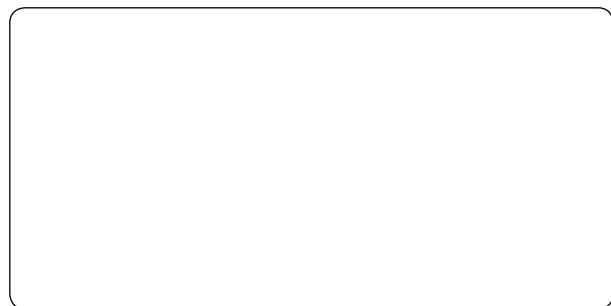


LE GUIDE DES RADIATEURS POUR CHAUFFAGE À **BASSE** **TEMPÉRATURE**

LE GUIDE DES RADIATEURS POUR CHAUFFAGE À **BASSE TEMPÉRATURE**

DM0230010150502 -02/2012



Radson France
157, Avenue Charles Floquet; F-93158 Le Blanc Mesnil Cedex
Tél +33 1 55 81 29 29, Fax +33 1 55 81 29 20
info@radson.fr, www.radson.com

Radson
Vogelsancklaan 250, B-3520 Zonhoven
Tel. +32 (0)11 81 31 41 Fax +32 (0)11 81 73 78
info@radson.com www.radson.com

Ce document a été élaboré avec le plus grand soin. Aucune partie de ce document ne peut être reproduite sans l'autorisation expresse de Rettig ICC. Rettig ICC rejette toute responsabilité concernant toutes inexactitudes ou conséquences découlant de l'usage ou de l'abus des informations contenues dans ce document.

Pourquoi ce guide ?

Ce guide a pour objectif de donner un aperçu des systèmes de chauffage à basse température, de leurs avantages, de leur utilisation et de leur contribution d'ensemble à la réduction de la consommation énergétique dans toute l'Europe.

Il apporte l'analyse d'un certain nombre d'universitaires, grossistes, des installateurs et des bureaux d'études, les nouvelles constructions et dans la rénovation.

Le guide est destiné à l'usage des grossistes, des installateurs et des planificateurs, pour vous aider à prendre des décisions en connaissance de cause sur le choix des émetteurs de chaleur dans les nouvelles constructions et les maisons remises à neuf.



TRANSFORMER L'ÉNERGIE EN EFFICACITÉ

POUR VOUS AIDER À PRENDRE DES
DÉCISIONS EN CONNAISSANCE DE
CAUSE SUR LE CHOIX DES ÉMET-
TEURS DE CHALEUR

Pourquoi ce guide ?	3
Index	5
A Interview de Mikko Iivonen	6
1 Il est temps de changer notre mode de pensée	10
2 Comment l'isolation influence l'efficacité du chauffage	20
B Interview du Professeur Christer Harryson	34
3 L'utilisation croissante des systèmes hydrauliques à basse température	38
C Interview du Professeur Dr. Jarek Kurnitski	54
4 Preuve significative	58
5 Choisir un émetteur de chaleur	72
D Interview d'Elo Dhaene	78
6 Avantages pour les utilisateurs	82

JE TRANSFORME LES CHIFFRES EN RÉSULTATS

En ma qualité de Directeur R&D, Recherche et normes techniques chez Rettig ICC, je suis chargé de fournir à tous nos marchés de nouvelles réponses, idées, innovations, produits et résultats. Tous nos efforts sont fondés sur des recherches réalistes et indépendantes, menées en étroite coopération avec des grands noms de l'industrie et des universitaires. Y ont récemment participé : le Prof. Dr. Leen Peeters (Université de Bruxelles - Belgique), le Prof. Christer Harrysson (Université d'Örebro - Suède), le Prof. Dr. Jarek Kurnitski (Université de Technologie d'Helsinki - Finlande), le Dr. Dietrich Schmidt (Institut Fraunhofer - Allemagne) et beaucoup d'autres. Avec leur aide, leurs recherches et idées, **je transforme les chiffres en résultats.**

A black and white portrait of Mikko Iivonen, a middle-aged man with glasses, wearing a striped button-down shirt. He is holding a large binder or folder in front of him. The background is a bright, out-of-focus indoor setting.

Mikko Iivonen

M. Sc. (Tech) Mikko Iivonen,
Directeur R&D, Recherche et normes techniques, Rettig ICC

Solutions de chauffage intelligentes

Il est possible d'économiser jusqu'à 15% d'énergie

En investissant fortement dans la recherche et le développement, nous tenons notre promesse de vous offrir des solutions de chauffage intelligentes. Des solutions qui font réellement la différence en termes de coûts, de confort, de climat intérieur et de consommation d'énergie. Des solutions qui permettent de réaliser jusqu'à 15 % d'économie d'énergie. Sur cette toile de fond, j'aimerais partager avec vous les résultats d'une étude de mesure approfondie sur une année, menée par le Professeur Harrysson. L'étude a concerné 130 maisons individuelles et appartements suédois et montre que la consommation d'énergie calorifique dans les immeubles à chauffage par le sol est de 15 à 25 % supérieure à celle des immeubles chauffés par radiateurs. Il n'y a rien d'étonnant à cela, mais cela prouve aussi que l'accroissement de l'efficacité énergétique des immeubles modernes a, une fois de plus, mis les systèmes de chauffage à basse température sur le devant de la scène.

Avec le resserrement des normes il est devenu plus facile de chauffer l'enveloppe des bâtiments

Comme vous pouvez le voir sur les **Fig. A.1 et A.2**, les températures de calcul des radiateurs ont diminué au fil des ans conformément aux besoins énergétiques du bâtiment. Les critères de construction et d'isolation se resserrant de plus en plus en Europe, il devient plus facile de chauffer l'enveloppe des bâtiments, puisqu'il y a moins de déperdition de chaleur. Et compte tenu de l'excellente réactivité d'un système de radiateurs, il est maintenant plus pratique que jamais de réaliser un maximum de gain de chaleur à la maison comme au bureau.

Les États membres de l'UE ont arrêté une date butoir pour élaborer et mettre en œuvre les Objectifs de l'Efficacité Énergétique pour 2020 (Directive 20/20/20). Ceci implique d'atteindre un premier objectif d'économie d'énergie de 20 % inférieur aux niveaux de 2007, de réduire de 20 % les émissions de gaz à effet de serre et de produire 20 % de la totalité de la production énergétique à partir de sources renouvelables. Autant de raisons pour les propriétaires d'immeubles, qui doivent présenter des Certificats de Performance Énergétique de plus en plus pointus, de choisir un système de chauffage offrant des améliorations avérées de l'efficacité énergétique : les radiateurs dans un système à basse température. Ces objectifs visent particulièrement les bâtiments, qui consomment 40 % de l'énergie totale utilisée en Europe.

20/20/20

Objectif d'économie d'énergie de 20 %, par la réduction de 20 % les émissions de gaz à effet de serre, les énergies renouvelables devant produire 20 % de la totalité de la production énergétique

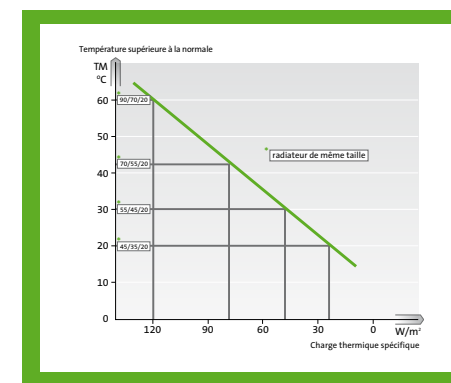


Fig. A.1
Les températures de calcul des radiateurs ont baissé conformément à la baisse des charges thermiques des bâtiments.

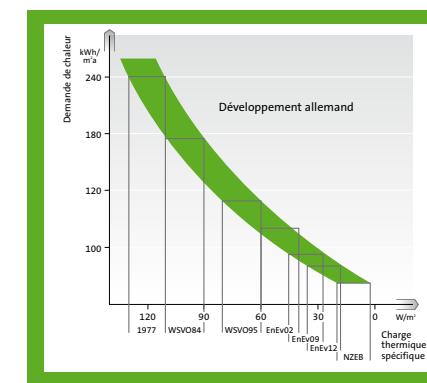


Fig. A.2
Demande de chauffage par convection - graphique de charge thermique spécifique aux fins d'approximation

La consommation d'énergie des bâtiments continue de chuter.

CHAPITRE 1

IL EST TEMPS DE **CHANGER** NOTRE MODE DE PENSÉE

- **Réglementations énergétiques** > il y a différentes réglementations nationales en Europe pour améliorer la performance énergétique
- **Objectifs d'énergies renouvelables** > Des objectifs stricts visent à mettre une forte pression sur les propriétaires de bâtiments afin de minimiser la consommation d'énergie
- **Innovation des radiateurs** > La réduction de la contenance d'eau et la mise en contact des ailettes avec les tuyaux les plus chauds a fait augmenter la puissance thermique. Le design contemporain augmente l'efficacité matérielle jusqu'à 87 % par rapport aux modèles classiques.

La réglementation de l'énergie est une question très préoccupante pour tous, surtout quand il s'agit de bâtiments. Les maisons et les bureaux dans toute l'Europe sont soumis à des réglementations toujours strictes en matière de performances énergétiques, avec la directive DPEB 2002/91/CE et la directive révisée DPEB 2010/91/CE de l'UE imposant la certification de niveaux de consommation d'énergie pour les propriétaires et les locataires. En outre, les États membres de l'UE ont arrêté une date butoir pour élaborer et mettre en vigueur les réglementations visant à faire respecter les Objectifs de l'Efficacité Énergétique pour 2020 (Directive 20/20/20).

Différentes réglementations nationales dans toute l'Europe ayant comme objectif d'améliorer les performances énergétiques ont été convenues dans l'UE individuellement pour chaque État membre. En dépit des objectifs et des mesures différant selon les pays, la tendance générale dans toute l'Europe est à la baisse.

Réglementations énergétiques

Il y a différentes réglementations nationales en Europe pour améliorer la performance énergétique

Exemples d'objectifs d'énergie renouvelable

Comme vous pouvez le constater ci-dessous, et sur les pages suivantes, certains objectifs sont très stricts, avec une tendance sous-jacente à donner une priorité absolue à l'utilisation d'énergies renouvelables et à la réduction des gaz à effet de serre.

Finlande :	de 28,5 % - jusqu'à 39 %
France :	de 10,3 % - jusqu'à 23 %
Allemagne :	de 9,3 % - jusqu'à 18 %
Royaume-Uni :	de 1,3 % - jusqu'à 15 %
Suède :	de 39 % - jusqu'à 49 %

Des objectifs stricts ont mis une pression conséquente sur les propriétaires de bâtiments à minimiser la consommation d'énergie

Cela a mis une pression énorme sur les propriétaires de bâtiments pour trouver des moyens de réduire leur consommation d'énergie, et pas seulement d'observer les réglementations gouvernementales (**Fig. 1.1**). Dans toute l'Europe, nombre de facteurs a une incidence sur les avancées en matière d'efficacité. Les prix des combustibles fossiles continuent d'augmenter, tandis que les réserves de pétrole, de charbon et de gaz en diminution deviennent des ressources de plus en plus précieuses. Une inquiétude croissante se manifeste au sein de l'opinion publique sur la question de l'environnement et les consommateurs

affichent une préférence accrue pour des produits et des processus respectueux de l'environnement. Cela souligne de plus en plus qu'il est temps de réévaluer la façon de travailler de l'industrie du chauffage, comme l'indique la directive Ecodesign ErP 2009/125/CE. Notre responsabilité vis-à-vis des utilisateurs est de leur offrir la solution la plus efficace sur le plan énergétique et le meilleur rapport coût-performance pour créer un climat ambiant confortable. Bien qu'il y ait une gamme de solutions de chauffage variées, il est toujours confus d'effectuer le bon choix.

Pour que les utilisateurs, les installateurs et les planificateurs puissent choisir en connaissance de cause, il est important d'offrir des informations exactes sur les solutions de chauffage. Et avec l'utilisation de plus en plus répandue de systèmes de chauffage central à basse température, Radson a élaboré ce guide pour expliquer le rôle croissant que les radiateurs jouent de nos jours dans l'industrie du chauffage.

Exemples d'objectifs de réduction

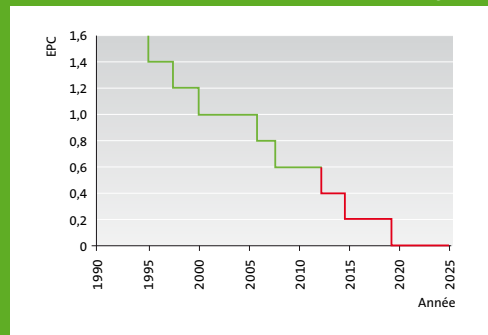
Notre responsabilité est de leur offrir la façon la plus efficace sur le plan énergétique et le meilleur rapport coût-performance pour créer un climat ambiant confortable

Fig. 1.1

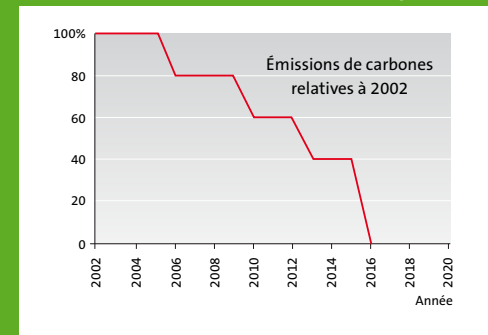
Itinéraire de certains pays vers des bâtiments quasiment zéro-énergie pour améliorer la performance énergétique des nouveaux bâtiments.

