

# Les pompes à chaleur dans les bâtiments tertiaires

## Leviers de performance et enjeu de décarbonation

ÉDITION OCTOBRE 2023



Filière mobilisée pour la transition énergétique & la décarbonation



## À propos de l'AFPAC

Créée en février 2002, l'Association Française pour les Pompes À Chaleur, association de filière exclusivement dédiée à la PAC, est l'interlocuteur privilégié des pouvoirs publics et de tous les acteurs du domaine des pompes à chaleur en France et en Europe, afin de faire valoir l'intérêt énergétique et environnemental des systèmes de production de chaleur par pompe à chaleur (chauffage et eau chaude sanitaire), et la contribution actuelle et future qu'ils apportent au développement des énergies renouvelables.

En coordination avec ses membres – Énergéticiens, Bureaux d'Études, Centres d'Essais, Centres Techniques, de contrôle et certification, Industriels-fabricants, Distributeurs, Installateurs, Associations, Organisations syndicales -, l'AFPAC suit et contribue aux travaux réglementaires, de normalisation, de qualification et de certification, françaises et européennes, sur les pompes à chaleur et les systèmes les utilisant. L'AFPAC s'assure à l'échelle européenne de la présence et de la cohérence de la représentativité des acteurs de la filière PAC en France. À ce titre l'AFPAC est l'interlocuteur privilégié de l'EHPA.

Par son expertise et sa représentativité, l'AFPAC crée, met en place et active les conditions nécessaires à la promotion des PAC, à la qualité de leur mise en œuvre et à la satisfaction de leurs utilisateurs.

[www.afpac.org](http://www.afpac.org)



## Le mot du président de l'AFPAC

Dans un contexte où les enjeux énergétiques et environnementaux s'imposent au cœur des préoccupations et des politiques publiques, les pompes à chaleur connaissent depuis quelques années une croissance forte qui s'est bâtie sur leur capacité à proposer des alternatives performantes et à faibles émissions carbone pour la production de chauffage et d'eau chaude sanitaire dans les logements. C'est l'une des raisons pour lesquelles la terminologie « Pompe à chaleur » (PAC) est principalement associée au secteur résidentiel. Mais qu'en est-il exactement des bâtiments du secteur tertiaire ?

Les applications tertiaires sont nombreuses et très diverses : bureaux, commerces, hôtellerie, enseignement, santé, etc. La taille du parc existant (près d'1 milliard de m<sup>2</sup> de surfaces chauffées) - conjuguée au poids important des usages du CVC dans ces bâtiments - constitue un enjeu crucial dans la perspective de réduire rapidement et drastiquement les consommations énergétiques du secteur. L'Association Française des Pompes à Chaleur (AFPAC), en publiant ce guide des pompes à chaleur dans les bâtiments tertiaires a pour ambition de présenter les atouts des PAC pour chaque application et pour de nombreux usages.

En effet, l'enjeu autour du parc tertiaire est double : réduire les consommations énergétiques par la mise en œuvre de solutions plus efficaces tout en veillant à ce que celles-ci contribuent aussi à la décarbonation des usages. Et sur ces deux aspects, les pompes à chaleur offrent les mêmes perspectives que celles qui font aujourd'hui leur succès dans les logements. Le déploiement massif de ces technologies dans les bâtiments tertiaires permettrait d'envisager des gains significatifs à court terme et de doubler contribuer aux objectifs fixés respectivement par le décret éco-énergie Tertiaire (réduction des consommations d'énergie) et la Stratégie Nationale Bas Carbone (neutralité carbone en 2050).

## À qui s'adresse ce guide ?

Ce guide a été réfléchi et rédigé pour parler au plus grand nombre. Quelles que soient ses compétences dans le domaine du CVC, chacun saura y trouver des informations permettant de parfaire ses connaissances et sa perception des enjeux. Ainsi, les prescripteurs (Bureaux d'études fluides ou généralistes, architectes, économistes de la construction), ou les installateurs et opérateurs de maintenance pourront disposer d'un état des lieux précis des dispositifs réglementaires et outils incitatifs en vigueur. Les maîtres d'ouvrage, publics ou privés, accéderont à un panorama complet des solutions PAC et de leurs applications privilégiées. Les autorités publiques pourront quant à elles mesurer le panel d'opportunités que les PAC proposent afin de mener à bien les politiques ambitieuses de réductions des consommations énergétiques et de décarbonation.

Par souci de clarté et de pertinence, les rédactrices et rédacteurs de ce document ont souhaité privilégier le pragmatisme à l'exhaustivité. Ainsi ce guide n'est :

- Ni un outil de sélection des meilleures solutions techniques selon les applications et les usages car aucun document ne saurait se substituer au savoir-faire des ingénieurs et techniciens de notre filière.
- Ni un Vade-mecum réglementaire car le nombre de textes, règles, dispositifs en la matière en rendrait la lecture complexe. Cependant des reports réguliers vers des liens bibliographiques permettront au lecteur d'aller plus loin.

En revanche, ce document met la lumière sur :

- Les dispositifs réglementaires avec un accent particulier sur le dispositif éco-énergie tertiaire (Décret n° 2019-771 du 23 juillet 2019, plus communément appelé décret tertiaire).
- La présentation des principales technologies de PAC rencontrées dans les bâtiments tertiaires, leurs avantages respectifs et applications principales.
- Les leviers garantissant des installations durables et performantes dans le temps.

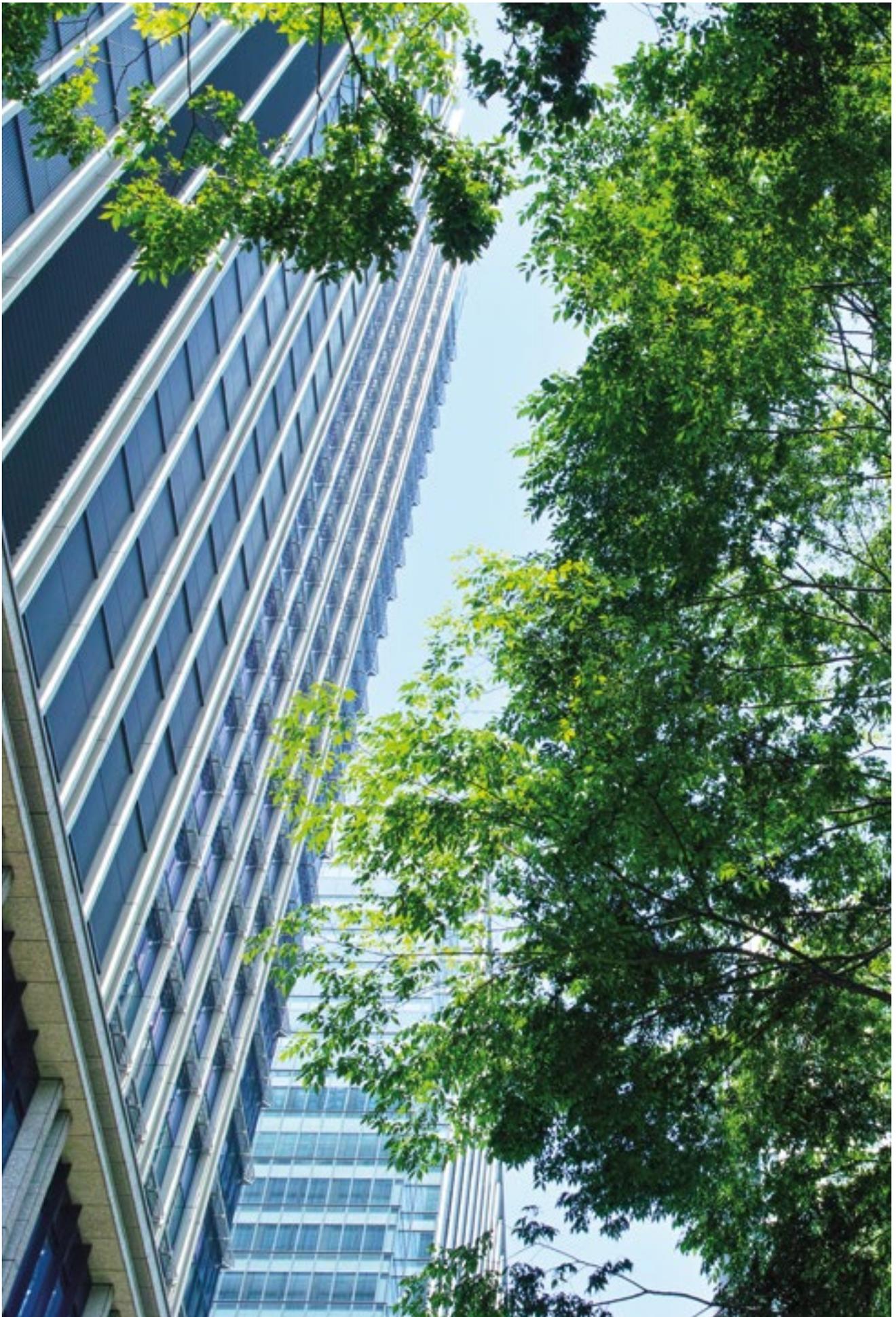
Les acteurs de l'immobilier tertiaire sont en 2023, au commencement d'un parcours long mais essentiel qui doit les amener à réaliser 40 % d'économies d'énergie pour chaque immeuble disposant d'une surface d'au moins 1000 m<sup>2</sup> à l'horizon 2030 selon le décret tertiaire et jusqu'à 60 % en 2050. Les technologies de pompes à chaleur sont l'une des clés pour relever ce défi. Elles n'ont jamais été aussi indispensables pour réaliser notre objectif commun de rendre les bâtiments tertiaires plus vertueux.

