# bibliographie

## Association Française pour les Pompes à Chaleur (AFPAC)

Guide Technique N°1 : "Les pompes à Chaleur dans l'Existant sur réseaux hydrauliques", 2004.

## Association Technique des Industries Thermiques et Aérauliques (ATITA)

Base de données rassemblant les performances des radiateurs à eau chaude ([www.rt2005-chauffage.com](http://www.rt2005-chauffage.com)).

Arrêté du 29 septembre 2009 relatif au contenu et aux conditions d'attribution du label "haute performance énergétique rénovation".

Arrêté du 8 août 2008 portant approbation de la méthode de calcul Th-C-E-ex : les rendements par défaut des chaudières gaz et fioul sont indiqués dans la méthode de calcul.

Arrêté du 3 mai 2007 relatif (au contenu et aux conditions d'attribution du label "haute performance énergétique") aux caractéristiques thermiques et à la performance énergétique des bâtiments existants.

## CERTITA.org

Organisme gérant la certification notamment des marques NF Radiateurs à eau chaude, pompes à chaleur et variations temporelles des robinets thermostatiques.

([http://www.certita.org/referentiel\\_integral.html](http://www.certita.org/referentiel_integral.html) pour les données certifiées relatives aux pompes à chaleur ; [www.certita.org/autres-produits](http://www.certita.org/autres-produits) pour les variations temporelles certifiées des robinets thermostatiques).

## Energies et Avenir

Guide professionnel "Entretien annuel des chaudières de puissance nominale comprise entre 4 et 400 kW", 2009.



Remerciements aux experts de la CAPEB, Cardonnel Ingénierie, CETIAT, Chauffage Fioul, COSTIC, CSTB, Finimetal, Comap Group, GDF-SUEZ, ACOVA et ZEHNDER, UNCP-FBB et Profluid pour leur participation à l'élaboration de ce Guide ainsi qu'à Uniclimate pour la coordination et le suivi des travaux.

#### **Membres d'Énergies et Avenir**

**ACR**

(Syndicat des Automatismes du génie Climatique et de la Régulation)

**CAPEB**

(Confédération de l'Artisanat et des Petites Entreprises du Bâtiment)

**CFBP**

(Comité Français du Butane et du Propane)

**Chauffage Fioul**

(Association pour l'Utilisation Performante du Fioul Domestique)

**CTCC**

(Centre Technique du Cuivre pour les Canalisations)

**FF3C**

(Fédération Française des Combustibles, Carburants et Chauffages)

**Fedene**

(Fédération des services Energie Environnement)

**FNAS**

(Fédération nationale des Négociants en Appareils Sanitaires, chauffage, climatisation et canalisation)

**GDF SUEZ**

**Profluid**

(Association Française des pompes, des compresseurs et de la robinetterie)

**UECF-FFB**

(Union des entreprises de génie Climatique et Energétique de France)

**UNCP-FFB**

(Union Nationale des Chambres Syndicales de Couverture et de Plomberie)

**UNICLIMA**

(Syndicat des industries thermiques, aérauliques et frigorifiques)

Elément le plus visible d'une installation de chauffage, **le radiateur** est une pièce déterminante de la performance reconnue du système de boucle à eau chaude. Car, au-delà de garantir un confort thermique optimal et de s'intégrer au mieux dans l'espace de vie, un radiateur bien adapté permet **une amélioration de la performance énergétique** de l'installation, une réduction des consommations et donc des émissions de CO<sub>2</sub>.

Ce Guide est destiné aux professionnels de l'installation des systèmes de chauffage afin de les accompagner dans **la démarche de dimensionnement** des radiateurs. Y sont également fournis des méthodes et des outils permettant un bon équilibrage de l'installation.

Aussi bien pour une installation neuve que dans le cadre d'une rénovation, le radiateur doit être choisi en fonction de l'installation, de sa configuration et de ses caractéristiques. Mené pas à pas, un dimensionnement correct du radiateur assure **la diffusion de la chaleur, un critère-clé de réussite**.



Energies et Avenir  
8 terrasse Bellini  
92807 Puteaux cedex  
E-mail : [contact@energies-avenir.org](mailto:contact@energies-avenir.org)  
[www.energies-avenir.fr](http://www.energies-avenir.fr)