REHVA Journal 3/2011

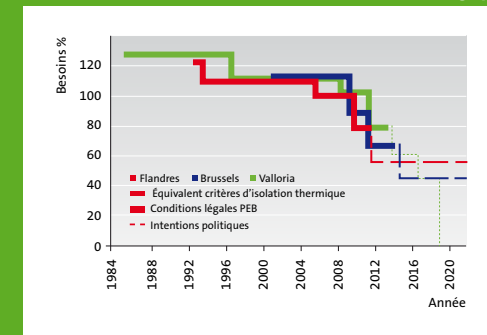
Pays-Bas



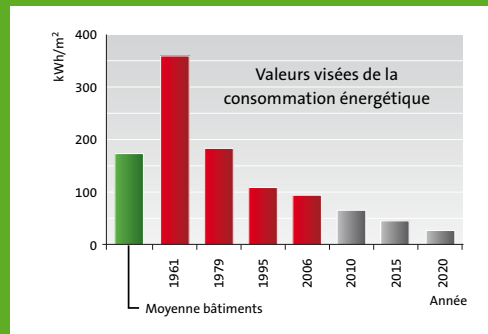
Royaume-Uni



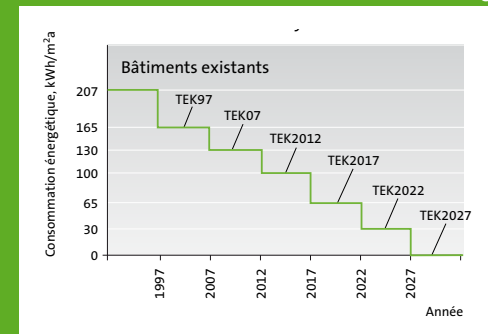
Belgique



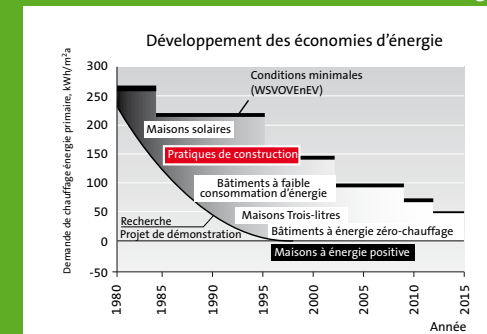
Danemark



Norvège



Allemagne



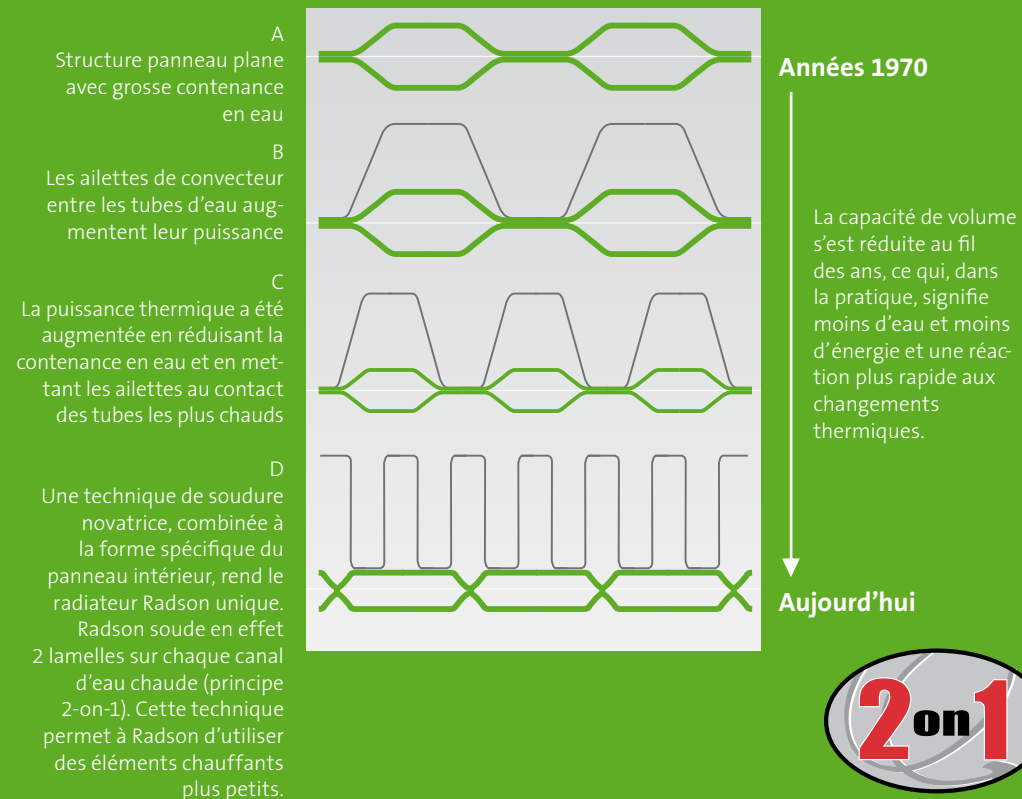
Innovation

Les radiateurs ont parcouru un long chemin depuis le modèle de colonnes volumineuses d'il y a 40 ans (**Fig. 1.2**). Les formes en panneau d'acier du début avaient une structure de panneau plane avec une grosse contenance en eau (**A**). Puis intervint l'introduction de convecteurs à ailettes entre les tubes à eau, augmentant leur puissance (**B**). Au fil des ans, on a découvert que la puissance thermique pouvait être augmentée en réduisant la contenance en eau et en plaçant les ailettes en contact avec les tuyaux les plus chauds (**C**). Il a fallu attendre que les tubes aient été aplatis, sous la forme hexagonale optimisée que vous voyez ici, pour que la surface de contact soit maximisée et que le rendement de chaleur soit complètement optimisée (**D**).

Avec le design contemporain, l'efficacité matérielle est augmentée jusqu'à 87 % par rapport aux modèles classiques.



Fig. 1.2:
Innovation dans les radiateurs panneaux en acier



**Jusqu'à 87 %
d'amélioration**

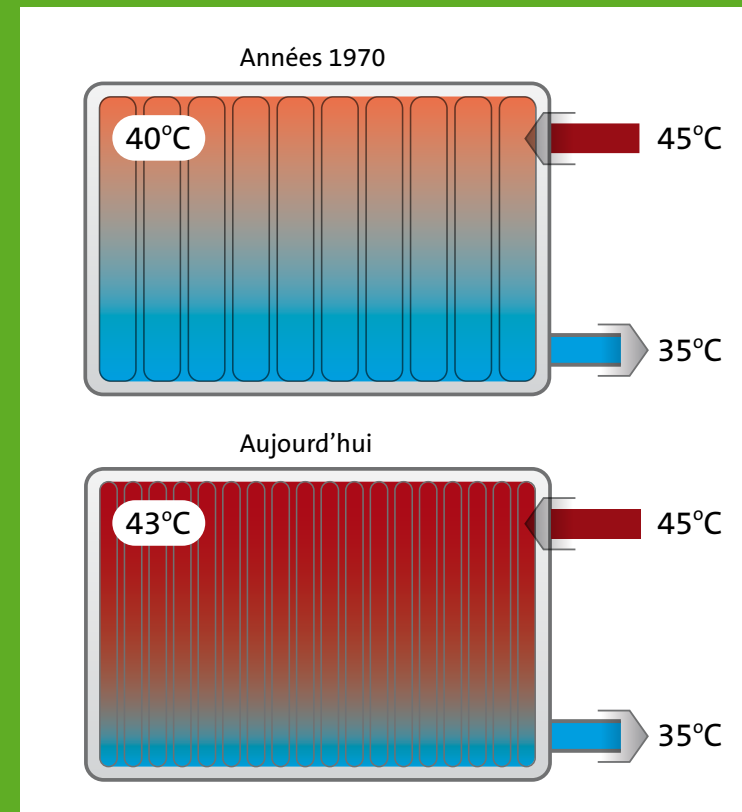
**Avec le design
contemporain,
l'efficacité matérielle
est jusqu'à 87 %
meilleure que dans
les modèles
classiques**

La simulation par ordinateur a également contribué à introduire de grandes améliorations dans le domaine de l'efficacité énergétique au cours des dernières années : optimisation du flux d'eau chaude par le radiateur, transmission de chaleur aux ailettes de convecteur et calcul des chaleurs radiante et de convecteur optimales dans la pièce. Avec le design contemporain, l'efficacité matérielle est augmentée jusqu'à 87 % par rapport aux modèles classiques. Pourtant nombreux sont ceux qui continuent à garder une image de radiateurs obsolète depuis des dizaines d'années (Fig. 1.3).

Fig. 1.3:
Innovation dans les
radiateurs panneaux
en acier

Plus de tubes, plus de convecteurs et moins de masse thermique - les radiateurs modernes accroissent la puissance de chaleur en utilisant moins d'eau à la même température que les modèles classiques.

De plus, il y a une amélioration de 87 % dans l'efficacité matérielle en termes de W/kg d'acier.



CHAPITRE 2

COMMENT L'ISOLATION INFLUENCE L'EFFICACITÉ DU CHAUFFAGE

- **Isolation** > L'isolation a toujours joué un rôle majeur pour garder les maisons chaudes et sèches
- **L'effet positif des nouvelles réglementations** > outre l'économie d'énergie et la réduction des coûts, l'avantage immédiat d'une meilleure isolation s'est traduit par un meilleur climat ambiant
- **Gains de chaleur et pertes calorifiques dans les bâtiments modernes** > Quand les pertes calorifiques et les gains de chaleur sont tous pris en compte, l'énergie effective peut être déterminée
- Il est important que le système de chauffage puisse réagir rapidement aux gains de chaleur annexes
- Plus la masse thermique de l'émetteur de chaleur est faible, meilleures seront les chances de contrôler précisément la température ambiante

Isolation

La chaleur ambiante est gaspillée de deux façons : des déperditions dans l'enveloppe des bâtiments, les fenêtres, les murs, le toit, etc. jusqu'à l'extérieur (pertes de transmission). La deuxième façon est par les flux d'air vers l'extérieur : pertes de ventilation et fuites d'air. Les améliorations de l'isolation visent à minimiser les pertes de transmission de la façon la plus rentable.

Un corps humain émet environ 20 l/h de CO₂ et environ 50 g/h de vapeur d'eau. De plus, les travaux ménagers et les douches apportent plusieurs litres de vapeur d'eau supplémentaires par jour dans l'air ambiant. Cela rend la ventilation des flux d'air indispensable, et cela ne peut être réduit de façon spectaculaire sans provoquer de problèmes sanitaires aux occupants ou en contaminant le bâtiment (moisissure, etc.).

Un problème posé par une isolation améliorée est l'accroissement de l'étanchéité de l'air du bâtiment. Cela peut avoir pour conséquence une faible ventilation, une plus grande humidité de l'air, un haut contenu en CO₂ ou la condensation de la construction. C'est la raison pour laquelle des bâtiments bien isolés devraient aussi être équipés de ventilation mécanique. Heureusement, la récupération de chaleur de la ventilation aspirante est une importante source d'économies d'énergie.

L'isolation a toujours joué un rôle majeur pour garder les maisons chaudes et sèches

L'isolation a toujours joué un rôle majeur pour garder les maisons chaudes et sèches, dès la première utilisation de la paille, de la sciure et du liège. Les alternatives modernes, à l'instar des planches et mousses en fibre de verre, en laine minérale, en polystyrène et en polyuréthane, ont contribué à modifier les pratiques de construction, en stimulant une moindre dépendance aux propriétés thermiques de murs plus épais et de radiateurs haute température.

Économie de 86 000 € après 20 ans

À l'évidence, il est plus facile de chauffer une maison bien isolée qu'une maison qui le serait moins. Il y a moins de déperdition de chaleur et donc une moindre consommation d'énergie. La **Fig. 2.1** compare les frais de chauffage estimés de deux maisons individuelles - une bien rénovée et l'autre sans isolation. Le contraste important entre les deux s'accroît encore davantage avec le temps, avec une économie stupéfiante de 86 000 € au bout de 20 ans.

Fig. 2.1
Projection des coûts de chauffage pour une maison abritant une famille : isolation contre non-isolation

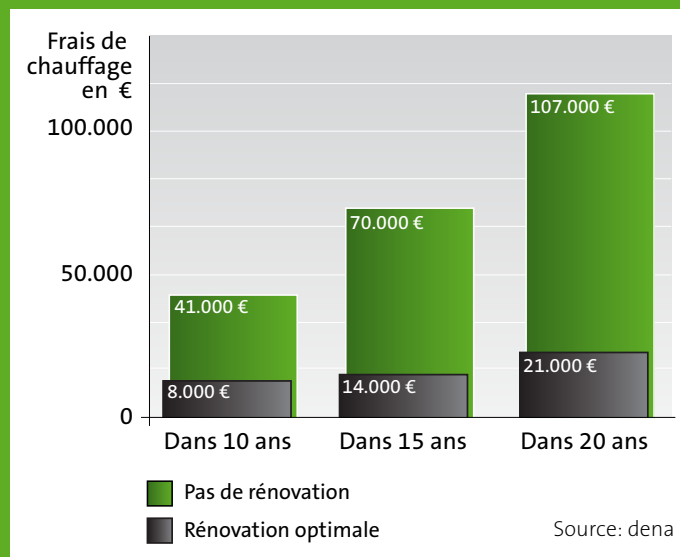
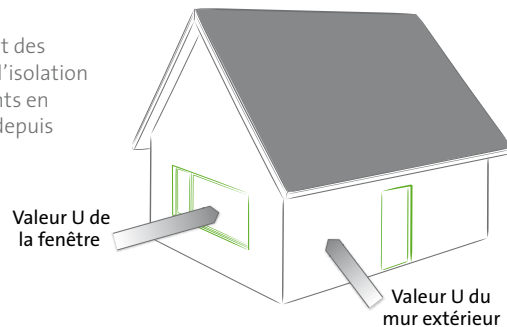


Figure 2.2
Changement des
conditions d'isolation
des bâtiments en
Allemagne depuis
1977



		Pre 77	1977	WSVO 1984	WSVO1995	ENEV 2002	ENEV 2009	
°C	Valeur U de la fenêtre	W/m ² K	5	3,50	3,10	1,80	1,70	1,30
	Valeur U du mur extérieur	W/m ² K	2	1,00	0,60	0,50	0,35	0,24
	Charge thermique spécifique	W/m ²	200	130	100	70	50	35
	TA/RT	°C	90/70	90/70	90/70 & 70/55	70/55	55/45	45/35

Parallèlement aux améliorations énergétiques dans les méthodes d'isolation et leur efficacité, une législation a été mise en place pour faire en sorte que les bâtiments, neufs et rénovés, soient conformes à des réglementations de plus en plus strictes. En prenant l'Allemagne comme exemple, nous pouvons voir ici que, depuis 1977, ces réglementations ont régulièrement réduit les niveaux acceptables de déperdition de chaleur à l'extérieur.