François DEROCHE  
Président de l'AFPAC

# Sommaire

1.	Les bâtiments tertiaires face aux enjeux du dispositif Eco-énergie Tertiaire .....	09
1.1.	<b>Données chiffrées sur les bâtiments du secteur tertiaire</b> .....	09
	• Taille du parc, consommations énergétiques, émissions carbone	
1.2.	<b>Le décret tertiaire</b> .....	11
	• Principe, assujettis, impact	
1.3.	<b>Les PAC, une opportunité</b> .....	12
	• Données chiffrées : poids des PAC (année 2021) .....	12
	• Avantages.....	12
	• Projections : économies carbone potentielles, .....	13
	horizon 2030/2050 (prospectives AFPAC)	
2.	Les dispositifs réglementaires qui encadrent la mise en œuvre des PAC dans le secteur tertiaire .....	15
2.1.	<b>Dispositifs réglementaires</b> .....	15
	• RE 2020	
	• RT Existant	
	• Les décrets BACS	
2.2.	<b>Dispositifs incitatifs</b> .....	20
	• CEE	
2.3.	<b>Règles et normes</b> .....	21
	• F-GAS	
	• EN378	
	• CH35	
	• DTU 65.16	

3.	Solutions PAC et applications tertiaires.....	24
3.1.	Les différentes technologies de PAC.....	24
3.1.1.	La PAC électrique.....	24
	• PAC air / air (dont DRV)	
	• PAC air / eau	
	• PAC eau / eau	
3.1.2.	L'hybridation de chaufferie.....	29
3.1.3.	PAC sur boucle d'eau tempérée.....	31
3.1.4.	Les Rooftops.....	32
3.1.5.	Autres technologies de PAC.....	33
	• Absorption	
	• Moteur gaz	
	• Double PAC	
3.1.6.	Les réseaux de chaleur.....	34
3.2.	Choix de la segmentation tertiaire.....	36
3.2.1.	Critères neuf ou rénovation.....	37
3.2.2.	Bureaux et administration.....	39
3.2.3.	Commerces.....	41
3.2.4.	Hôtellerie et restauration.....	45
3.2.5.	Enseignement.....	48
3.2.6.	Santé et habitat communautaire.....	51
3.2.7.	Culture, sports et loisirs.....	54
4.	Les leviers pour des installations durables et performantes.....	56
4.1.	L'importance d'un bon dimensionnement.....	56
4.2.	Les critères de performances des PAC.....	57
4.3.	Mise en œuvre et exploitation des équipements.....	61
4.4.	Utilisation raisonnée.....	63
5.	Annexes.....	67



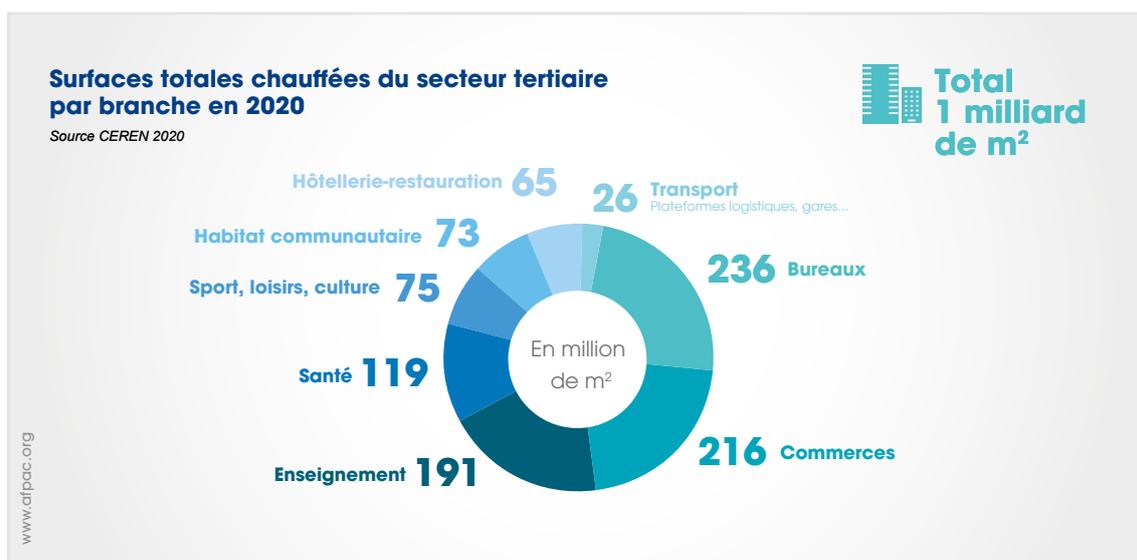
# 1. Les bâtiments tertiaires face aux enjeux du dispositif éco-énergie tertiaire

## 1.1. Données chiffrées sur les bâtiments du secteur tertiaire

Par définition, le secteur tertiaire est complémentaire des secteurs primaires (agriculture) et secondaire (industrie). Le champ des activités couvertes est par conséquent très vaste : services aux entreprises et particuliers, éducation, santé, transport, commerce ou administration, ...

Ce spectre large s'appuie sur un parc immobilier conséquent : près d'un milliard de m<sup>2</sup> recensés en 2020 (cf. infographie ci-dessous), si l'on s'en tient aux surfaces chauffées qui nous intéressent en premier lieu dans le cadre de ce guide.

Selon les données publiées par le CEREN, ce parc devrait croître de l'ordre de 150 millions de m<sup>2</sup> à l'horizon 2050 (selon la PPE).

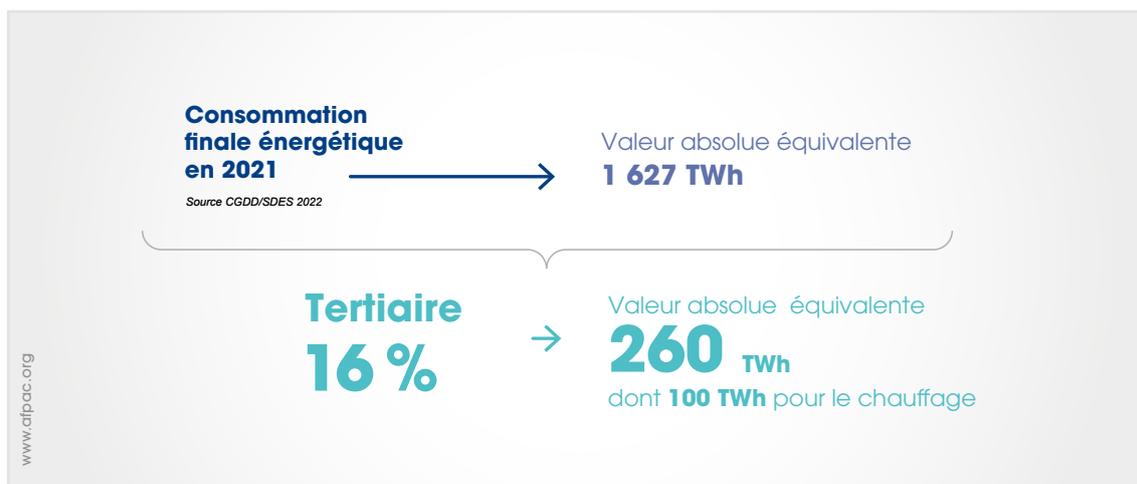


### Trois secteurs dominant et représentent les presque deux tiers du secteur tertiaire

- Les bureaux qui regroupent activités privées et administrations ;
- Le secteur du commerce composé notamment de surfaces alimentaires, centres commerciaux ou commerces de centre-ville ;
- L'enseignement, de la petite enfance aux universités et grandes écoles.

## Consommation énergétique

En 2021 la consommation d'énergie annuelle des bâtiments du secteur tertiaire représentait 260 TWh.



## Émissions de CO<sub>2</sub>

Les émissions de CO<sub>2</sub> du secteur tertiaire équivalent à 36 % des émissions du secteur du bâtiment soit 6 % des émissions totales en France.



La part liée au chauffage de ces surfaces dédiées au secteur tertiaire équivaut à près de 100 TWh d'énergie finale. Ces chiffres démontrent les enjeux forts qui pèsent sur ce secteur dans l'optique de réduire significativement les consommations énergétiques du pays.

Des efforts ont déjà été accomplis : les données du CEREN comparant 2020 à 2015 indiquent une diminution des consommations énergétiques auxquelles contribue chaque secteur\*. Mais le gisement d'économies d'énergie et de réduction des émissions carbone reste important et la contribution des bâtiments tertiaires est plus que nécessaire à l'atteinte des objectifs globaux.

\*Voir partie 3 «Les solutions PAC par applications tertiaires».