Pour les maisons chauffées à partir de systèmes de chauffage central hydraulique, l'une des évolutions les plus remarquables montrée ici est le niveau des températures d'arrivée et de retour de l'eau. En 1977, la norme était de 90/70 (calcul arrivée/retour), soit près du double de ce qui a été demandé par la EnEV 2009. Il est clair que cette évolution vers des systèmes de chauffage hydraulique à basse température a été rendue possible par l'utilisation accrue d'un réaménagement énergétique efficace.

Les économies d'énergie et la réduction des coûts n'ont pas été les seules conséquences de réglementations plus sévères. L'avantage immédiat d'une meilleure isolation a été un climat ambiant plus confortable. Les Fig. 2.3 - 2.5 (au verso) illustrent l'intérieur d'une pièce telle qu'elle serait si elle était isolée conformément à la législation évolutive sur la construction. Comme vous pouvez le constater, la seule constante parmi tous ces exemples est la température extérieure : -14 °C. La température à la surface de la fenêtre dans la Fig. 2.3 est de zéro, et le verre est d'un seul panneau. Afin d'atteindre une température ambiante acceptable de 20 °C, des maisons isolées selon les normes WSVO 1977 devaient utiliser des radiateurs à 80 °C (température moyenne de l'eau). Même à cette température très élevée, les murs n'atteignent que 12 °C, soit une énorme différence de température et une série de points sensiblement froids.

Avec le temps, au fil du changement des réglementations, le climat ambiant s'est nettement amélioré, ainsi que l'indique la Fig. 2.4. La large utilisation du double-vitrage a permis d'échapper aux fenêtres glaciales et de se protéger de températures au-dessous de zéro.

Pour obtenir une température ambiante idéale, les radiateurs ne doivent maintenant générer qu'une puissance de 50 °C (température moyenne de chauffage), alors que les murs atteignent 18 °C, un milieu plus équilibré entre les 14 °C de la fenêtre et les 20 °C de la température de l'air. La situation s'améliore encore pour les bâtiments isolés aux normes EnEV 2009 vers EnEV 2012.

L'impact positif du changement de la législation

Outre l'économie d'énergie et la réduction des coûts, l'avantage immédiat d'une meilleure isolation s'est traduit par un meilleur climat ambiant

Climat ambiant

En 1977, la norme était de 90/70 (calcul arrivée/retour), soit près du double de ce qui a été demandé par la EnEV 2009

Fig. 2.3: Températures avant 1977 dans une maison standard (90/70/20 °C)

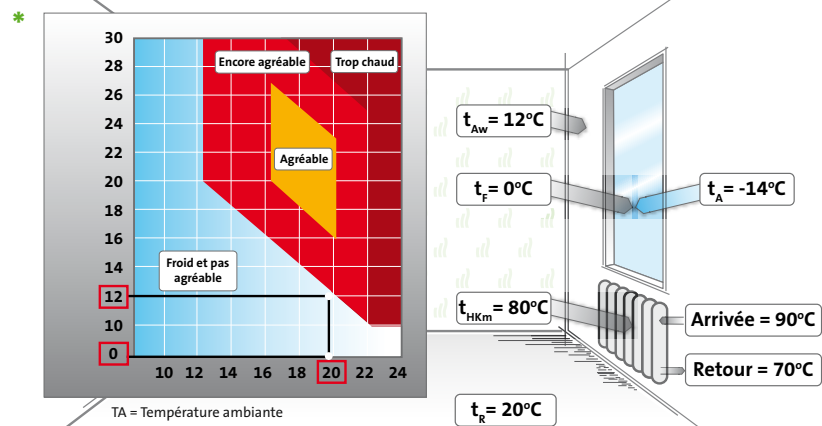


Fig. 2.5 – EnEv 2009 (45/35/20 °C)

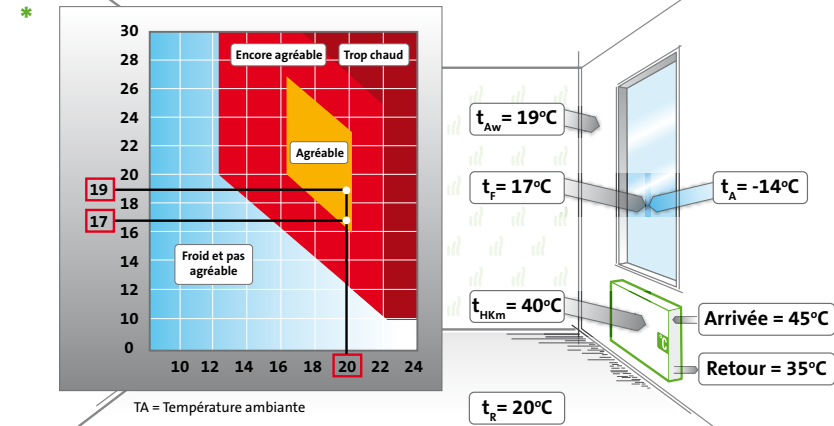
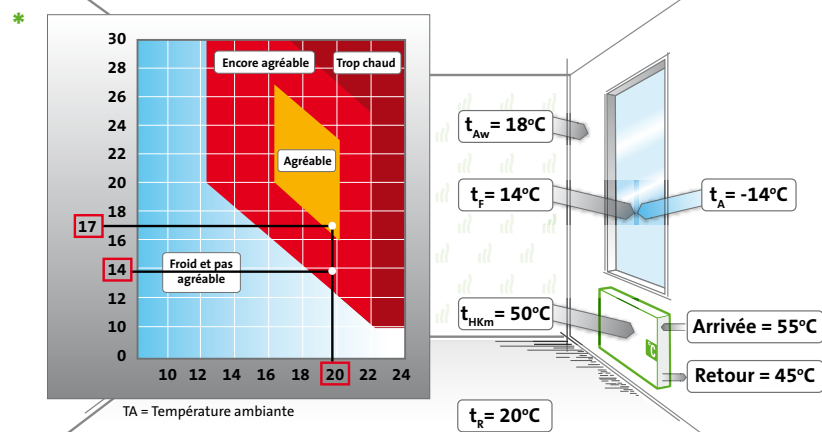


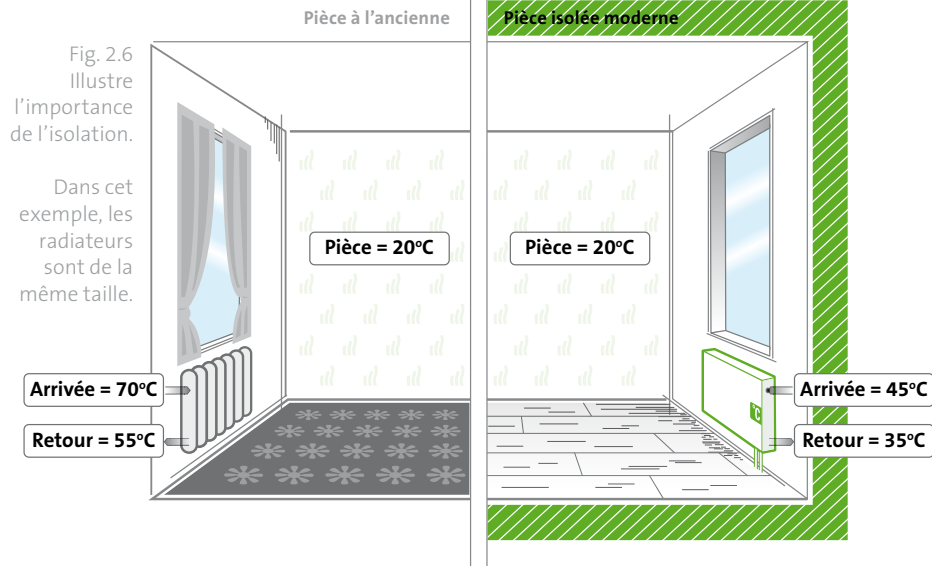
Fig. 2.4. EnEV2002 (55/45/20 °C)



Les murs dans la **Fig. 2.5** sont quasiment à la température ambiante et même les fenêtres sont chaudes, en dépit de la température glaciale à l'extérieur. Notez que la puissance du radiateur n'a désormais besoin d'atteindre qu'une moyenne de 40 °C de température de l'eau pour obtenir cette situation idéale, soit 100 % de moins que le même bâtiment isolé selon les normes de la **Fig. 2.3**.

* **Confort thermique** : Il y a plusieurs critères standards ; en voici quelques-uns :

- La valeur moyenne de la température de l'air et la température moyenne à la surface sont d'environ 21 °C.
- La différence entre les températures de l'air et les températures moyennes à la surface n'excède pas 3 °C.
- La différence entre les températures moyennes à la surface dans la direction opposée n'excède pas 5 °C.
- La température moyenne entre les hauteurs à hauteur d'homme et à hauteur de la cheville sont inférieures à 3 °C.
- La vitesse de l'air dans la pièce est inférieure à 0,15 m/s.



Demande de chaleur spécifique : 100 W/m^2
salon \times demande de chaleur :
 $11 \text{ m}^2 \times 100 \text{ W/m}^2 = 1100 \text{ W}$
Température du système : $70/55/20^\circ\text{C}$
Dimensions du radiateur :
h 580mm, l 1200mm, p 110mm
 $n^* = 1,25$
Q = 1100 W

Inconvénients des anciens radiateurs en fonte/acier :

- Forte contenance en eau (grosse pompe, frais d'électricité élevés)
- Mauvaise contrôlabilité (poids élevé, forte contenance en eau)
- Durées de chauffage et de refroidissement élevées (pas adapté aux systèmes basse température modernes)
- Design dépassé

Demande de chaleur spécifique : 50 W/m^2
salon \times demande de chaleur :
 $11 \text{ m}^2 \times 50 \text{ W/m}^2 = 550 \text{ W}$
Température du système : $45/35/20^\circ\text{C}$
Dimensions du radiateur :
h 600mm, l 1200mm, p 102mm (Type 22)
 $n^* = 1,34$
Q = 589 W

Avantages des radiateurs panneaux actuels :

- Faible contenance en eau
- Poids léger
- Optimisé pour un rendement de chaleur élevé
- Excellente contrôlabilité
- Courtes durées de chauffage et de refroidissement
- Design moderne, différents modèles, couleurs et designs pour tous les besoins et tous les goûts
- Garantie de 10 ans

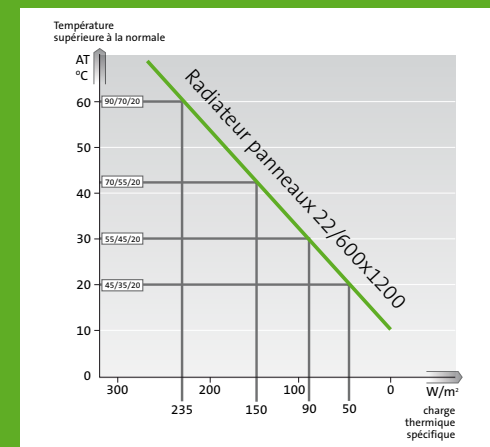
* n est l'exposant qui indique le changement dans la puissance calorifique quand les températures de la pièce et de l'eau diffèrent des valeurs utilisées pour calculer θ_0 . L'exposant n est responsable de la relation entre la radiation et la convection du radiateur (cela dépend du design). Plus la température d'arrivée est faible, plus faible sera la convection.

Taille des radiateurs

L'accroissement de l'efficacité énergétique des bâtiments au cours des dernières décennies a permis la réduction des températures de calcul du chauffage par radiateur. Dans l'illustration, les deux radiateurs ont à peu près les mêmes dimensions. La température souhaitée de la pièce, les températures d'arrivée et de retour sont bien plus élevées que celles d'une maison bien isolée. L'avantage est que le radiateur dans une pièce moderne peut avoir la même taille que celui de l'ancienne pièce, en raison de la moindre demande de chaleur après l'isolation.

Fig. 2.7 Un radiateur de même taille se conforme aux besoins changeants en énergie des bâtiments.

Les paramètres montrés sont la puissance calorifique/charge spécifique et la température supérieure à la normale ΔT .



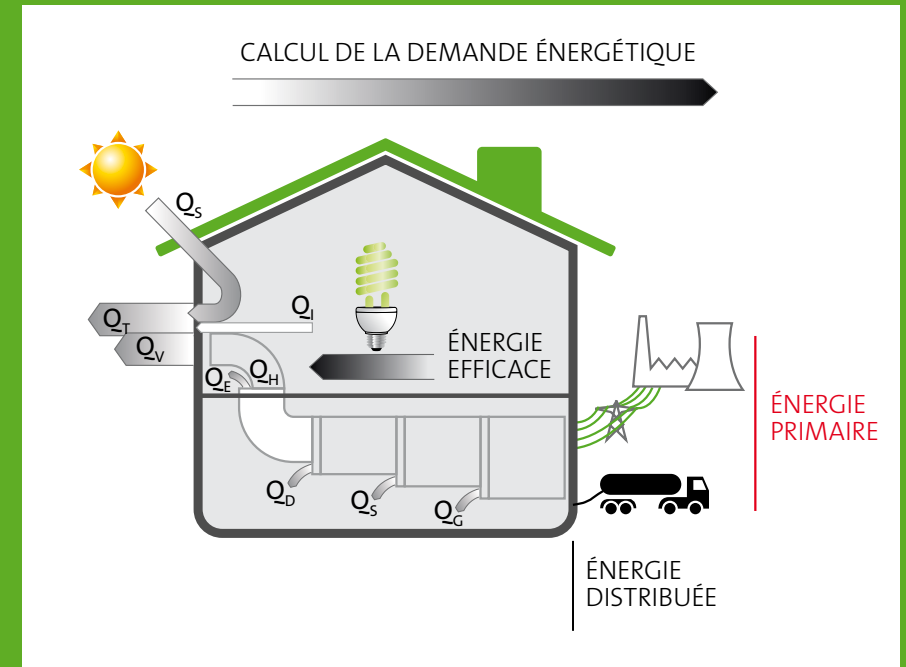
Gains de chaleur et pertes calorifiques

Les besoins énergétiques des occupants d'un bâtiment comprennent les demandes de leur système de chauffage. La **Fig. 2.8** montre une image complète de la façon dont l'énergie est amenée dans la maison à partir du point de départ, après avoir été générée en tant qu'énergie primaire.

Quand les pertes calorifiques et les gains de chaleur sont tous pris en compte, l'énergie effective peut être déterminée.

L'énergie utilisée par un bâtiment dépend des exigences des personnes qui sont à l'intérieur. Pour répondre à leurs besoins, et pour offrir un climat ambiant confortable, leur système de chauffage doit générer de la chaleur à partir de l'énergie livrée au bâtiment. Quand les pertes calorifiques et les gains de chaleur sont tous pris en compte, l'énergie effective peut être déterminée. La façon dont l'énergie est utilisée dépend de l'efficacité du système de chauffage et, comme nous l'avons vu, du niveau d'isolation du bâtiment.

Fig. 2.8



- Qt - Transmission des pertes calorifiques
- Qv - Ventilation des pertes calorifiques
- Qs - Gain de chaleur solaire
- Qi - Gains de chaleur interne
- Qe, d, s, g - Pertes par l'émission, la distribution, le stockage et la génération
- Qh - Charge thermique

Influence des gains de chaleur sur les bâtiments modernes

Les gains de chaleur sont souvent négligés quand il est question d'énergie efficace. Quand le matériel électrique est branché, quand davantage de personnes entrent dans le bâtiment, quand la lumière du soleil pénètre dans une pièce, tout cela a pour effet d'augmenter la température intérieure.

L'efficacité énergétique dépend fortement de deux choses : à quel point le système de chauffage peut utiliser les gains de chaleur et ainsi réduire la consommation d'énergie de chauffage ; et à quel point les pertes calorifiques du système sont faibles.

Parce que les bâtiments modernes sont plus thermosensibles, il est important que le système de chauffage puisse réagir rapidement aux gains de chaleur annexes. Autrement, le climat ambiant pourrait vite devenir inconfortable pour les occupants (ce qui pourrait, par exemple, avoir une incidence négative sur la productivité au travail).

Il est important que le système de chauffage puisse réagir rapidement aux gains de chaleur annexes

Fig. 2.9

Besoins de chauffage thermique pour une salle de séjour de 30 m². Norme de construction EnEv 2009, EFH, bâtiment situé à Hanovre (Allemagne).

Charge thermique à	-14 °C	= 35 W/m ²	= 1050 W
Charge thermique à	0 °C	= 21 W/m ²	= 617 W
Charge thermique à	+3 °C	= 18 W/m ²	= 525 W

Gains de chaleur intérieur en moyenne

Moyenne conformément au DIN 4108-10	= 5 W/m ²	= 150 W
Personne, allongée immobile	= 83 W/person	
Personne, assise immobile	= 102 W/person	
Ampoule, 60 W		
PC avec moniteur TFT	= 150 W/unité (marche), 5 W/unité (en veille)	
Télévision (écran plasma)	= 130 W/unité (marche), 10 W/unité (en veille)	

Exemple : 2 personnes, lumière, TV, etc. = environ 360 - 460 W

Un système d'émission de chaleur de pointe doit être capable de s'ajuster rapidement aux différents gains thermiques à l'intérieur !

COMMENT TRANSFORMER L'ÉNERGIE EN EFFICACITÉ

Le **Professeur Dr. Christer Harrysson** est un chercheur renommé qui donne des cours sur les techniques énergétiques à l'Université d'Örebro en Suède. Il a mené plusieurs recherches de comparaison de la consommation énergétique de différents systèmes, sources et émetteurs d'énergie.

A black and white portrait of Christer Harrysson, an older man with glasses, wearing a suit and tie. He is sitting at a desk with his hands clasped, holding a pen. The background is a blurred office setting.

Christer Harrysson

Le **Professeur Dr. Christer Harrysson** enseigne l'Université d'Örebro (Suède) et est Directeur de Bygg & Energiteknik AB

**Prof. Dr.
Christer Harrysson**

La recherche est l'un des outils les plus importants pour améliorer le savoir-faire et obtenir un aperçu clair et indépendant des fonctions de différents systèmes de distribution de chaleur. Elle a également permis de classer les performances de diverses solutions. Dans mes recherches, portant sur l'environnement et la consommation énergétique en Suède sur une période de 1 an, 130 maisons à Kristianstad ont fait l'objet d'une observation. Leur consommation d'électricité, d'eau chaude et d'énergie du système de chauffage ont toutes été minutieusement surveillées. Toutes les maisons ont été construites entre le milieu des années 1980 et 1990 et ont été regroupées en 6 zones distinctes, avec des variations dans la construction, la ventilation et les systèmes de chauffage. Les résultats ont été convaincants. Nous avons enregistré des différences allant jusqu'à 25 % de consommation énergétique entre les différentes solutions techniques utilisées.

L'un de mes objectifs les plus importants était de déterminer la différence entre l'efficacité énergétique de différents types de systèmes de chauffage et le confort thermique offert par ces systèmes. Nous avons comparé les résultats enregistrés du chauffage par le sol et des radiateurs, et mené des interviews avec les résidents. Nous avons trouvé que les maisons chauffées par des radiateurs utilisaient beaucoup moins d'énergie. Au total - y compris l'énergie du système de chauffage, l'eau chaude

et l'électricité de la famille – la consommation moyenne d'énergie mesurée a été de 115 kWh/m².

Ceci comparé à l'utilisation moyenne d'énergie de 134 kWh/m² dans des maisons équipées de chauffage par le sol. En bref, nos données montrent que les radiateurs sont, selon ces mesures, de 15 à 25 % plus efficaces que le chauffage par le sol. Les données recueillies montrent aussi que la différence de 15 % est en corrélation avec les maisons chauffées par le sol avec une isolation de 200 mm ESP sous la dalle du sol en béton.

Une autre conclusion importante et significative de cette étude est que les concepteurs, fournisseurs et installateurs doivent s'ingénier à fournir des informations claires et transparentes aux résidents. En outre, nous recommandons que le niveau de confort soit aussi important que la performance et la consommation énergétiques calculées des bâtiments neufs, mais aussi rénovés. Une chose qui devrait être prise en compte par les aménageurs de projets, les constructeurs, mais aussi par les propriétaires et les responsables des services généraux des bâtiments neufs.

Note : *Les maisons de l'étude sont directement comparables aux bâtiments isolés selon la réglementation allemande EnEV 2009.*

Vous pourrez trouver un résumé exhaustif de l'étude menée par le Professeur Harrysson sur www.radson.com/fr/clever (France) ou www.radson.com/bf/clever (Belgique).

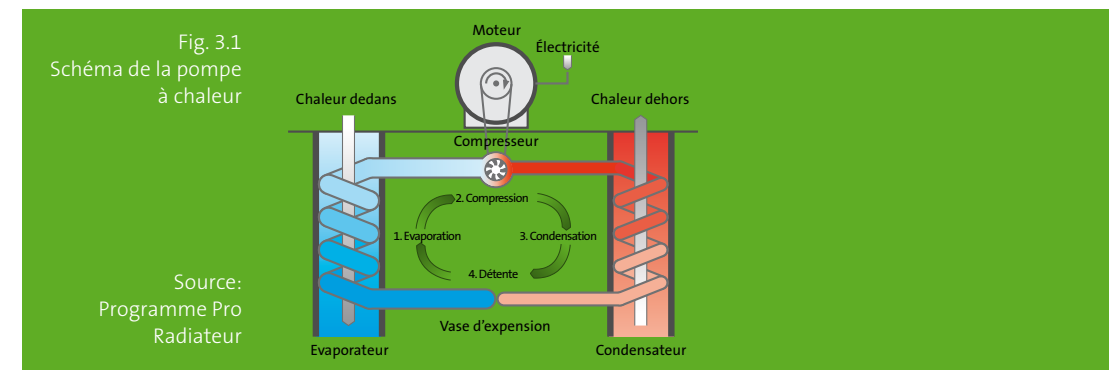
CHAPITRE 3

UTILISATION CROISSANTE DE SYSTÈMES HYDRAULIQUES À BASSE TEMPÉRATURE

- **Pompe à chaleur et chaudière à condensation** > Les deux sources de chaleur dans des bâtiments modernes et isolés sont des moyens efficaces de pour alimenter des systèmes hydrauliques à basse température
- **Efficacité de la production de chaleur** > Les deux sources de chaleur fonctionnent aussi parfaitement avec des radiateurs basse température
- **Rénovation énergétique des bâtiments** > Les bâtiments chauffés par des systèmes de radiateurs basse température consomment moins d'énergie au total que les bâtiments chauffés par le sol
- Améliorer l'efficacité énergétique des bâtiments les plus anciens est le moyen le plus efficace pour économiser un maximum d'énergie

Grâce à une demande de chauffage réduite, les maisons et les bureaux ont désormais besoin de moins d'énergie pour se réchauffer. Cela fait de la pompe à chaleur le partenaire idéal d'un système de chauffage moderne. La température à quelques mètres en dessous du sol est relativement constante, autour de 10 °C, sur toute l'année. Les pompes à chaleur géothermiques en tirent parti avec l'aide d'une boucle de tuyaux – le capteur au sol vertical – enfoui à 100-150 m sous terre ou sinon le capteur horizontal plus près de la surface. En général, un mélange eau/éthanol est pompé par ce circuit où l'échange de chaleur intervient avant que le fluide réchauffé ne retourne à la pompe et de là au système de chauffage. Les pompes à chaleur air-eau sont également de bonnes alternatives. Elles peuvent utiliser l'air de l'extérieur et/ou l'air d'aspiration de la ventilation comme source de chaleur.

Pompe à chaleur



Chaudière à condensation

La plupart des chaudières ont une seule chambre de combustion entourée des canalisations de l'échangeur de chaleur par lesquels passent les gaz chauds. Ces gaz sont finalement rejetés par le conduit d'évacuation de fumée situé au sommet de la chaudière, à une température d'environ 200 °C. De leur côté, les chaudières à condensation permettent d'abord à la chaleur de s'élever vers le haut par le biais du principal échangeur de chaleur et une fois au sommet ces gaz sont dirigés sur un échangeur de chaleur secondaire.

Dans les chaudières à condensation, le combustible (gaz ou fioul) est brûlé pour chauffer l'eau dans un circuit de tuyauterie qui peut comprendre les radiateurs du bâtiment. Une fois le combustible consommé, la vapeur est un produit secondaire du processus de combustion et cette vapeur est condensée en eau chaude. L'énergie est extraite et la chaleur obtenue de ce flux d'eau de retour est ensuite renvoyée au circuit (Fig. 3.2). Même si le gaz comme le fioul peuvent être utilisés, le gaz est plus efficace puisque l'échappement de l'eau chauffée dans un système de gaz condense à 57 °C, alors que dans un système à base de fioul, cela n'arrive pas avant 47 °C. Un avantage supplémentaire d'un système à base de gaz est sa contenance plus élevée en eau.

Pour toutes les chaudières à condensation, il y a une économie conséquente d'énergie grâce à l'utilisation efficace du combustible consommé : le gaz d'échappement est à environ 50 °C, par rapport aux chaudières traditionnelles, dont les gaz de conduit s'échappent sans avoir été utilisés à 200 °C.

Ces deux sources de chaleur dans des bâtiments modernes et isolés sont des moyens efficaces pour alimenter des systèmes hydrauliques à basse température, les rendant parfaitement adaptés aux radiateurs, qui peuvent être utilisés avec n'importe quelle source de chaleur, y compris les énergies renouvelables.