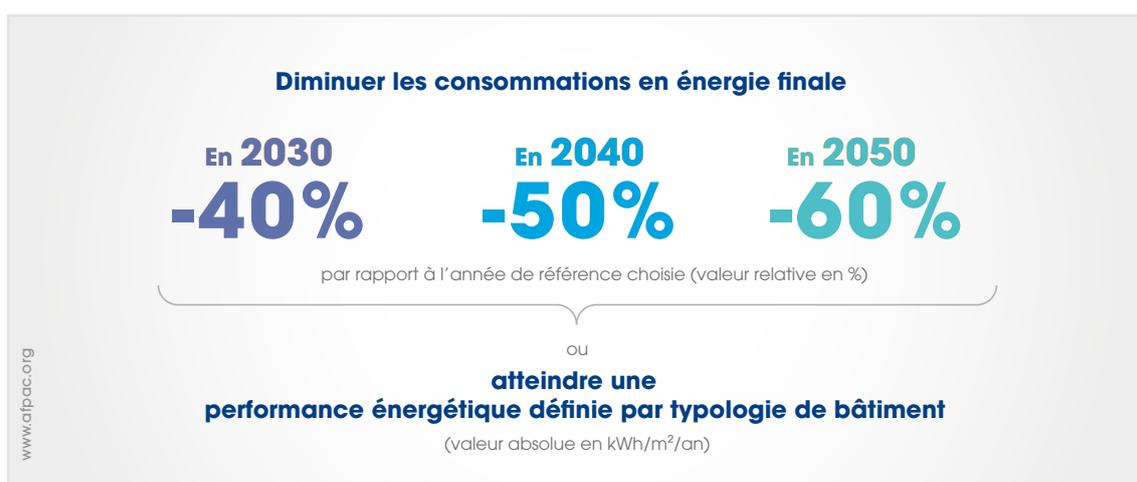
## 1.2. Le Décret Tertiaire

Pour engager le secteur sur la voie de la sobriété, le dispositif Éco Énergie Tertiaire, plus communément appelé Décret Tertiaire définit des objectifs de réduction de consommations énergétiques et un calendrier auxquels doivent se soumettre tous les bâtiments tertiaires qui y sont éligibles.

Officiellement entré en vigueur le 23 juillet 2019 lors de la publication du décret n° 2019-771, le décret tertiaire prévoit au code de la construction et de l'habitation, l'obligation de mise en œuvre d'actions de réduction de la consommation d'énergie finale dans les bâtiments existants à usage tertiaire d'une surface (ou d'un cumul de surfaces) supérieure ou égale à 1000 m<sup>2</sup>. Le propriétaire ou le preneur à bail est concerné dès lors que son bâtiment, parties de bâtiment ou ensemble de bâtiments à usage tertiaire, correspond(ent) à ces critères.

Dans le détail, cette obligation réglementaire impose une réduction progressive des consommations par rapport à une année de référence définie entre 2010 et 2019.

Les « assujettis » (personne morale ou société concernée par cette obligation) devront ainsi :



Les consommations réelles, sur lesquelles se basent ces objectifs, doivent être déclarées chaque année sur une plateforme dédiée appelée OPERAT et placée sous l'égide de l'ADEME. La première déclaration effectuée le 31 décembre 2022 constitue l'année de référence à choisir entre 2010 et 2019. Il est important de préciser que le décret tertiaire n'impose aucune obligation ni incitation chiffrée quant à la réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES) des bâtiments.

L'ambition des objectifs et la méthodologie appliquée pour mesurer régulièrement les résultats obligent les propriétaires ou locataires assujettis à définir dès maintenant des plans d'actions structurés afin de se conformer à la loi. Leurs leviers d'action sont principalement :

- L'amélioration du bâti.
- La performance des équipements les plus énergivores et leur maintenance.
- Un système de pilotage et d'optimisation des consommations.
- Un usage raisonné et économe.

Pour la très grande majorité des bâtiments concernés, atteindre les objectifs va supposer d'arbitrer des décisions stratégiques et financières, et particulièrement pour le choix des solutions CVC dont on a vu précédemment qu'elles pèsent sensiblement dans le bilan énergétique. Les technologies de pompes à chaleur présentent dès lors des perspectives intéressantes qui seront détaillées par la suite.

Mais quelle est la présence aujourd'hui des pompes à chaleur dans les bâtiments tertiaires ?

## 1.3. Les PAC, une opportunité

### Poids des technologies PAC dans les bâtiments tertiaires et perspectives

À ce jour, les technologies PAC sont minoritaires dans le parc tertiaire puisque leur part dans la production ne représente que 6 % des surfaces chauffées (soit 58,6 millions de m<sup>2</sup>) et environ 10 % de l'énergie finale consommée en 2020. En revanche, les PAC sont plus favorablement représentées lorsqu'il s'agit de couvrir également l'usage du rafraîchissement pour lequel elles couvrent plus de 13 % des surfaces tertiaires concernées (cf. tableau ci-dessous).

On observe toutefois une dynamique récente autour des PAC dans la construction neuve : en 2020, 34 % des surfaces tertiaires nouvellement construites avaient fait le choix de la PAC, pour 24 % en 2019 et seulement 13 % en 2017. Cette tendance traduit la reconnaissance des investisseurs et utilisateurs pour les bénéfices de la pompe à chaleur dans un contexte qui oblige à opter pour des choix alliant efficacité énergétique, durabilité et respect de l'environnement. Et par conséquent, elle met en lumière les gains supplémentaires que l'on pourrait attendre en convertissant une partie du parc tertiaire existant aux pompes à chaleur.

Énergie principale de chauffage	2018		2020	
	Parc entier	Constructions neuves	Parc entier	Constructions neuves
	Surface totale en millions de m <sup>2</sup>			
Électricité dont <b>pompe à chaleur</b>	281,6 <b>55,7</b>	5,0 <b>0,8</b>	288,9 <b>58,6</b>	3,4 <b>2,4</b>
Gaz naturel	451,0	2,3	454,2	2,3
Fioul domestique	144,8	0,1	141,8	0,1
Gaz de pétrole liquéfié	13,9	0,1	14,2	0,2
Chauffage urbain	69,5	0,5	71,4	0,9
Énergies renouvelables	12,6	0,1	12,9	0,1
Toutes énergies	973,4	8,0	983,4	7,0

(Source : CEREN)

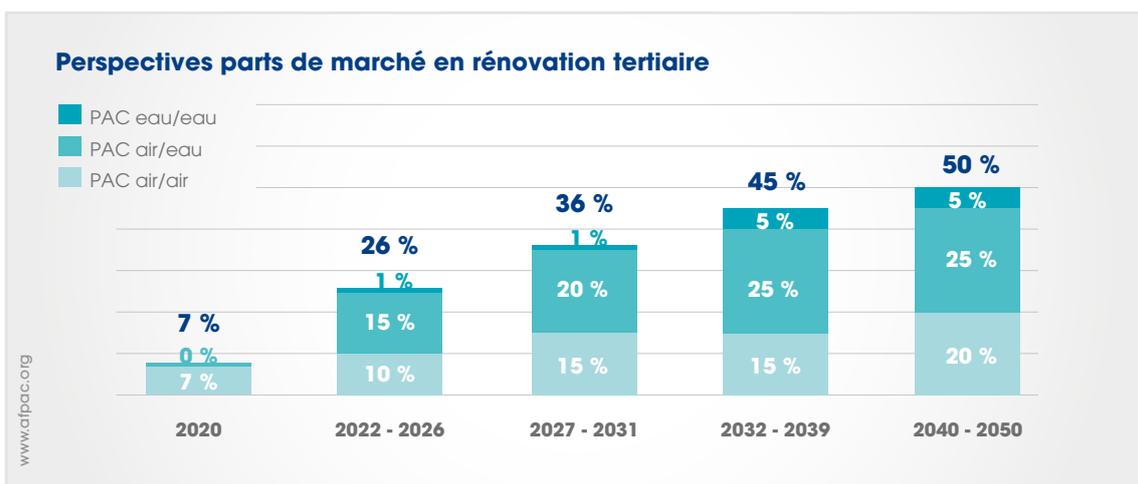
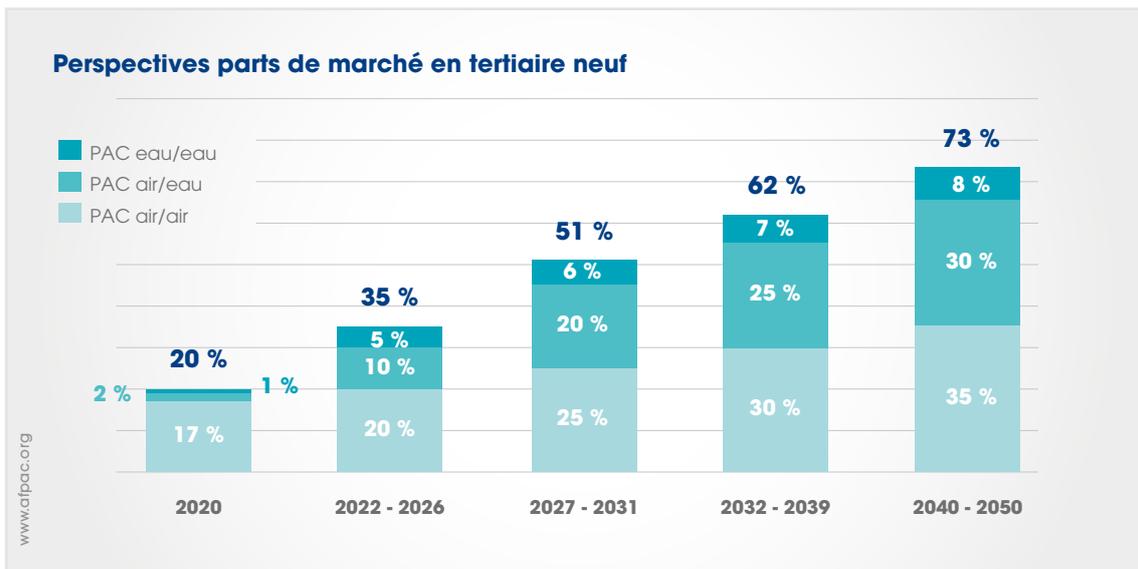
### La présence des PAC affiche des disparités sensibles selon les secteurs

Les PAC sont présentes depuis des décennies dans les bureaux, commerces, hôtellerie et restauration afin de répondre à la nécessité de rafraîchir les locaux. À l'inverse, cette technologie est largement sous-représentée dans les établissements de santé, les bâtiments dédiés au sport, à la culture et à l'enseignement.