Les deux sources de chaleur sont des moyens efficaces pour alimenter des systèmes hydrauliques à basse température

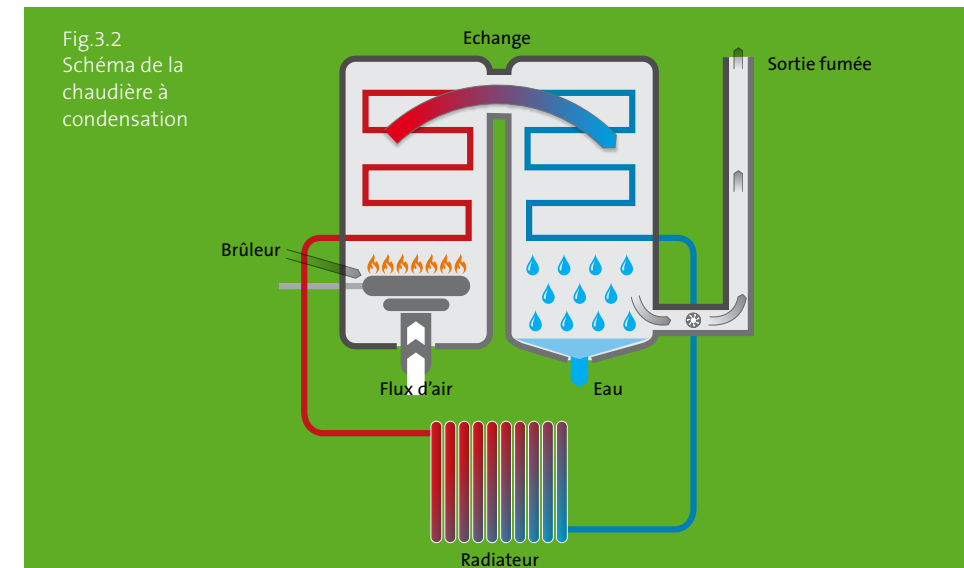
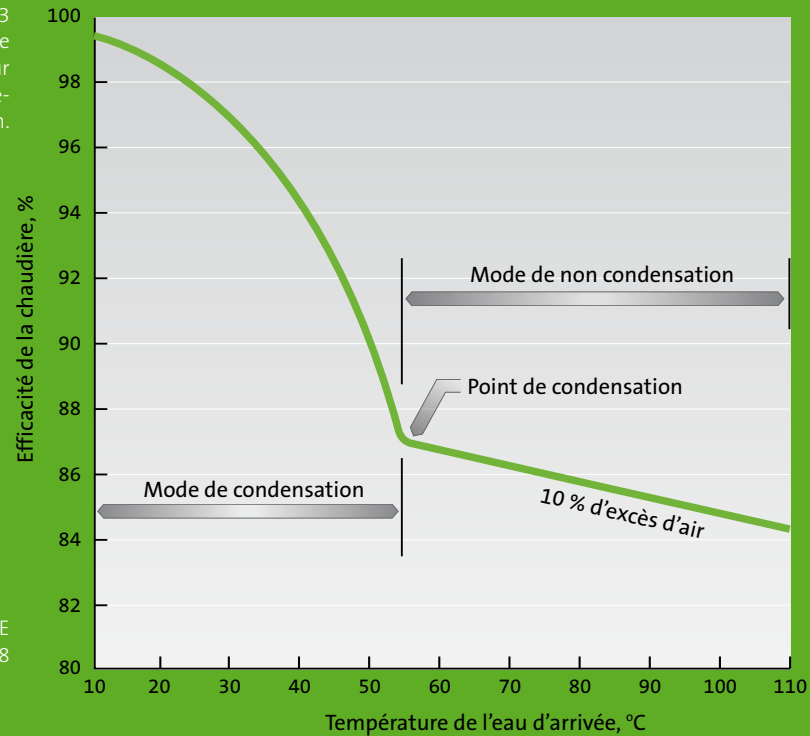


Fig. 3.3
Effet de la température
de l'eau d'arrivée sur
l'efficacité des chaudières
à condensation.



Source : ASHRAE
Handbook 2008

Les chaudières à condensation peuvent fonctionner dans le mode de condensation quand les températures d'eau à l'arrivée du réseau de chauffage restent inférieures à 55 °C. L'augmentation de l'efficacité, par rapport à une chaudière standard, est d'environ 6 % pour le fioul et d'environ 11 % pour le gaz (Source : ASUE 2006). Ce seul argument est une raison convaincante pour concevoir des radiateurs à faibles régimes d'eau.

On pense souvent que les pompes à chaleur sont spécifiques au chauffage par le sol, alors qu'en fait, elles fonctionnent aussi tout aussi bien avec des radiateurs basse température. La norme EN 14511-2 décrit une méthode simplifiée pour calculer le facteur de performance saisonnier (FPS), ne prenant en compte que la température d'arrivée d'eau du système de chauffage. Ce mode de calcul peut donner des valeurs raisonnablement précises du FPS pour le chauffage par le sol, où les différences de température d'eau à l'arrivée et au retour sont en général faibles, souvent moins de 5 °C. Cette méthode simplifiée n'est pas applicable au chauffage par radiateur, où les différences de températures d'eau à l'arrivée et au retour sont plus importantes. Pour les besoins de ces calculs, la norme EN 14511-2 montre une méthode précise, qui prend aussi en compte la température de l'eau de retour. Conjointement avec le FPS, le COPa, le coefficient annuel de performance, décrit l'efficacité de la pompe à chaleur, sur une durée d'utilisation d'une année.

Note : Le besoin en énergie primaire d'une chaudière à condensation associée au solaire utilisée pour le chauffage et l'eau chaude ressemble à celui d'une seule pompe à chaleur à eau.

Source : ZVSHK, Wasser Wärme, Luft, Ausgabe 2009/2010

**Efficacité de
la production
de chaleur**

**Les pompes à chaleur
fonctionnent tout
aussi bien avec des
radiateurs basse
température**

Fig. 3.4 Le tableau des valeurs COPa pour différentes températures de calcul de l'eau, production combinée de chauffage et d'eau chaude à usage domestique, eau chaude sanitaire (ECS) et chauffage seulement. Les températures de condensation qui en résultent sont aussi montrées. Le bâtiment de référence est une maison individuelle moderne à Munich, équipée d'une pompe à chaleur électrique au sol. Les valeurs COP sont vérifiées par des mesures en laboratoire (Bosch 2009).

Fig. 3.4

Coefficient annuel de performance : COPa

COPa = Quantité de chaleur fournie par la pompe à chaleur divisée par l'énergie nécessaire pour conduire le processus sur une période d'un an.

Températures de calcul	Températures de condensation	COPa combiné	COPa chauffage seulement
70/55/20	62,4	2,8	3,0
55/45/20	49,2	3,2	3,6
60/40/20	49,0	3,2	3,6
50/40/20	44,0	3,3	3,8
45/35/20	38,8	3,5	4,1
50/30/20	38,7	3,5	4,1
40/30/20	33,7	3,6	4,4
35/28/20	30,2	3,8	4,6

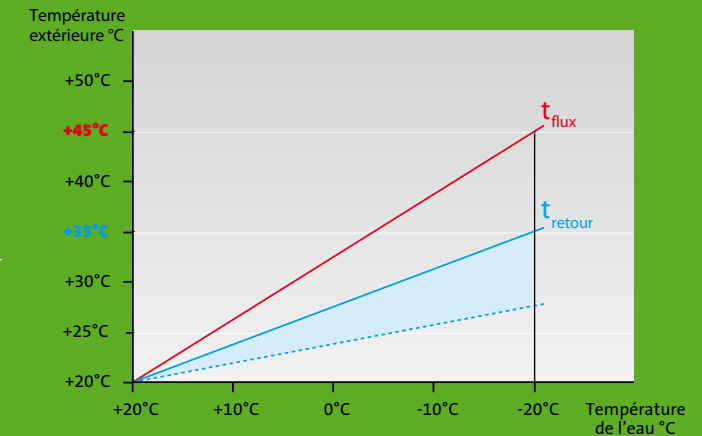
Pompe à chaleur électrique source-sol. Chiffres COPa du bâtiment de référence (IVT Bosch Thermoteknik AB)

Les résultats indiqués montrent qu'il est extrêmement avantageux d'utiliser des basses températures avec les radiateurs quand on utilise des pompes à chaleur pour produire de la chaleur. Les pompes à chaleur pour des petites maisons sont souvent combinées avec la production d'ECS. Quand on compare les valeurs COPa combinées, on peut voir que les températures de calcul de l'eau d'un système RBT classique (45/35) donnent environ 10 % de plus d'efficacité à la pompe à chaleur que le système 55/45. La différence entre le système 45/35 et le système 40/30 classique du chauffage par le sol est d'environ 3 % et de 9 % par rapport au système 35/28.

Il est extrêmement avantageux d'utiliser des basses températures avec les radiateurs quand on utilise des pompes à chaleur pour produire de la chaleur

Fig. 3.5

La température de retour du radiateur, lors de l'utilisation du robinet de radiateur thermostatique, est plus faible en raison des gains de chaleur et de la fonction de thermostat correspondante.



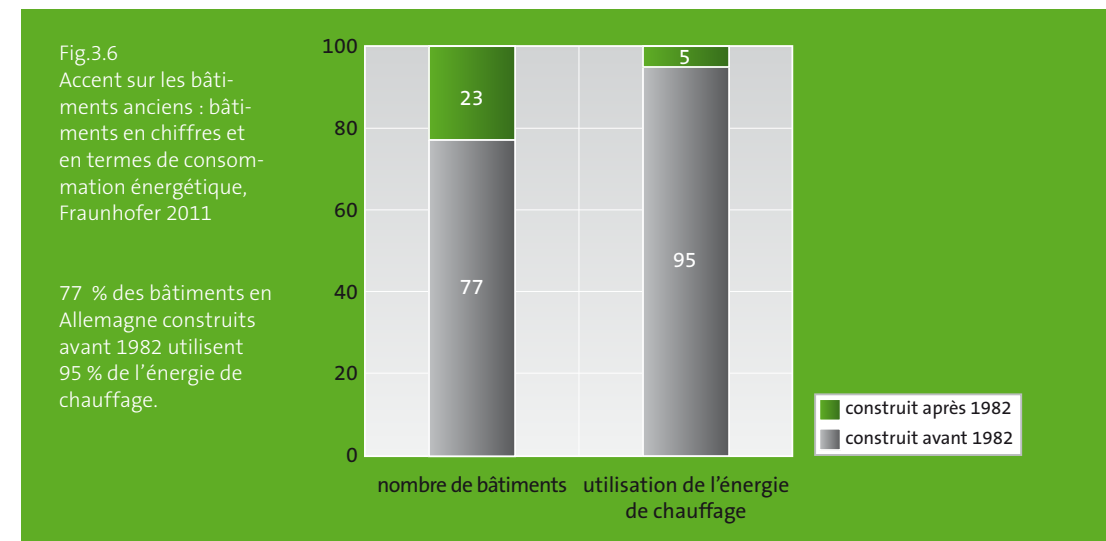
Réaménagement énergétique des bâtiments

Les bâtiments chauffés par des systèmes de radiateurs basse température consomment moins d'énergie au total que les bâtiments chauffés par le sol

En bref, les bâtiments chauffés par des systèmes de radiateurs basse température consomment moins d'énergie au total que les bâtiments chauffés par le sol, même en utilisant des pompes à chaleur comme générateurs de chaleur. Les différences de valeurs COP sont compensées par la plus grande efficacité énergétique des radiateurs basse température.

Les bâtiments, particulièrement les bâtiments résidentiels, sont actuellement dans une spirale de consommation d'énergie. L'énergie utilisée dans les bâtiments constitue à elle seule le plus fort secteur de consommation d'énergie en Europe. Il serait logique que nos activités d'économies d'énergie soient axées sur la réduction de l'utilisation d'énergie dans les bâtiments. Chose intéressante pourtant, les bâtiments modernes (neufs ou bien rénovés) ne sont en fait pas le problème quand il est question de consommation d'énergie. Si nous prenons les constructions en Allemagne par exemple, le nombre de bâtiments neufs construits après 1982 constitue 23 % du parc immobilier total du pays, mais ne consomme que 5 % de l'énergie de chauffage. En d'autres termes, améliorer l'efficacité énergétique des bâtiments plus anciens est un moyen plus efficace d'économiser plus d'énergie.

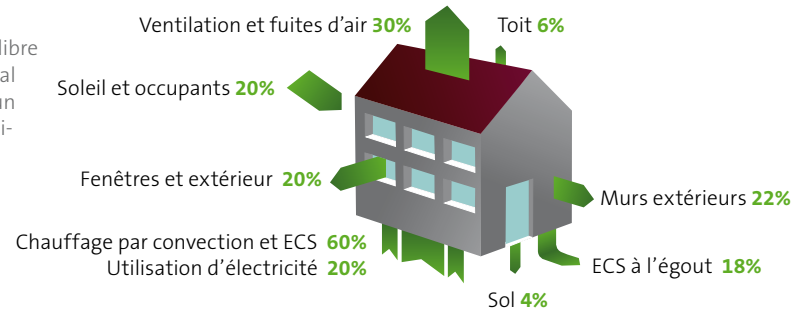
Rénovation énergétique des bâtiments plus anciens est un moyen plus efficace d'économiser plus d'énergie



L'équilibre énergétique total d'un bâtiment consiste en flux d'énergie dans et hors du bâtiment

L'équilibre énergétique total d'un bâtiment consiste en flux d'énergie entre l'extérieur et l'intérieur du bâtiment. Une énergie de refroidissement potentielle n'est pas comprise dans ces chiffres. Les flux d'énergie du bâtiment en exemple peuvent être définis comme suit :

Fig. 3.7
Exemple d'équilibre énergétique total du bâtiment d'un bâtiment à plusieurs étages



Hors du bâtiment/émissions et pertes

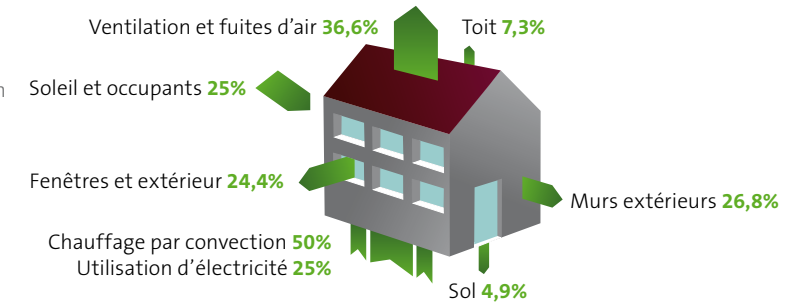
- Ventilation et fuites d'air	30 %	- Taux de changement d'air = 0,5 1/h
- Eau chaude sanitaire à l'égout	18 %	- 35 kWh/m ² a
- Murs extérieurs	22 %	- U = 1,0 W/m ² K
- Fenêtres et extérieur	20 %	- U = 3,5 W/m ² K
- Toit	6 %	- U = 0,7 W/m ² K
- Sol	4 %	- U = 1,0 W/m ² K
total	100 %	- U_{moyenne} = 1,3 W/m²K

Dans le bâtiment/arrivée

- Chauffage par convection et ECS	60 %
- Utilisation d'électricité	20 %
- Soleil et occupants	20 %
total	100 %

Si nous retirons les pertes d'énergie par les égouts, qui sont une source d'économie d'énergie extrêmement importante, les chiffres sont concentrés sur les axes habituels de la rénovation énergétique.

Fig. 3.8
Exemple d'équilibre énergétique de chauffage par convection d'un bâtiment à plusieurs étages



Hors du bâtiment/émissions et pertes

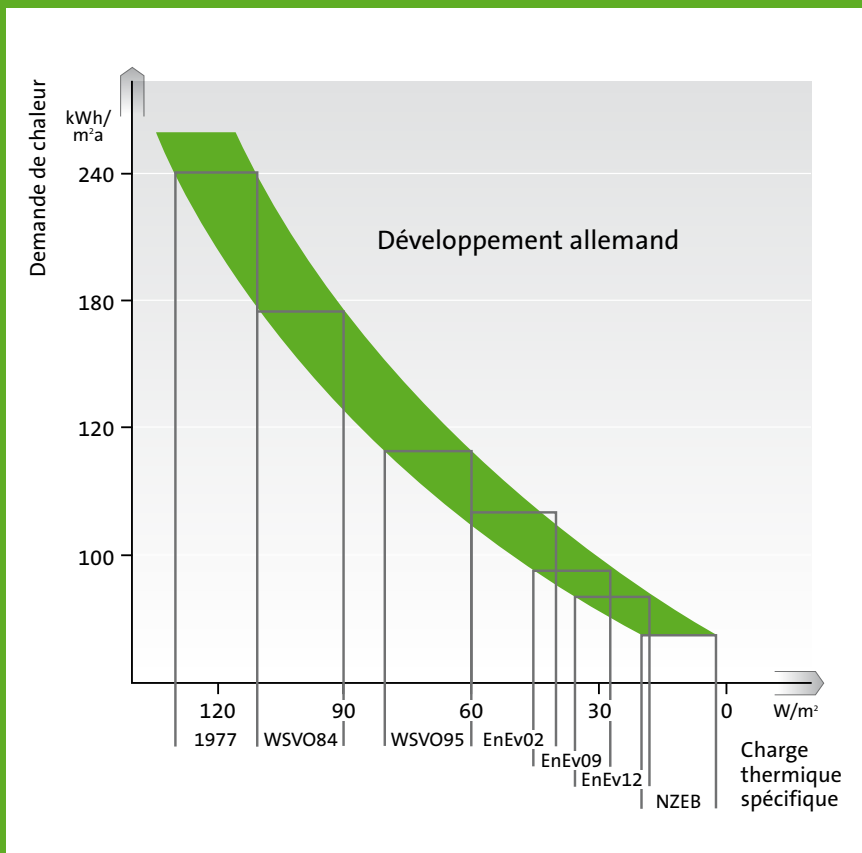
- Ventilation et fuites d'air	36,6 %
- Murs extérieurs	26,8 %
- Fenêtres et extérieur	24,4 %
- Toit	7,3 %
- Sol	4,9 %
total	100 %

Dans le bâtiment/arrivée

- Chauffage par convection	50 %
- Utilisation d'électricité	25 %
- Soleil et occupants	25 %
total	100 %

Ces chiffres sont des valeurs d'exemple pour des bâtiments à plusieurs étages plus anciens, où la demande courante d'énergie de chauffage par convection, y compris les pertes de transmission et la ventilation, est d'environ 240 kWh/m²a. Si nous voulons faire une approximation d'autres types de maisons, nous devrions prendre en considération les caractéristiques suivantes : tailles des surfaces, valeurs U et taux de ventilation des flux d'air. Par exemple, une maison d'un étage a relativement bien plus de pertes par le toit et le sol qu'un immeuble à plusieurs étages.

Fig. 3.9
Demande de chauffage par convection – schéma spécifique de charge thermique à des fins d'approximation.



Développement des demandes de chaleur et des charges thermiques spécifiques dans les bâtiments allemands.

faire une corrélation entre les demandes de chauffage par convection, kWh/m²a, et les charges thermiques spécifiques, W/m², basée sur les chiffres de statistiques disponibles à différentes périodes de critères énergétiques des bâtiments allemands.

Considérons le bâtiment à plusieurs étages de référence s'il est rénové et recalculons. La charge thermique spécifique de la phase originale peut être évaluée à partir du schéma de la **Fig. 3.9** pour une demande de chauffage par convection de 240 kWh/m²a. La valeur de la charge thermique est d'environ 120 W/m². L'enveloppe du bâtiment et l'isolation seront améliorées. Les nouvelles valeurs U des éléments du bâtiment seront :

- Murs extérieurs $U = 0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$
 - Fenêtres et extérieur $U = 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$
 - Toit $U = 0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$
 - Sol $U = 0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$
- $U_{\text{moyenne}} = 0,40 \text{ W/m}^2\text{K}$

Demande d'énergie de chauffage par convection et charges thermiques spécifiques

S'il n'y a pas de changements dans la zone de surface des éléments du bâtiment et si les taux de flux d'air de la ventilation restent également inchangés, nous pouvons calculer l'influence de l'amélioration de l'isolation. Les pertes de transmission seront réduites de 31 % tandis que les valeurs U pondérées de la zone, la U_w moyenne = 1,3 W/m²K baissera à U_w moyenne = 0,40 W/m²K. La ventilation demeure donc inchangée et la réduction totale des pertes de chaleur sera seulement de 44,3 %.

***Note:** Ce type de projet répandu d'amélioration de l'isolation est souvent motivé par un besoin de meilleures fenêtres et d'une façade plus attrayante ou par un besoin de confort thermique plus élevé et d'environnement intérieur plus sain.*

Le nouveau partage des pertes sera :

- Ventilation et infiltration	65,1 %
- Murs extérieurs	11,4 %
- Fenêtres et extérieur	16,1 %
- Toit	3,6 %
- Sol	4,4 %
	total 100 %

La charge thermique sera de 44,3% inférieure à celle du cas d'origine. La nouvelle charge spécifique est d'environ 67 W/m², et la **Fig. 3.9** montre que la valeur de la demande de chauffage correspondante est d'environ 100 kWh/m²a.



JE METS LE SCIENCE EN PRATIQUE

Le Professeur Dr. Jarek Kurnitski, l'un des scientifiques éminents dans le domaine du HVAC, est actuellement en train de travailler en tant qu'expert reconnu de l'énergie dans le Fonds d'Innovation Finlandais, Sitra. Scientifique récompensé par la REHVA au niveau européen, il a publié près de 300 articles.



**Plus grand n'est
certainement pas
synonyme de meilleur**

Dans l'industrie du chauffage, il existe encore un mythe selon lequel, avec les systèmes de chauffage à basse température, il faut des radiateurs plus grands. Or, plus grand n'est certainement pas synonyme de meilleur. Lors de mon étude comparative sur les émetteurs de chaleur, j'ai trouvé que, même pendant les hivers les plus rigoureux, il faut une puissance calorifique à changement rapide pour garder la température ambiante au niveau du confort optimal. Les deux systèmes étaient réglés à 21 °C, la limite de confort la plus basse et une température ambiante idéale. Comme vous pouvez le voir sur la **Fig. A.1**, lorsque des gains de chaleur interne ne dépassant pas 0,5 °C étaient détectés, le système de radiateurs, avec sa faible masse thermique, a réagi rapidement et a gardé la température ambiante proche du point de consigne.

Alors qu'avec la masse thermique élevée du chauffage par le sol, le temps de réaction était beaucoup plus lent, lorsque des gains de chaleur étaient détectés. Cela signifie que les systèmes de chauffage par le sol ont continué à émettre de la chaleur, portant la température bien au-dessus de la température optimale, avec d'importantes fluctuations inconfortables. Mon étude montre, qu'en fait, pour garder la température ambiante plus proche de la température optimale de 21 °C, la seule solution est d'augmenter le point de consigne pour les systèmes de chauffage par le sol à 21,5 °C.

Pour beaucoup de gens 0,5 °C n'est pas grand-chose, mais lorsque vous appliquez cela toutes les heures, tous les jours, pendant toute la période de chauffage hivernale, les chiffres commencent à se multiplier et tout espoir de parvenir à une efficacité énergétique s'envole. Une différence d'un degré dans la température ambiante correspond à environ 6 % de consommation énergétique. Une réaction rapide aux gains de chaleur et les faibles pertes du système sont les éléments clés de systèmes de chauffage efficaces sur le plan énergétique. Le réglage central entraîne une surchauffe dans certaines pièces qui débouche finalement sur une sanction énergétique. C'est pourquoi mon étude recommande l'utilisation de systèmes à basse température pour réduire les pertes du système, ainsi que l'utilisation d'émetteurs de chaleur pouvant être contrôlés individuellement. Le choix de radiateurs s'impose donc.

CHAPITRE 4

SIGNIFICATIVES PREUVES

- **Professor Dr. Jarek Kurnitski** > les conclusions d'ensemble de mes recherches montrent que les radiateurs sont environ 15 % plus efficaces dans des maisons à un seul étage et jusqu'à 10 % dans les bâtiments à plusieurs étages
- **Professor Dr. Christer Harrysson** > dans les conditions données, les zones avec chauffage par le sol ont, en moyenne, un niveau de consommation énergétique de 15 à 25 % plus élevé (hors électricité de la propriété) par rapport à la valeur moyenne des zones équipées de systèmes de radiateurs.

En 2008, le service R&D de Rettig ICC a commencé un nouveau projet, avec comme objectif de clarifier divers arguments qui persistent dans l'industrie du chauffage. Ce projet appelé Programme Pro Radiateur nous a pris deux ans, au cours desquelles nous avons pu recenser différents points de vue "Pour" ou "Contre" le radiateur et des arguments en faveur des autres solutions de chauffage.

Nous avons pu distinguer au total 140 opinions. Après les avoir triées et regroupées, nous avons déterminé 41 questions pratiques de recherche pour analyser, tester et conclure. Pour présenter des résultats de recherche de façon impartiale et indépendante, nous avons demandé à des experts externes de nous aider dans cette immense activité de recherches. Plusieurs experts internationaux de premier plan, des universités et des instituts de recherche ont travaillé étroitement avec nous. Cela a mené à une quantité incroyable de données de recherche, de recommandations et de conclusions.

Beaucoup d'idées reçues, voire de fausses idées ont alimenté aussi l'industrie. La nouvelle la plus importante pour nous, cependant, a été que tous les résultats des recherches montraient à quel point les radiateurs fonctionnaient efficacement dans des bâtiments modernes bien

Mikko Ivonon,
Directeur R&D,
Recherche et normes
techniques, Rettig ICC

isolés. Nous avons donc extrait ces résultats et initié, au sein de nos recherches, un nouveau programme à part pour analyser les différents systèmes de chauffage en coopération avec le Laboratoire HVAC de l'Université de Technologie d'Helsinki. Les simulations précises et les comparaisons de fonctions de tous ces différents systèmes de chauffage ont démontré et vérifié que nos résultats et conclusions antérieurs sur les radiateurs étaient corrects.

Données concrètes

Nous avons déjà évoqué certains des résultats de nos recherches dans ce guide. Mais, en ce qui vous concerne, il est important de réaliser que nos conclusions sont basées non seulement sur une théorie scientifique, mais aussi sur des données concrètes récoltées sur des bâtiments à faible consommation d'énergie récemment construits dans les régions nordiques. Puisque des pays comme la Suède, la Finlande, la Norvège et le Danemark ont ouvert la voie dans le domaine des pratiques de faible consommation d'énergie et de haute isolation. Ce fait, conjugué à notre travail avec des universitaires comme le Prof. Leen Peeters (Université de Bruxelles - Belgique) et le Prof. Dr. Dietrich Schmidt (Institut Fraunhofer - Allemagne), nous permet d'affirmer en toute confiance que tous nos résultats et conclusions sont valables pour la grande majorité des pays européens.

En plus des économies théoriques que j'ai soulignées dans les chapitres précédents, un certain nombre d'études réalisées à la même période ont mesuré l'efficacité des systèmes modernes de chauffage et ont comparé la consommation énergétique de divers émetteurs de chaleur. Le Prof. Jarek Kurnitski ainsi que le Prof. Christer Harrysson partagent avec vous leurs plus importantes découvertes concernant ces études de cas spécifiques dans ce chapitre.

Toutes les études que nous avons citées dans ce guide ont démontré que l'efficacité énergétique pouvait être augmentée d'au moins 15 % en cas d'utilisation de systèmes de radiateurs basse température. Il s'agit d'un chiffre modeste – certaines études montrent que ce chiffre peut être encore plus élevé. Souvent la raison invoquée est le comportement de l'occupant : des températures ambiantes plus élevées, de plus longues périodes de chauffage, etc.

Coopération universitaire



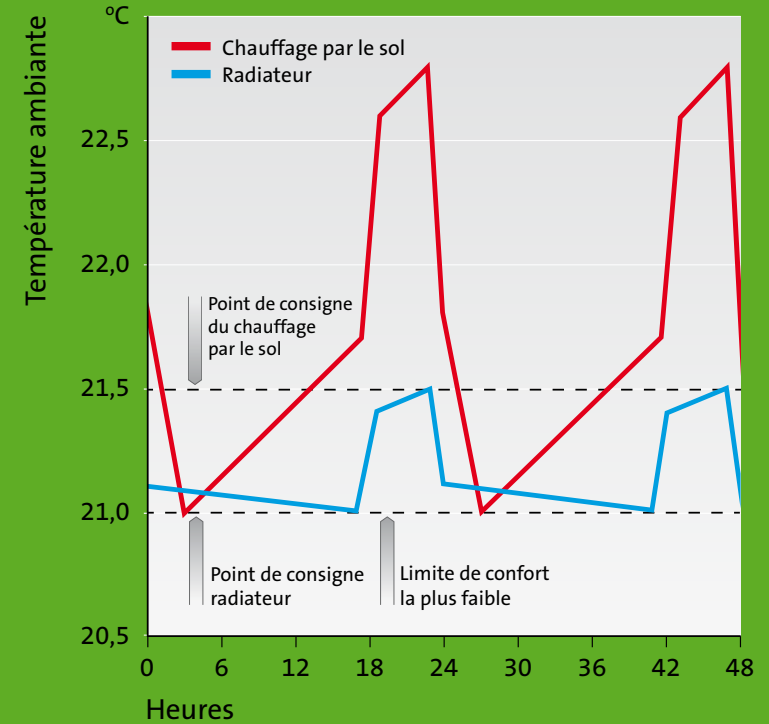
Professeur Jarek Kurnitski : Masse thermique et chauffage efficace énergétiquement

Les recherches du Professeur Jarek Kurnitski montrent que la masse thermique des émetteurs de chaleurs exerce une énorme influence sur les performances des systèmes de chaleur. Même pendant la période hivernale la plus froide, il faut une puissance thermique changeant rapidement pour garder la température ambiante dans un registre de confort optimal.