Dans une étude publiée en 2022 et intitulée « **Prospective 2050 du marché de la PAC** », l'AFPAC présente une projection de la présence des pompes à chaleur par secteur d'activité à l'horizon 2050. Près de 350 000 pompes à chaleur viendront ainsi équiper le parc tertiaire en 2050, essentiellement sur la base de la technologie air / air venant en remplacement du parc joule actuel, les PAC air / eau étant également appelées à se substituer aux chaudières gaz centralisées.

Les secteurs Bureaux et Enseignement, particulièrement, offriront un débouché important pour ces technologies avec un rythme de vente annuel estimé à 4 000 PAC collectives.

Cette progression attendue devrait amener les technologies PAC à couvrir 50 % du marché de la rénovation et 73 % du neuf en 2050.



(Données : AFPAC)

Comme nous l'avons évoqué précédemment, ces projections sont portées par la conjonction de plusieurs incidences

- Les politiques nationales et européennes ambitieuses pour sortir de la dépendance aux énergies fossiles et conquérir une souveraineté énergétique.
- L'influence du décret tertiaire qui va contraindre les propriétaires et locataires de nombreux immeubles à opter pour des équipements plus efficaces.
- La poursuite du développement des gammes et des performances de PAC de forte puissance.



## 2. Les dispositifs réglementaires qui encadrent la mise en œuvre des PAC dans le tertiaire

La mise en œuvre des pompes à chaleur dans les bâtiments tertiaires est soumise au respect des textes réglementaires ou dispositifs incitatifs visant, selon leur nature, à garantir la sécurité des bâtiments et leurs occupants ou à assurer des niveaux de performances les plus élevés possible.

### 2.1. Textes réglementaires à caractère obligatoire

#### La RE 2020 dans la construction neuve

La nouvelle réglementation « environnementale » RE 2020 s'applique depuis le 1<sup>er</sup> juillet 2022 aux bâtiments de bureaux et d'enseignement primaire et secondaire. Comme son intitulé l'indique, son champ s'est sensiblement étendu. Elle ne vise plus seulement à réduire la consommation énergétique des bâtiments, mais aussi à limiter l'impact carbone de leur construction sur l'ensemble du cycle de vie, de la construction à la démolition, et à garantir le confort en cas de fortes chaleurs.

La RE 2020 introduit quatre nouveaux indicateurs de performance (se reporter au tableau suivant), déjà présents dans la RT 2012. Ainsi le Bbio, qui exprime les besoins bioclimatiques pour le chauffage, le rafraîchissement et l'éclairage, voit son seuil maximal abaissé de 30 % en moyenne par rapport à la RT 2012, avec une prise en compte systématique des besoins de rafraîchissement. Pour certains de ces indicateurs, les seuils maximaux vont évoluer à la baisse tous les trois ans (2025, 2028...). Cette feuille de route exigeante va donc orienter les choix de conception des bâtiments pour les années à venir.

La PAC, identifiée comme « bas carbone », dispose donc d'arguments favorables pour atteindre les objectifs de la RE 2020.

# Six indicateurs pour évaluer la conformité d'un bâtiment aux objectifs de la RE 2020

Source : Cerema - Ministère de la transition écologique

Énergie	<b>Bbio</b> (points)	<b>Besoins climatiques</b>	Évaluation des <b>besoins</b> de <b>chaud</b> , de <b>froid</b> (que le bâtiment soit climatisé ou pas) et d' <b>éclairage</b> .
	<b>Cep</b> (kWh <sub>ep</sub> /m <sup>2</sup> .an)	<b>Consommations d'énergie primaire totale</b>	Évaluation des consommations d'énergie renouvelable et non renouvelable des 5 usages RT 2012 : chauffage, refroidissement, eau chaude sanitaire, éclairage, ventilation et auxiliaires
	<b>Cep,nr</b> (kWh <sub>ep</sub> /m <sup>2</sup> .an)	<b>Consommations d'énergie primaire non renouvelable</b>	1. éclairage et/ou ventilation des <b>parkings</b> 2. éclairage des <b>circulations en collectif</b> 3. électricité <b>ascenseurs et/ou escalators</b> .
Carbone	<b>IC énergie</b> (kg eq.CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )	Impact sur le <b>changement climatique</b> associé aux <b>consommations d'énergie</b> primaire	Introduction de la méthode d' <b>analyse du cycle de vie pour l'évaluation des émissions de gaz à effet de serre</b> des <b>énergies consommées</b> pendant le fonctionnement du bâtiment, soit 50 ans.
	<b>IC construction</b> (kg eq.CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )	Impact sur le <b>changement climatique</b> associé aux <b>« composants » + « chantier »</b>	Généralisation de la méthode d'analyse du cycle de vie pour l'évaluation des émissions de gaz à effet de serre des produits de construction et équipements et leur mise en œuvre : l'impact des contributions «Composants» et «Chantier».
Confort d'été	<b>DH</b> (°C.h)	<b>Degré-heure d'inconfort</b> : niveau d'inconfort perçu par les occupants sur l'ensemble de la saison estivale	Évaluation <b>des écarts entre température du bâtiment et température de confort</b> (température adaptée en fonction des températures des jours précédents, elle varie entre 26 et 28 °C).

## La réglementation thermique (RT) pour les bâtiments existants

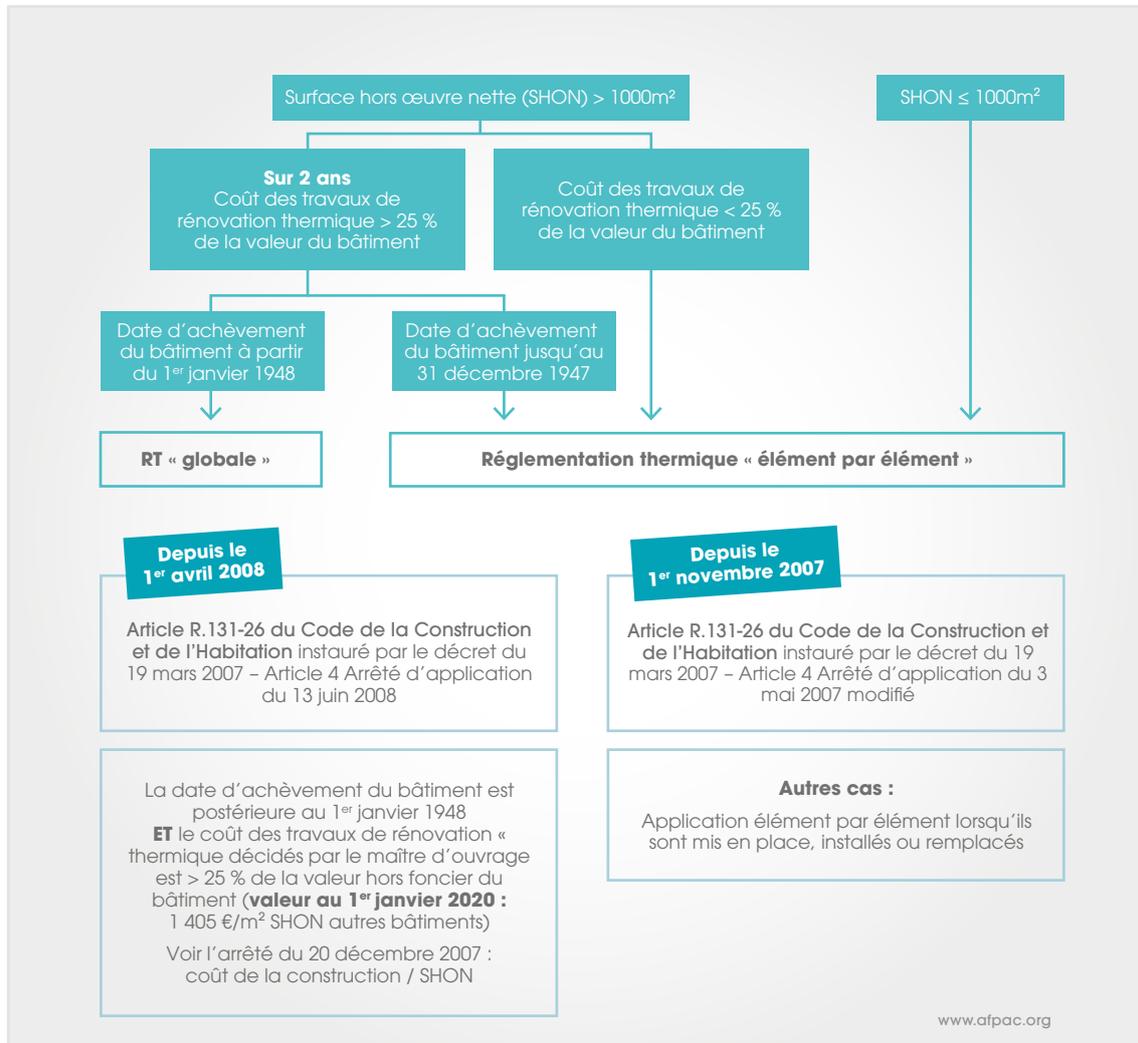
Rappelons qu'un équipement commercialisé en Europe est censé être conforme au règlement écoconception qui le concerne. C'est le fabricant qui est garant du respect de cette exigence.

En revanche, l'installateur doit s'assurer de la conformité des équipements aux exigences qui s'appliquent au bâtiment.

À titre d'exemple, pour les PAC air / eau d'une puissance inférieure à 400 kW, le fabricant s'engage vis-à-vis du règlement écoconception 813/2013 alors que pour les PAC air / eau supérieures à 400 kW l'installateur a le devoir de vérifier le coefficient de performance.

## RT globale

La RT globale concerne les travaux de rénovation importants pour lesquels le coût dépasse 25 % de la valeur du bâtiment. Elle est applicable aux bâtiments de surface hors œuvre nette (SHON) > 1000 m<sup>2</sup> datant d'après 1948.



L'arrêté du 13 juin 2008 spécifie que pour les bâtiments à usage autre que d'habitation, la consommation conventionnelle d'énergie du bâtiment en projet « Cep<sup>projet</sup> » doit être inférieure de 30 % à la consommation du bâtiment initial « Cep<sup>initial</sup> », estimée selon la méthode TH-C-E ex.

## RT élément par élément

C'est l'arrêté du 3 mai 2007 (modifié en 2017) qui fixe les exigences pour les PAC non-couvertes par un règlement écoconception.

## PAC électrique > 400 kW à destination de chauffage

La PAC doit respecter les exigences du tableau 1 ou du tableau 2.

**Tableau 1 / PAC > 400 kW avec régime de température intérieure 35 °C**

Type d'équipement	Coefficient de performance (COP) minimal en mode chauffage	Température de source	
		Extérieure	Intérieure*
Air extérieur / eau	<b>3,2</b>	7 °C	35 °C
Eau / eau sur nappe phréatique		10 °C	
Eau / eau avec capteurs enterrés		0 / -3 °C	
Sol / eau		-5 °C	
Sol / sol			

**Tableau 2 / PAC > 400 kW avec régime de température intérieure 45 °C**

Type d'équipement	Coefficient de performance (COP) minimal en mode chauffage	Température de source	
		Extérieure	Intérieure*
Air extérieur / eau	<b>2,7</b>	7 °C	45 °C
Eau / eau sur nappe phréatique	<b>3,2</b>	10 °C	
Eau / eau avec capteurs enterrés	<b>2,7</b>	0 / -3 °C	
Sol / eau	<b>2,7</b>		

## PAC électrique > 12 kW à destination de chauffage

Type d'équipement	Coefficient de performance (COP) minimal en mode chauffage	Température de source	
		Extérieure	Intérieure*
Air extérieur / air	<b>3,2</b>	7 °C	20 °C
Eau / air (sur boucle)		15 °C	
Sol / air		-5 °C	

\*Température intérieure = température de sortie d'eau.

## Les décrets BACS

Les décrets n° 2020-887 du 20 juillet 2020 et n° 2023-259 du 7 avril 2023 (« BACS » pour « Building Automation & Control Systems ») exigent la mise en place d'un système d'automatisation et de contrôle pour les bâtiments tertiaires (neufs ou existants) équipés d'un système de chauffage/rafraîchissement (couplé ou non à un système de ventilation ou de rafraîchissement) dont la puissance nominale utile est supérieure à un certain seuil.

### **Si la puissance CVC est > 70 kW l'obligation s'applique :**

- dès la construction pour les bâtiments neufs dont le permis de construire est déposé à partir du 9 avril 2024 inclus
- au 1<sup>er</sup> janvier 2027 pour les bâtiments existants.

### **Si la puissance CVC est > 290 kW l'obligation s'applique :**

- dès la construction pour les bâtiments neufs dont le permis de construire a été déposé après le 20 juillet 2021
- au plus tard le 1<sup>er</sup> janvier 2025 pour les bâtiments existants.

Le propriétaire doit prouver que le temps de retour sur investissement (TRI) est supérieur à 10 ans pour être exonéré de cette obligation. La méthode de calcul du TRI est fixée en annexe I de l'arrêté du 7 avril 2023.

### **Pour répondre aux exigences des décrets BACS il faut :**

- Que le propriétaire du système de chauffage/rafraîchissement installe une GTB de classe C (régulation simple) ou B (régulation avec communication entre les postes consommateurs et producteurs d'énergie) ou A (optimisation globale) répondant aux 4 exigences de l'Article R175-3 - CCH :
  1. suivi, enregistrement et analyse au pas horaire et par zone fonctionnelle
  2. situer l'efficacité énergétique du bâtiment par rapport à une référence pour alerter et conseiller l'exploitant
  3. interopérabilité avec tous les systèmes techniques du bâtiment (utilisation des standards de communication KNX, Lonworks ou BACnet).
  4. arrêt manuel et gestion autonome possibles
- Qu'un contrat de maintenance soit signé (Article R175-4 - CCH)
- Qu'une inspection périodique de la GTB soit réalisée dans les 2 ans qui suivent l'installation ou le remplacement de la GTB elle-même ou d'un des systèmes techniques qui y sont reliés, puis tous les 5 ans. La première inspection d'une GTB déjà en place au 9 avril 2023 doit être effectuée au plus tard le 1<sup>er</sup> janvier 2025.

La gestion technique de bâtiment permet d'adapter la puissance du système de chauffage rafraîchissement aux besoins réels du bâtiment. Divers paramètres tels que les modes de fonctionnement, la température de départ ou la température ambiante peuvent être enregistrés ou modifiés.

Installer une GTB neuve de classe A ou B (ou améliorer une GTB existante de la classe C ou D vers la classe A ou B) est une opération éligible aux aides financières (fiche CEE BAT-TH-116).

## 2.2 Dispositifs incitatifs

### Les Certificats d'Économie d'Énergie (CEE)

Les certificats d'économies d'énergie sont issus de la Loi n° 2005-781 du 13 juillet 2005 de programme fixant les orientations de la politique énergétique. Il s'agit d'un marché privé où les fournisseurs d'énergie financent des travaux d'économies d'énergie. Dans le cas des PAC dans le secteur tertiaire, quatre fiches d'opération standardisées définissent les conditions pour obtenir les primes des certificats d'économies d'énergie.

### Les fiches d'opérations standardisées PAC dans le tertiaire

#### **BAT-TH-113 : Pompe à chaleur de type air / eau ou eau / eau**

- Les PAC en relève d'une chaudière haute performance énergétique et/ou utilisée pour l'eau chaude sanitaire sont exclues.
- Pour les PAC de puissance thermique nominale  $\leq 400$  kW, l'efficacité énergétique saisonnière doit être supérieure ou égale à 111 % pour les PAC moyenne et haute température et 126 % pour les PAC basse température.
- Pour les PAC de puissance thermique nominale  $> 400$  kW, le COP doit être égal ou supérieur à 3,4.

#### **BAT-TH-140 : Pompe à chaleur à absorption de type air / eau ou eau / eau**

- Les PAC éligibles doivent être dimensionnées pour répondre aux besoins du bâtiment en chauffage seul ou chauffage et eau chaude sanitaire.
- Pour les PAC de puissance thermique nominale  $\leq 400$  kW, l'efficacité énergétique saisonnière doit être supérieure ou égale à 111 % pour les PAC moyenne et haute température et 126 % pour les PAC basse température.
- Pour les PAC de puissance thermique nominale  $> 400$  kW, le COP doit être égal ou supérieur à 1,3.

#### **BAT-TH-141 : Pompe à chaleur à moteur gaz de type air / eau**

- Les PAC éligibles doivent être dimensionnées pour répondre aux besoins du bâtiment en chauffage seul ou chauffage et eau chaude sanitaire.
- Pour les PAC de puissance thermique nominale  $\leq 400$  kW, l'efficacité énergétique saisonnière doit être supérieure ou égale à 111 % pour les PAC moyenne et haute température et 126 % pour les PAC basse température.
- Pour les PAC de puissance thermique nominale  $> 400$  kW, le COP doit être égal ou supérieur à 1,3.

#### **BAT-TH-158 : Pompe à chaleur réversible de type air / air**

- Sont éligibles les PAC réversibles de type air / air de puissance calorifique et frigorifique nominales inférieures ou égales à 1 MW.
- Pour les PAC de puissance calorifique nominale inférieure ou égale à 12 kW, le SCOP est supérieur ou égal à 4,2 et l'efficacité énergétique saisonnière est supérieure ou égale à 6.
- Pour les PAC de puissance calorifique nominale supérieure à 12 kW, les efficacités énergétiques saisonnières sont supérieures ou égales à :

#### **Pour une PAC (hors PAC en toiture) :**

- 145 % pour le chauffage des locaux.
- 250 % pour le rafraîchissement des locaux.

#### **Pour une PAC en toiture (rooftop) intégrant le chauffage, le rafraîchissement, la ventilation, le rafraîchissement par surventilation nocturne et la filtration :**

- 130 % pour le chauffage des locaux.
- 150 % pour le rafraîchissement des locaux.

*Les fiches CEE correspondantes sont à retrouver sur le site de l'ATEE (atee.fr).*

## 2.3 Règles et normes encadrant la mise en œuvre de PAC dans les bâtiments tertiaires

Les technologies de pompes à chaleur mettent en œuvre des fluides frigorigènes dont l'usage est encadré par des textes et des normes résumés ci-dessous. Ces dispositifs ont pour objectif d'assurer la sécurité des utilisateurs et le respect de l'environnement. Les professionnels de l'installation et de la maintenance doivent justifier de leur capacité à la manipulation des fluides frigorigènes ce qui conduit l'ensemble de la filière « Pompes à chaleur » à faire preuve d'un savoir-faire particulièrement encadré.

### Le règlement européen F-GAS (517/2014)

#### **Statut**

Règlement Européen (s'impose directement aux États membres).

#### **Objectif**

Réglementer la mise sur le marché et la manipulation des fluides frigorigènes (utilisés dans les pompes à chaleur).