Dans le cas de systèmes de chauffage par radiateur réagissant rapidement avec une faible masse thermique, les gains de chaleur n'augmentent pas de plus de 0,5°C

Le principe de la réaction de la température ambiante aux gains et aux pertes de chaleur est montré dans la **Fig. 4.1** où deux systèmes sont comparés. Dans le cas de systèmes de chauffage par radiateur réagissant rapidement avec une faible masse thermique, les gains de chaleur n'augmentent pas de plus de 0,5 °C la température ambiante, gardant la température ambiante proche du point de consigne de 21,5 °C. Le chauffage par le sol traditionnel avec une masse thermique élevée n'arrive pas à maintenir constante la température ambiante. Les recherches montrent qu'il a fallu augmenter le point de consigne à 21,5 °C pour garder la température ambiante au-dessus de la limite de confort la plus faible de 21 °C. La seule taille de l'émetteur de chaleur montre que sa puissance était à la traîne de la demande de chauffage, ce qui a eu pour effet une température ambiante très fluctuante et un gaspillage d'énergie.

Fig. 4.1. Réaction de la température ambiante à la masse thermique de l'émetteur de chaleur pendant la saison hivernale, quand les gains de chaleur n'excèdent pas, en règle générale, 1/3 de la demande de chaleur.



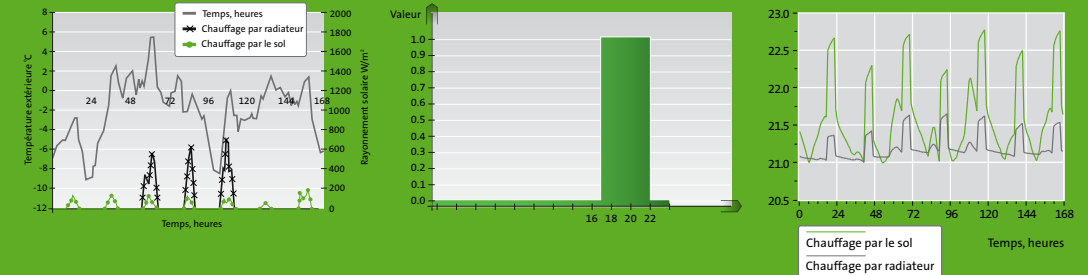
Maximisation des gains de chaleur dans les bâtiments modernes

La situation montrée dans la **Fig. 4.1** est basée sur des simulations détaillées et dynamiques d'une maison moderne en Allemagne. Les résultats de la température ambiante pour la première semaine de janvier sont indiqués dans la **Fig. 4.2**. En raison de la nature imprévisible des gains de chaleur solaire et interne, les performances du chauffage par le sol ne peuvent pas être améliorées par des stratégies prédictives de contrôle. Les gains de chaleur compensent bien le chauffage par le sol, mais ils émettent encore de la chaleur sur les surfaces extérieures plus froides, comme les fenêtres et les murs extérieurs, pendant une durée considérable. Cela surchauffe la pièce.

La nuit, quand la température de la pièce tombe au-dessous du point de consigne de 21,5 °C, il faut de nombreuses heures avant que la température ne commence à augmenter, et ce malgré la mise en route du chauffage par le sol. En fait, mes recherches ont prouvé que la température ambiante continuait de baisser, ce qui a eu pour conséquence de rendre nécessaire un point de consigne plus élevé.

Un logiciel de simulation de construction sophistiqué, appelé IDA-ICE, a été utilisé pour obtenir les résultats décrits ci-dessus. Ce logiciel a été soigneusement validé et a démontré qu'il pouvait fournir des données extrêmement précises dans les calculs de comparaison de tels systèmes.

Fig. 4.2
Températures ambiantes simulées, première semaine de janvier. La température extérieure, les gains de chaleur solaire, interne et externe sont montrés sur la gauche.



Gains de chaleur externes la première semaine de janvier - Données météo

Gains de chaleur interne par jour

Températures de l'air résultantes

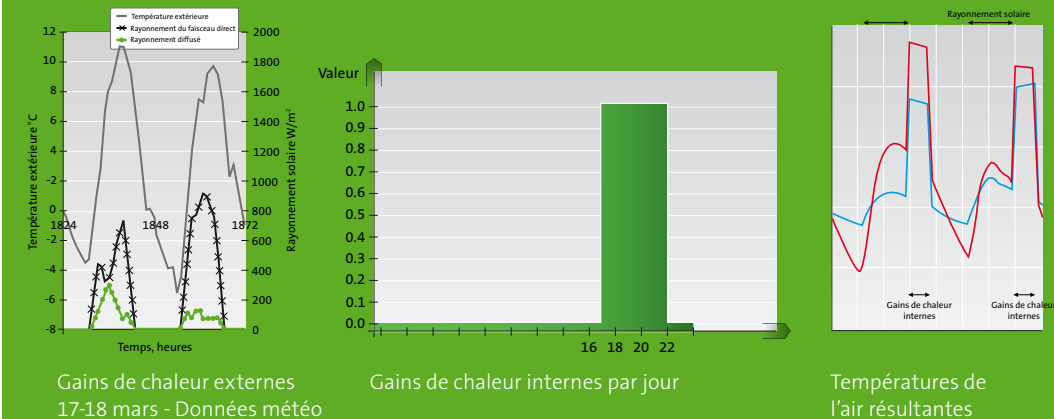
À la mi-saison, les gains de chaleur sont proches des besoins de chaleur, ce qui rend plus compliqué le fait de contrôler la température ambiante. La **Fig. 4.3** montre la performance pendant deux journées en mars. Les gains solaires sont significatifs et la température extérieure fluctue fortement. Une fois de plus, la chaleur du radiateur a conduit à une température ambiante plus stable et à une meilleure utilisation des gains de chaleur.

Conclusion

Une réaction rapide aux gains de chaleur conjuguée à de faibles pertes du système constituent les éléments clés de systèmes de chauffage efficaces énergétiquement. Le contrôle de la température individuelle dans chaque pièce est également de la plus haute importance, parce que les besoins de chauffage varient fortement d'une pièce à une autre. Le contrôle central conduit à surchauffer certaines pièces avec la rançon énergétique qui en découle. Pour cette raison, mes recherches recommandent l'utilisation de systèmes basse température pour réduire les pertes du système et des émetteurs de chaleur sensibles avec contrôle individuel/par pièce.

Dans cette perspective, nous pouvons également affirmer que le chauffage par le sol est moins efficace et moins efficient sur le plan énergétique, en comparaison des résultats mesurés sur les radiateurs. De fait, les conclusions d'ensemble de mes recherches montrent que **les radiateurs sont environ 15 % plus efficaces dans des maisons à un seul étage** et jusqu'à 10 % dans les bâtiments à plusieurs étages.

Fig. 4.3
Les journées ensoleillées en mars vont accroître la fluctuation de la température ambiante.



**Professeur
Dr. Christer Harrysson,
Construction and Energy
Ltd, Falkenberg et
Université d'Örebro**

Le principal objectif de mes recherches a été d'accroître le niveau des connaissances concernant les différentes solutions de chauffage. En particulier, le chauffage par le sol et les systèmes de radiateurs ont été comparés. Le projet, initié par AB Kristianstadsbyggen et Peab, a été financé par la DESS (Delegation for Energy Supply in Southern Sweden – Délégation pour la fourniture en énergie du Sud de la Suède) et le SBUF (Development Fund of the Swedish Construction Industry – Fonds de développement de l'industrie de la construction suédoise).

Les différences dans les modes de vie entre des maisons individuelles techniquement identiques peuvent avoir pour conséquence des variations dans la consommation totale d'énergie (électricité, eau chaude et systèmes de chauffage) de la famille pour totaliser 10 000 kWh par an. Il y a de nombreuses solutions techniques différentes, à savoir des combinaisons de systèmes d'isolation, d'étanchéité, de chauffage et de ventilation. En fonction de leur choix, la consommation d'énergie et l'environnement intérieur peuvent différer considérablement. Le Swedish National Board of Housing, Building and Planning (Conseil national suédois du logement, de la construction et de l'urbanisme) a réalisé une étude sur une dizaine de zones pavillonnaires composées de maisons équipées de chauffage électrique et

occupées par 330 foyers. Les différentes solutions techniques ont été testées puis un relevé des compteurs et des factures individuelles de consommation d'eau et d'électricité ont été effectuées. L'étude a démontré qu'en fonction des solutions techniques optées, la différence en consommation totale d'énergie peut varier jusqu'à 30%. Les données des Statistics Sweden, comprenant l'étude du Conseil national suédois du logement, de la construction et de l'urbanisme montrent que la consommation totale d'énergie pour les familles, l'eau chaude et les systèmes de chauffage dans des maisons individuelles neuves construites en série peut aller jusqu'à 130 kWh/m² par an.

L'étude du Conseil national suédois du logement, de la construction et de l'urbanisme montre également qu'il y a des solutions techniques efficaces sur le plan énergétique dans des maisons individuelles construites en série qui ne demandent que 90–100 kWh/m² par an, tout en offrant un bon environnement intérieur. Il s'agit du plus bas niveau d'énergie considéré actuellement comme étant techniquement et économiquement viable.

La disposition et l'emplacement des systèmes de distribution du chauffage peuvent avoir un impact significatif sur la consommation énergétique. Le chauffage hydraulique avec

radiateurs est un système de distribution de chaleur authentique et ayant fait ses preuves, qui permet aussi l'utilisation de types d'énergie autres que l'électricité. Quand on utilise le chauffage par le sol, il devrait aussi être possible d'utiliser des sources d'énergie de qualité inférieure (à savoir des systèmes à faible consommation d'énergie) plus efficacement, en utilisant des températures moyennes de transfert de chaleur plus basses. Au cours des dernières années, il y a eu des discussions passionnées sur la question de savoir si ce sont les radiateurs ou le chauffage par le sol qui offrent le plus haut niveau de confort ainsi que la plus grande efficacité énergétique et la meilleure rentabilité.

L'étude L'étude a porté sur des résidences dans six des zones de maisons individuelles de l'AB Kristianstadsbyggen, soit sur 130 appartements au total et sur diverses solutions techniques. Les zones comprennent entre 12 et 62 appartements. Les résidences sont principalement des structures à un seul étage construites sur une dalle et isolées à la base. Sur les six zones, quatre sont équipées de chauffage par le sol et deux ont des systèmes de radiateurs. Les résidences ont un système de ventilation par aspiration ou aspiration/prise d'air.

Les zones ont été comparées les unes aux autres, en utilisant les données recueillies, les informations écrites et les valeurs

calculées. L'énergie mesurée et la consommation d'eau ont été rectifiées conformément aux chiffres annuels, la surface au sol résidentielle, les normes d'isolation, la ventilation par aspiration, la récupération (éventuelle) de chaleur, la température ambiante, la consommation d'eau, les pertes dans la distribution et la régulation, la mise en place de l'unité de contrôle/chaudière électrique, les compteurs individuels ou collectifs, les pertes de caniveau, le chauffage (éventuel) de bâtiments annexes et l'électricité de la propriété.

En résumé, dans les conditions données, les zones 3-6 avec chauffage par le sol ont, en moyenne, un niveau de consommation énergétique de 15 à 25 % plus élevé (hors électricité de la propriété) par rapport à la valeur moyenne des zones 1 et 2 équipées de systèmes de radiateurs.

CHAPITRE 5

CHOISIR UN ÉMETTEUR DE CHALEUR

- **Émetteurs de chaleur** > La source d'énergie, la source de chaleur et les émetteurs jouent tous bien entendu un rôle crucial. Mais l'utilisateur, et la fonction de son espace de vie ou de travail, devraient également toujours être pris en considération.
- Seuls les radiateurs offrent la pleine flexibilité nécessaire pour changer notre compréhension des maisons et des bureaux comme autre chose que des boîtes noires

Il importe d'adopter une vue holistique quand il est question de systèmes de chaleur. La source d'énergie, la source de chaleur et les émetteurs jouent tous bien entendu un rôle crucial. Mais l'utilisateur, et la fonction de son espace de vie ou de travail, devraient également toujours être pris en considération.

Il peut être tentant de considérer un bâtiment comme une seule unité, une boîte noire devant être chauffée. Cependant, au sein de cette seule unité se trouve toujours un plus grand ensemble de petites unités. Plusieurs bureaux dans un bâtiment, de nombreuses pièces dans une maison. Les bureaux ne sont occupés que 8 heures par jour. Les salles de séjour ne sont souvent utilisées qu'à certains moments, les chambres seulement la nuit, toutes ont divers besoins et demandes de chauffage, etc.

Quand nous examinons en détail la fonction de ces espaces, nous apprenons aussi que leur fonction peut changer au fil du temps. Dans une résidence familiale avec enfants, quand ceux-ci commencent à aller à l'école, le besoin de chauffer la maison pendant les heures de cours diminue par exemple. Au fur et à mesure de leur évolution, ils finiront par quitter l'école et commencer à travailler, quand ils pourront aussi déménager et s'installer dans leur propre maison.