Afin d'encadrer les flux et l'utilisation des fluides frigorigènes, l'Union Européenne s'est dotée dès 2006 d'un règlement appelé F-GAS qui fixe des quotas de fluides frigorigènes pouvant être mis chaque année sur le marché et définit un cadre réglementaire strict de manipulation de ces gaz fluorés. Ce règlement F-GAS a été révisé une première fois en 2014 et une nouvelle révision est attendue en 2024.

Les quotas de mise sur le marché, mesurés en tonnes équivalent CO<sub>2</sub>, suivent une courbe dégressive afin de réduire drastiquement les émissions de gaz à effet de serre liées à ces substances et inciter la filière à privilégier des fluides frigorigènes à faible potentiel de réchauffement planétaire (PRP).

Le règlement européen F-GAS impose également aux professionnels de disposer d'une attestation de capacité à la manipulation des gaz fluorés sans laquelle ils ne sont pas autorisés à mettre en service, entretenir, réparer ni démanteler toute installation comprenant ces substances. Enfin, ils ont l'obligation de tracer chaque année les quantités de gaz fluorés achetés ou récupérés et de remettre aux distributeurs les gaz usagés pour traitement. Ce règlement F-GAS permet ainsi d'encadrer les pratiques et de garantir le professionnalisme de la filière PAC.

## La norme EN-378

### Statut

Norme européenne.

### Objectif

Définir les règles de conception, d'installation et d'exploitation des pompes à chaleur (et systèmes frigorifiques).

La norme européenne EN 378 se compose de 4 volets distincts et définit un cadre normatif très large allant de la conception et la construction, les essais, le marquage des éléments constitutifs d'une installation de pompe à chaleur (équipements, tuyauteries, fluides frigorigènes, etc.). Il s'agit du texte de référence pour toute application, garant de la sécurité pour les personnes.



Pour en savoir davantage  
sur la norme EN 378 :  
[www.ffbatiment.fr](http://www.ffbatiment.fr)

## Établissements recevant du public (ERP) Article CH35 (règlement sécurité incendie)

### Statut

Texte réglementaire (arrêté du 25 juin 1980), issu du règlement de sécurité contre les risques d'incendie et de panique dans les établissements recevant du public (ERP).

### Objectif

Cet article concerne les ERP de catégories 1 à 4, et a pour objet de prévenir les risques d'incendie. Il définit des règles strictes qui renforcent selon les cas de figure les exigences de la norme EN 378. Il a fait l'objet d'une réécriture en 2019 pour tenir compte de l'arrivée sur le marché de la catégorie des fluides frigorigènes inflammables. Il permet l'usage de ces fluides sous réserve de la mise en œuvre de dispositifs de sécurité (détecteur de fuites, alarme, ventilation, vannes d'arrêt).

Il est important de mentionner que le Conseil d'État a rendu le 19 juillet 2023 une décision stipulant en substance que l'article CH35, dans sa rédaction actuelle, contrevenait à la réglementation européenne de mise sur le marché des équipements concernés.

Par conséquent, l'article CH35 devra prochainement faire l'objet d'une nouvelle rédaction pour se conformer à cette décision.



Pour connaître les détails  
de l'article CH35 :  
[www.legifrance.gouv.fr](http://www.legifrance.gouv.fr)

## NF DTU 65.16

### Statut

Norme française.

### Objectif

Le DTU 65.16 constitue les règles de l'art pour les travaux d'installation de pompe à chaleur de puissance inférieure ou égale à 70 kW en neuf comme en rénovation.

- La partie 1-1 fixe des règles de conception technique (dimensionnement en mode chauffage) et de mise en œuvre (positionnement intérieur et extérieur, évacuation des condensats, liaisons frigorifiques, etc.).
- La partie 1-2 fixe les critères de choix de matériaux utilisés.
- La partie 2 précise les travaux faisant partie du marché.

## Énergie finale ou énergie primaire, quelle différence ?

Dans les textes réglementaires, et plus spécifiquement lorsqu'il s'agit de pompes à chaleur électriques, on peut constater que l'énergie peut être qualifiée de « primaire » ou « finale ». Il existe un lien direct entre ces deux notions que l'on appelle le Coefficient d'Énergie Primaire (CEP).

### De quoi s'agit-il ?

- L'énergie « finale » caractérise la quantité d'énergie consommée par une pompe à chaleur pour satisfaire ses usages. C'est celle qui est facturée par le fournisseur aux utilisateurs.
- Pour produire cette quantité d'énergie, la pompe à chaleur a elle-même besoin d'électricité qui doit être produite à partir de ressources naturelles (charbon, gaz, soleil, vent, uranium, ...) nécessitant une transformation et qui contiennent donc l'énergie « primaire ».
- Le CEP est un coefficient multiplicateur, fixé conventionnellement, qui définit la quantité d'énergie primaire nécessaire à transformer en vue de produire l'énergie finale.
- En France en 2023, pour l'électricité le CEP est de 2,3. Cela signifie que pour produire l'équivalent d'1 kWh d'électricité, il faut consommer 2,3 kWh d'énergie primaire en amont. À titre d'information, le CEP en France était de 2,58 avant la mise en place de la RE 2020.

### La valeur 2,3 repose sur un calcul tenant compte du « mix énergétique ».

L'électricité est produite selon plusieurs sources : nucléaire, énergies renouvelables (éolien, solaire), énergies fossiles. Les rendements respectifs de ces sources et leurs parts de la production totale d'électricité en France permettent de définir une valeur moyenne sur laquelle se base le CEP.

Type d'énergie	Rendement (%)	Part de la production (%)
Nucléaire	33	75
Énergies renouvelables	100	15
Énergies fossiles	38	10

Pour toutes les autres sources d'énergie, la France a fixé un CEP = 1, ce qui revient à considérer que l'énergie primaire est égale à l'énergie finale. Plus le CEP de l'électricité est élevé, plus les PAC électriques sont pénalisées. À terme, le développement des énergies renouvelables qui affichent un rendement de 100 % conduira nécessairement à une diminution du CEP et par conséquent à considérer des consommations moindres en énergie primaire pour les pompes à chaleur dans les études comparatives.

Notons que chaque pays de l'Union Européenne utilise ses propres CEP malgré une référence commune utilisée pour les règlements européens. En Europe, le CEP est de 2,1 (janvier 2023).

# 3. Solutions PAC et applications tertiaires

Une pompe à chaleur fonctionne selon les principes de la thermodynamique résumés ainsi : transférer une quantité de chaleur disponible et gratuite d'un milieu A vers un milieu B par le biais du changement de phase (liquide <-> gaz) d'un fluide frigorigène.

Derrière cette description d'un principe de base, le terme « pompe à chaleur » (PAC) regroupe en réalité des technologies multiples selon le type d'énergie utile à leur fonctionnement (électricité, gaz ou combinaison des deux) ou les sources de chaleur qu'elles utilisent.

## On distingue majoritairement :

- L'aérothermie : lorsque l'air extérieur est utilisé comme source de chaleur.
- La géothermie : lorsque la chaleur est puisée dans le sol ou les nappes phréatiques.

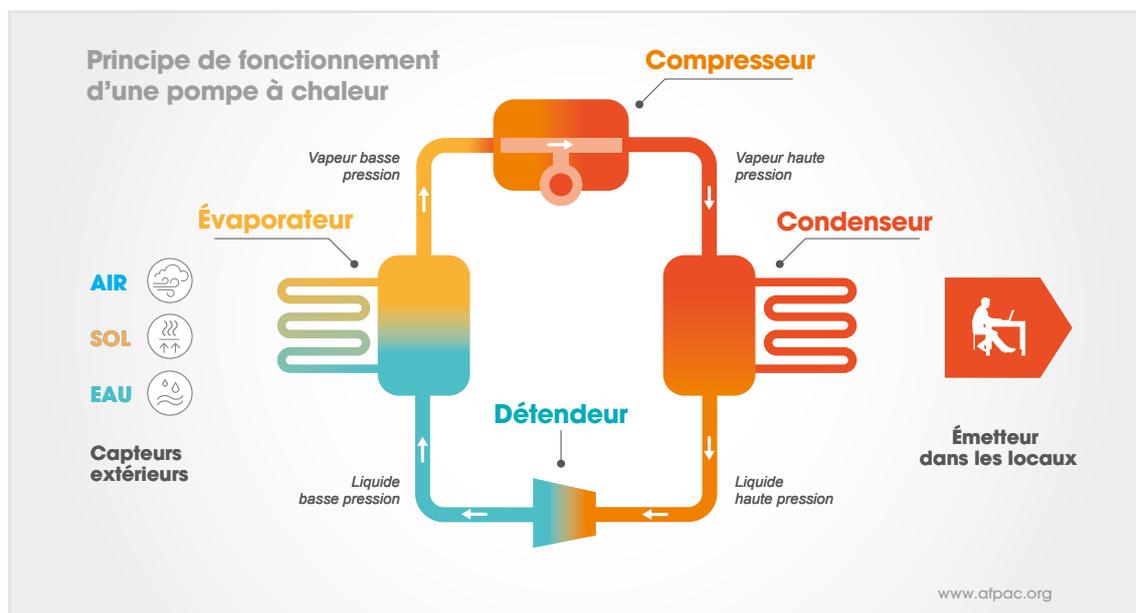
La grande majorité des PAC installées sont électriques et s'appuient sur l'aérothermie. Mais les technologies « hybride » (gaz/électricité) ou « à absorption gaz » ou encore les unités de toitures (également appelées Rooftops) ont chacune des spécificités propres à apporter une réponse aux nombreuses disparités des applications tertiaires. En voici l'inventaire.

## 3.1. Les différentes technologies de PAC

### 3.1.1 La PAC électrique

La pompe à chaleur alimentée électriquement se compose de 4 éléments principaux (voir schéma ci-dessous) :

- Un compresseur.
- Deux échangeurs de chaleurs appelés « évaporateur » et « condenseur » et positionnés respectivement dans l'un et l'autre des milieux entre lesquels sera transférée la chaleur.
- Un détendeur.

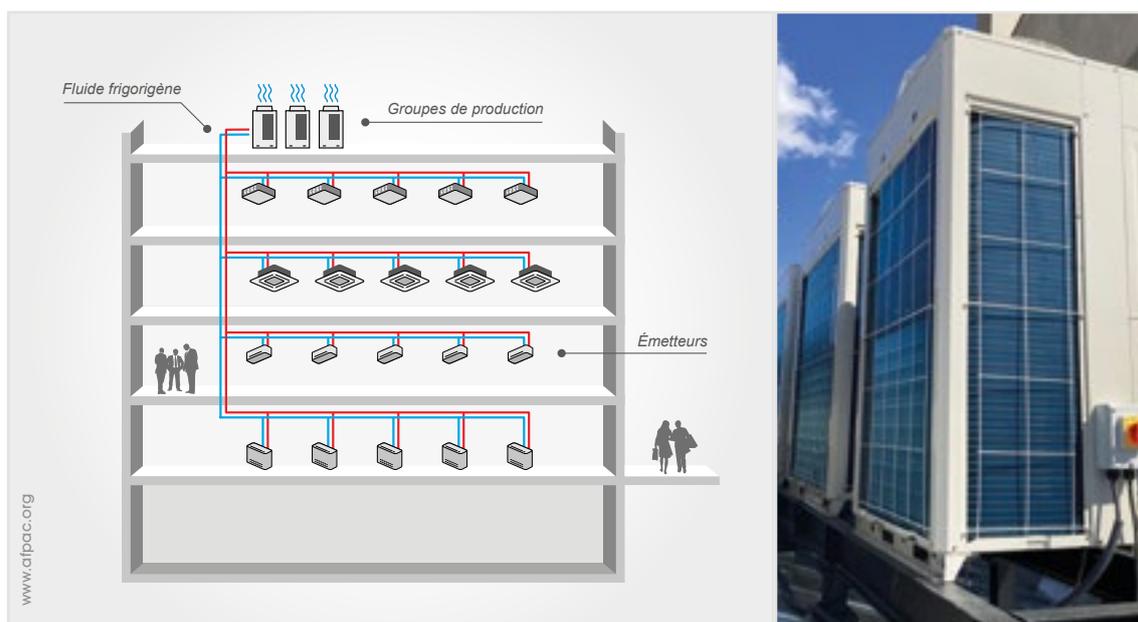


Le compresseur et le détendeur ont pour utilité de porter le fluide frigorigène à des conditions de pression qui lui permettront de changer d'état (de liquide à gaz et inversement) et de réaliser ainsi le transfert des calories.

Ce principe thermodynamique est dit « réversible » ce qui signifie qu'une pompe à chaleur permet de chauffer et/ou de rafraîchir.

## Les principales solutions de PAC électrique pour les applications tertiaires

### › Le DRV : la PAC air/air conçue pour le tertiaire



#### Principe de la solution

Le DRV (Débit de Réfrigérant Variable), également appelé VRF (Variable Refrigerant Flow), est une pompe à chaleur de type air / air parmi les plus répandues dans les bâtiments tertiaires.

Le groupe de production capte les calories à l'extérieur du bâtiment. Un réseau de tuyauteries en cuivre dans lequel circule le fluide frigorigène le relie aux émetteurs situés dans les espaces à chauffer. Chaque pièce peut ainsi disposer d'un niveau de confort adapté au souhait de ses occupants.

Il s'agit d'une solution totalement intégrée car les composants de l'installation (générateurs, émetteurs, accessoires de réseau frigorifique et régulation, ...) sont indissociables et spécifiques à chaque fabricant.

Les DRV s'appuient sur la technologie Inverter dont le principe consiste à adapter en permanence la puissance électrique absorbée aux besoins réels du bâtiment ce qui confère au système une efficacité saisonnière élevée.

La technologie DRV est en outre capable de produire du chaud et du froid de manière alternative (fonctionnement réversible) ou de manière simultanée (fonctionnement à récupération d'énergie).

Cette solution est fréquemment mise en œuvre dans l'immobilier de bureaux, les commerces ou l'hôtellerie-restauration. Par leur principe à détente directe, les systèmes DRV sont relativement limités en puissance. Néanmoins, il est usuel d'associer plusieurs réseaux DRV pour traiter un bâtiment d'une surface importante (à titre d'exemple : par niveau ou par façade).

## Les usages possibles

- Chauffage/rafraîchissement (voir émetteurs associés plus bas).
- Traitement de l'air par des kits dédiés s'intégrant dans des Centrales de Traitement d'air (à noter que les CTA peuvent être une fourniture dissociée de la marque du système DRV).
- Production d'eau chaude sanitaire: fourniture également intégrée au système DRV. Les conditions de sélection sont spécifiques à chaque fabricant et la capacité de production d'ECS est nécessairement limitée à la puissance du groupe de production DRV qu'on lui dédie.

## Les principaux atouts de la solution DRV

La technologie DRV affiche des performances énergétiques élevées en chauffage et rafraîchissement. Les compresseurs de dernière génération valorisent en particulier les performances saisonnières et assurent la circulation du fluide frigorigène: aucune pompe supplémentaire n'est nécessaire.

Le DRV est très réactif et s'adapte rapidement aux besoins du bâtiment. La mise en température rapide ou le basculement du mode chauffage au mode rafraîchissement (et inversement) sont des exemples de la réactivité du DRV.

Un confort en toute saison est possible par la production simultanée de chauffage et de rafraîchissement. Cette version appelée « à récupération d'énergie » permet de transférer les calories d'une zone de bâtiment à une autre, ce qui est particulièrement utile en mi-saison selon les différentes expositions du bâtiment.

Le DRV est une technologie qui autorise une grande modularité durant la mise en œuvre (installation par phases, longueur importante des liaisons frigorifiques, grand choix d'unités intérieures...). La technologie DRV présente l'avantage de pouvoir répartir les groupes de production à divers endroits du bâtiment selon l'envergure de celui-ci. Pour la plupart des gammes DRV disponibles sur le marché, une installation du groupe de production en local technique est également possible sous réserve de respecter les recommandations des fabricants en termes de ventilation et d'acoustique.

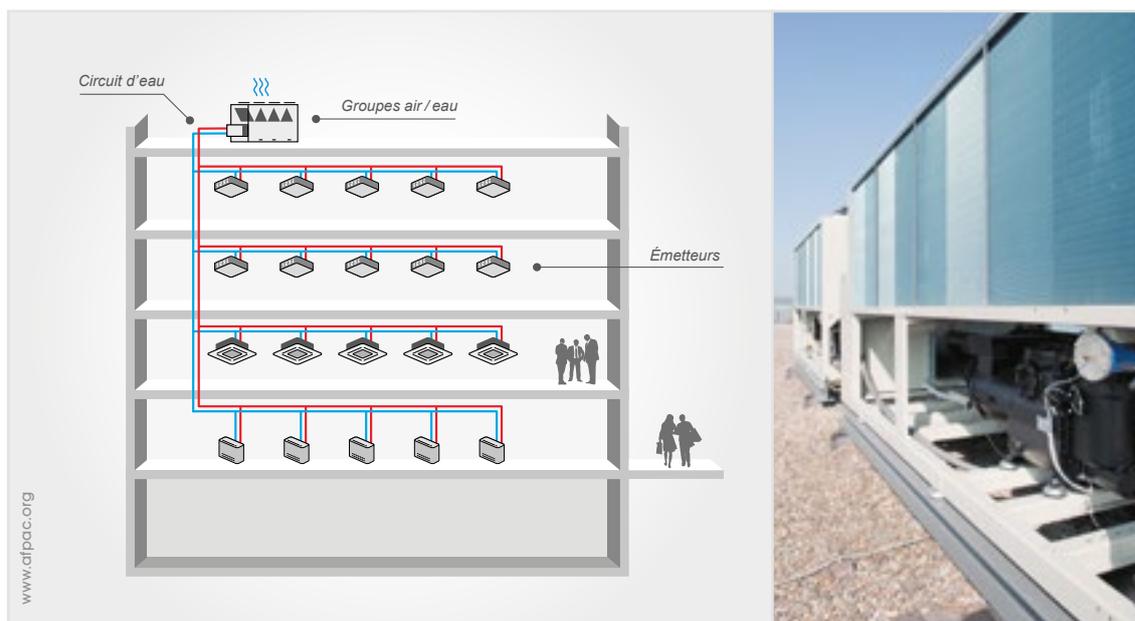
## Les émetteurs possibles

Le DRV utilise pour le chauffage et le rafraîchissement des unités intérieures dédiées. Ces dernières se déclinent selon plusieurs modèles pour s'adapter aux différentes configurations du bâtiment (architecture bâtiment, neuf et Rénovation).

Les plus courantes sont :

- Les cassettes encastrées au plafond ou en faux plafond.
- Les muraux.
- Les gainables.
- Consoles carrossées et carrossables.
- Les plafonniers.

## ► Les PAC Air / Eau (groupe d'eau glacée réversible)



### Principe de la solution

Le principe d'une pompe à chaleur air / eau consiste à réchauffer un circuit d'eau alimentant ensuite les locaux à traiter par le biais d'émetteurs. L'eau est donc utilisée comme vecteur pour transmettre les calories.