Émetteurs de chaleur

La source d'énergie, la source de chaleur et les émetteurs jouent tous bien entendu un rôle crucial. Mais l'utilisateur, et la fonction de son espace de vie ou de travail, devraient également toujours être pris en considération

Liste de contrôle de demande de chaleur

Consultez la liste de contrôle sur www.radson.com/fr/clever (France) ou www.radson.com/bf/clever (Belgique) et essayez-la en pensant à votre propre maison. Vous pourriez trouver qu'il y a plus de choses à prendre en considération que vous ne l'auriez pensé au départ.



Quelques systèmes ordinaires de chauffage et de ventilation

Système de chauffage central où la température de chauffage de l'eau est au maximum de 55 °C dans des conditions météo de calcul. L'émission de chaleur dans les pièces se produit sous la forme de rayonnement de chaleur et de convection naturelle des radiateurs et des convecteurs. Ils offrent une émission de chaleur hautement efficace sur le plan énergétique et confortable dans des bâtiments à basse consommation d'énergie.

**Système de radiateurs
basse température
45/35**

Système de chauffage central où la température de chauffage de l'eau est en règle générale au-dessous de 45 °C dans des conditions météo de calcul. Le système encastré le plus courant est le chauffage par le sol utilisant des surfaces au sol pour l'émission de chaleur. L'émission de chaleur dans les pièces intervient sous la forme de rayonnement de chaleur et de convection naturelle. Adapté à des bâtiments ayant une demande de chaleur plus élevée et des masses thermiques plus importantes. Particulièrement confortable dans les salles de bains (**Fig. 5.3**) et utile dans les corridors près de portes donnant sur l'extérieur, pour aider à l'évaporation d'eau ramenée du dehors quand il pleut. Plus faible efficacité énergétique de l'émission que pour le chauffage par radiateurs basse température.

**Systèmes de
chauffage
encastrés 35/28**

Chauffage par ventilation de l'air

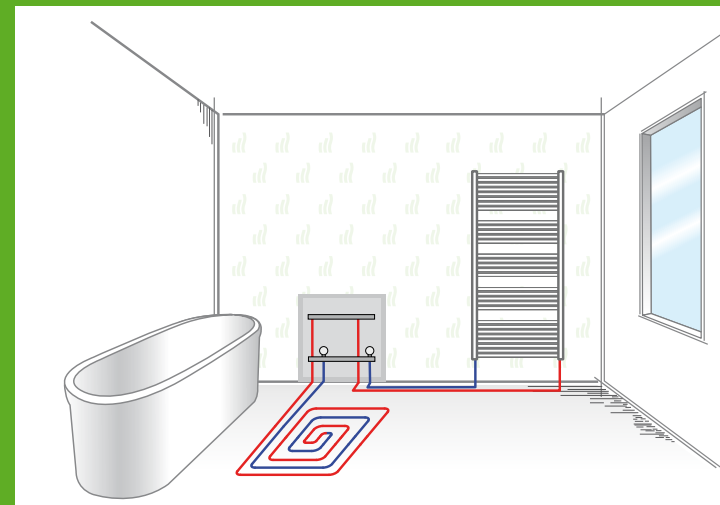
Système de chauffage de l'air combiné à la ventilation mécanique par prise d'air et aspiration, le plus souvent équipé de récupération de chaleur. En règle générale, la température d'arrivée de l'air est contrôlée par la température moyenne de l'habitation. Cela provoque des fluctuations de température et des problèmes pour conserver des températures dans une seule pièce. La stratification de l'air est également un problème courant avec cet émetteur, qui rend indispensable l'étanchéité et une isolation adéquate de l'enveloppe du bâtiment dans le but d'atteindre l'objectif d'efficacité énergétique.

Dans les cas où des puissances thermiques plus élevées sont nécessaires, des unités d'émission à chaleur tournante sont disponibles. Parmi les émetteurs courants : radiateurs équipés de ventilateurs et de ventilo-convecteurs – à savoir des convecteurs à alimentation ventilateur et air souvent utilisés pour des fins de chauffage et de refroidissement.

Un radiateur ventilateur est en règle générale un radiateur basse température doté d'un appareil de prise d'air extérieur. Une solution valable pour une prise d'air sans courants d'air lors de l'utilisation de systèmes mécaniques de ventilation par aspiration.

Seul un système flexible d'émetteurs de chaleur peut s'adapter sans effort aux fonctions fluctuantes des modes de vie et des espaces de travail d'aujourd'hui. Un système d'émetteurs contrôlables indépendamment pouvant être réglés pour s'adapter aux objectifs et aux besoins de chauffage des espaces individuels. En bref, seuls les radiateurs offrent la pleine flexibilité nécessaire pour changer notre compréhension des maisons et des bureaux comme

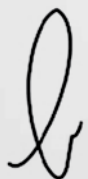
Fig. 5.3
Le chauffage par le sol peut apporter plus de confort à une salle de bains, surtout quand il est utilisé en combinaison avec des radiateurs pour serviettes



Seuls les radiateurs offrent la pleine flexibilité nécessaire pour changer notre compréhension des maisons et des bureaux comme autre chose que des boîtes noires

LES RADIATEURS JOUENT UN RÔLE CLEF

Prenant en compte tous les faits, nous pouvons conclure que les radiateurs basse température jouent un rôle clef. Aujourd'hui, mais aussi à l'avenir. Un avenir qui a déjà commencé avec l'introduction de sources de chauffage extrêmement efficaces comme les chaudières à condensation et les pompes à chaleur. Des sources qui rendent les radiateurs basse température encore plus efficaces dans la mesure où ils réagissent extrêmement rapidement et efficacement aux demandes de chaleur et induisent des gains de chaleur rentables. Je suis convaincu que les radiateurs sont la seule vraie alternative pour créer une solution de chauffage avérée efficace énergétiquement offrant tous les avantages dont ont besoin les constructeurs, les planificateurs et les installateurs et réclamés par eux.



Elo Dhaene,
Brand Commercial Director Purmo Radson



Les projets hautement efficaces d'aujourd'hui, que ce soit dans des bâtiments neufs modernes ou des plus anciens bien rénovés, utilisent des matériaux sophistiqués, ont des normes plus strictes et mettent la barre encore plus haut pour une efficacité globale. Mais il ne s'agit pas seulement d'efficacité, le confort est aussi important pour créer un climat ambiant agréable dans de tels bâtiments.

Chez Radson, nous développons des solutions de chauffage intelligentes pour répondre aux futures normes, pour réduire la dépendance aux sources d'énergie finies, pour réduire les émissions et bien sûr pour diminuer les coûts dans leur ensemble. Contrairement à certaines opinions erronées, ces systèmes de chauffage à basse température et à haute efficacité donnent les meilleures performances en combinaison avec les radiateurs.

Dans ce guide du chauffage, nous avons partagé ce que je crois être des preuves significatives pour soutenir notre revendication qu'il est impossible de négliger les radiateurs basse température. Nos investissements dans la recherche et le développement ont conduit à des solutions et à des produits véritablement intelligents. Tous les chercheurs soulignent que nos radiateurs sont, dans la grande majorité des cas, les émetteurs de chaleur les plus efficaces dans un système moderne de chauffage. Les radiateurs basse température ont prouvé être les émetteurs les plus efficaces énergétiquement dans les bâtiments à basse consommation d'énergie. Quel que soit l'endroit où ce bâtiment a été construit ou situé et quelles que soient les conditions extérieures, les radiateurs non seulement offrent les taux d'efficacité énergétique les plus élevés, mais sont aussi capables de créer le niveau de confort le plus haut.

La science a prouvé et confirmé le fait physique que l'utilisation de radiateurs basse température est effectivement plus efficace sur le plan énergétique que le chauffage par le sol.

- Environ 15 % plus efficace dans les maisons à un étage
- Jusqu'à 10 % plus efficace dans les immeubles à plusieurs étages

La raison principale pour laquelle le chauffage par le sol est moins efficace énergétiquement est que nous sommes confrontés à des pertes calorifiques inattendues sous terre (causées par un phénomène appelé « conduction thermique déclinante »), mais aussi dans les surfaces externes (provoquées par le rayonnement de chaleur). Par ailleurs, il semble que la masse thermique des systèmes de chauffage par le sol soit la raison primordiale pour une plus faible capacité d'utiliser les gains de chaleur. Ce qui provoque des fluctuations désagréables de la température ambiante qui font que les occupants augmentent le point de consigne de la température ambiante.

Nos recherches et nos tests approfondis ont montré que les bâtiments chauffés par le sol sont également plus sensibles au comportement de l'utilisateur. Dans la pratique quotidienne, nous avons vu que cela mène à des périodes de chauffage prolongées et à des températures ambiantes plus élevées. Mais aussi des erreurs dans la construction, par exemple de ponts froids entre le sol et les murs extérieurs, contribuent à des différences considérables dans la consommation énergétique.

Alors que nous revendiquons qu'avec nos radiateurs vous pouvez économiser jusqu'à 15% d'énergie, la plupart des études montrent que cela peut même être plus. **De combien de preuves supplémentaires avez-vous besoin ? Je crois que nous pouvons être d'accord sur une chose : les radiateurs transforment l'énergie en efficacité. C'est un fait.**



CHAPITRE 6

AVANTAGES TO THE END USER

- Plus grande efficacité à des températures de l'eau plus basses
- Adapté à tous les climats
- Moindres coûts énergétiques
- Meilleur confort
- Compatible avec le chauffage par le sol
- Meilleur contrôle du climat ambiant
- Prêt pour les sources d'énergie renouvelables
- 100% recyclable
- Conditions de vie saines

Rénovations et bâtiments neufs

Que vous travailliez sur un projet de nouveaux bâtiments ou sur la rénovation d'un bâtiment, les radiateurs ont les coûts de cycle de vie les plus bas par rapport à n'importe quel émetteur de chaleur. Tout en étant une adjonction attrayante, d'un bon rapport coût-performance et efficace sur le plan énergétique à un bâtiment neuf, ils sont particulièrement bien adaptés aux rénovations puisqu'ils peuvent être rapidement et aisément intégrés dans des systèmes existants. Avec peu d'efforts, pas de gâchis, de perturbation ou de construction occasionnés et à bas prix, les radiateurs dans un projet de rénovation peuvent être connectés à la tuyauterie et équilibrés en l'espace de quelques heures.

Une fois installés, que ce soit dans un bâtiment neuf ou rénové, les radiateurs sont pratiquement sans maintenance, puisqu'ils n'ont pas de composants mobiles et ne sont pas soumis à l'usure. Les radiateurs Radson, en particulier, ont été conçus pour toute une vie ou plus de 25 ans de hautes performances et de longue endurance. Et, bien sûr, ils sont 100 % recyclables, les rendant d'autant plus respectueux de l'environnement.



Plus grande efficacité à des températures de l'eau plus basses

Le chauffage par des radiateurs basse température amène de la chaleur dans une pièce aussi efficacement que les radiateurs traditionnels. Les avantages, cependant, sont évidents : meilleur confort intérieur et efficacité énergétique totale plus élevée, plus grande efficacité dans la génération de chaleur et réduction des pertes du système.



Adapté à tous les climats

Quelque soit l'endroit du monde où vous vous trouvez, les radiateurs de systèmes hydrauliques basse température peuvent être utilisés. Peu importe le temps qu'il fait ou à quel point il fait froid, une maison bien isolée peut toujours être chauffée à une température confortable avec des radiateurs.



Moindres coûts énergétiques

Les radiateurs pour systèmes de chauffage à basse température utilisent moins d'énergie pour fonctionner efficacement. Une maison individuelle moderne ou un immeuble de bureaux peuvent être chauffés confortablement à 20 °C avec des radiateurs conçus pour des températures du système de 45/35 °C. Les systèmes de chauffage traditionnels utilisent de l'eau jusqu'à 75 °C pour obtenir la même température ambiante, utilisant plus d'énergie pour les mêmes résultats, mais à un coût plus élevé.



Meilleur confort

Avec une combinaison unique de convection et de chaleur radiante, un radiateur basse température assure une température constante agréable. Il n'y a pas de courants d'air importuns, ni de sentiment « de manquer d'air » ou « d'air sec ».



Compatible avec le chauffage par le sol

En combinant le chauffage par le sol avec des radiateurs basse température, le chauffage du sol peut atteindre des niveaux optimaux en termes d'efficacité et de confort.



Meilleur contrôle du climat ambiant

Les radiateurs réagissent rapidement au signal de la température demandée du thermostat, distribuant la chaleur rapidement, silencieusement et uniformément. En l'espace de quelques minutes, la température ambiante est à un niveau constant partout, du sol au plafond.



Prêt pour les sources d'énergie renouvelables

Les radiateurs basse température sont conçus pour fournir les meilleures performances, quelle que soit la source d'énergie chauffant le système. Le coût et la disponibilité d'un type spécifique d'énergie, comme les combustibles fossiles, n'auront pas d'incidence sur l'efficacité du radiateur. Si le souhait est d'utiliser d'autres sources d'énergie, y compris celles renouvelables, il s'agit seulement de régler ou de remplacer la chaudière.



100 % recyclable

Les radiateurs ont été spécifiquement mis au point de façon à ce que tous les composants puissent être séparés à la fin du cycle de vie du radiateur. Toutes les pièces en métal, essentiellement de l'acier, peuvent être recyclées et réutilisées – elles sont à vrai dire suffisamment précieuses pour mériter d'être recyclées.



Conditions de vie saines

Les radiateurs basse température sont sûrs. Pas d'effets de brûlures ou d'air poussiéreux ambiant, pas de déviations de l'ionisation de l'air ambiant, pas d'odeurs désagréables. Et aucun risque de vous brûler quand vous touchez un radiateur fonctionnant à basse température.

SOLUTIONS DE CHAUFFAGE INTELLIGENTES



RADIATEURS BASSE TEMPÉRATURE