Le groupe de production est généralement « réversible » : situé à l'extérieur du bâtiment il peut chauffer ou refroidir le circuit d'eau selon la saison et couvrir le double usage chauffage et rafraîchissement.

Cette même technologie est utilisée depuis des décennies en tertiaire cependant elle était, par le passé, souvent réduite à produire uniquement de l'eau glacée (7 °C environ) pour rafraîchir les locaux en été.

Aujourd'hui, on trouve :

- Des versions « 2 tubes » pour la production de chauffage ou de rafraîchissement froid en fonction des saisons.
- Des versions « 4 tubes » (ou thermofrigopompes) si le chauffage et le rafraîchissement froid doivent être produits simultanément. Ces pompes à chaleur alimentent deux circuits d'eau distincts, l'un pour rafraîchir les locaux, l'autre pour les chauffer. Il est donc possible de satisfaire ce double usage en transférant les calories d'une zone à l'autre du bâtiment selon les besoins simultanés de celui-ci ce qui permet à l'installation d'atteindre un niveau de performance très élevé.

Pour les PAC air / eau et contrairement au DRV, on ne parle pas de solution intégrée car les organes (production, émission, régulation) issus de différents fabricants peuvent être associés. Les PAC air / eau permettent de centraliser la production en un seul point y compris pour des ensembles immobiliers de grande envergure, tout en couvrant plusieurs usages. Il s'agira toutefois de bien dimensionner les équipements selon la simultanéité des besoins.

### Les usages possibles

- Chauffage / rafraîchissement (voir émetteurs associés plus bas).
- Traitement de l'air par des échangeurs air / eau situés dans des Centrales de Traitement d'air.
- Production d'eau chaude sanitaire.

## Les principaux atouts de la solution PAC air / eau

- La mise en œuvre d'une PAC air / eau est simple car elle ne nécessite pas d'intervention sur le fluide frigorigène puisque ce dernier est confiné au niveau de l'unité extérieure.
- Les contraintes sur le CH35 et l'EN378 sont par ailleurs bien moins importantes que sur une solution PAC air / air.
- Cette solution couvre tous les usages (chauffage/rafraîchissement, ECS, CTA, ...) et propose une large palette d'émetteurs.
- La possibilité d'association à une chaudière gaz pour faire de l'hybridation de chaufferie, particulièrement intéressante en cas de rénovation sur circuit d'eau déjà existant mais aussi dans la construction neuve grâce aux atouts propres de la chaufferie hybride détaillés dans les paragraphes suivants.

## Les émetteurs possibles

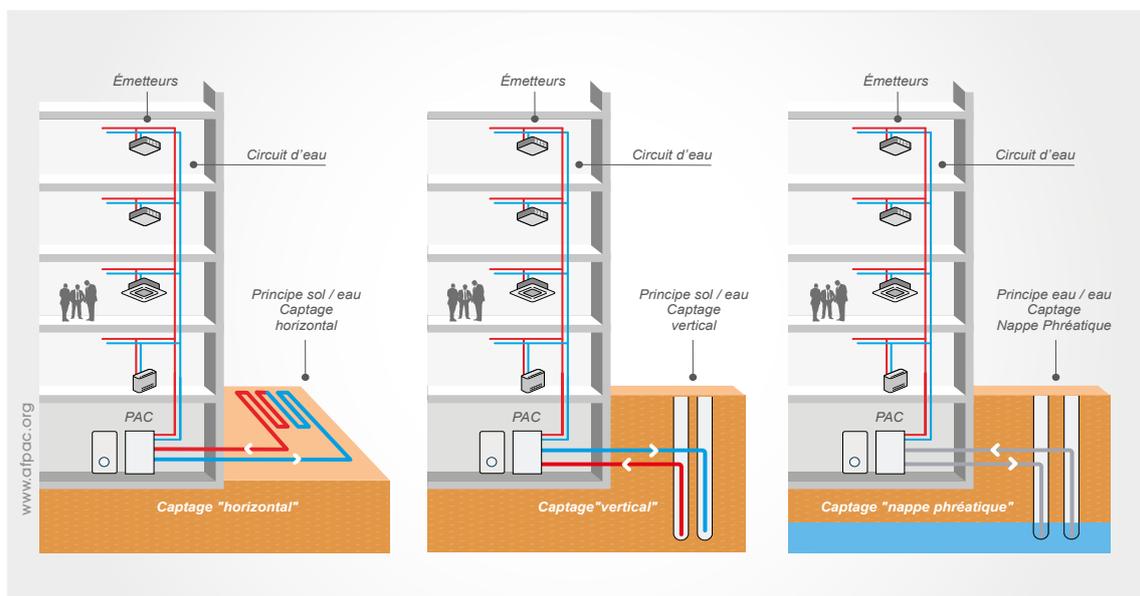
La PAC air / eau propose un large choix d'émetteurs. On notera les émetteurs de type convectif comme les ventilo-convecteurs qui se déclinent en plusieurs modèles (les allèges carrossées, carrossables, plafonniers, gainables, cassettes, ...).

On pourra également associer la PAC air / eau avec des émetteurs de type radiatif comme :

- Les radiateurs (Moyenne, Basse et Haute température) - dans ce cas, seule la fonction chauffage pourra être utilisée.
- Les planchers ou plafonds rayonnants.

Enfin on pourra également associer une centrale de traitement d'air (CTA) et un module hydraulique avec une PAC air / eau.

## ➤ Les PAC eau / eau : stabilité des performances



## Principe de la solution

La pompe à chaleur eau / eau est un type de pompe à chaleur géothermique. Cette dernière permet d'extraire la chaleur de l'eau souterraine à des fins de chauffage et d'ECS. L'eau des nappes phréatiques peut atteindre des températures comprises entre 7 degrés et 12 degrés. C'est une solution que l'on retrouve souvent dans les réseaux de chaleur urbains (RCU).

On peut utiliser aussi les PAC eau / eau sur des systèmes de captage en sol (réseaux de tubes enterrés en surface de sol (faible profondeur), pieux géothermiques mis en œuvre lors des fondations, etc.).

## Les usages possibles

- Chauffage / rafraîchissement (voir émetteurs associés plus bas).
- Traitement de l'air par des échangeurs eau / eau situés dans des Centrales de Traitement d'air.
- Production d'eau chaude sanitaire.

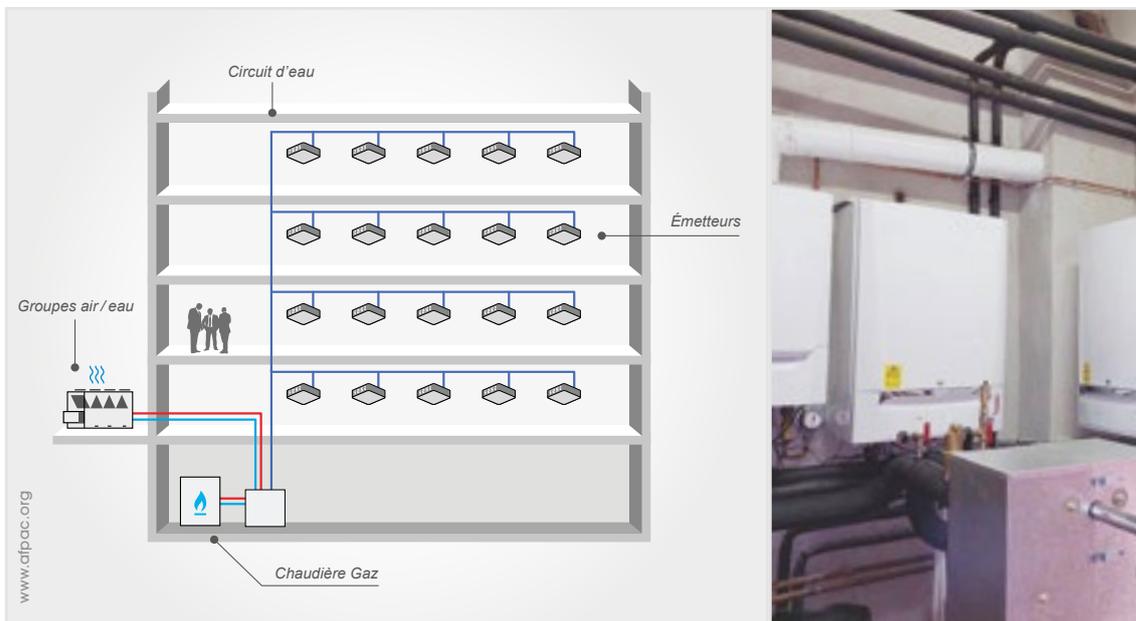
## Les principaux atouts de la solution PAC eau / eau

- Stabilité de performance: la géothermie offre l'avantage d'une source de chaleur ayant une température constante ce qui optimise l'efficacité de la pompe à chaleur et garantit un fonctionnement stable. La pompe à chaleur eau / eau offre ainsi des performances constantes en chauffage et en eau chaude sanitaire toute l'année.
- La pompe à chaleur eau / eau est particulièrement bien adaptée aux projets d'écoquartiers ou grands centres commerciaux qui se raccordent sur des réseaux de chaleur (projet global de rénovation).
- L'intégration de cette solution est facilitée car l'échange se fait sans unité extérieure. Les contraintes visuelles et acoustiques sont plus faciles à prendre en compte.
- Il est très facile de mettre en œuvre un «free cooling» performant en énergie (COP pouvant atteindre 20) sur une pompe à chaleur eau / eau.

## Les émetteurs possibles

On retrouvera pour la PAC eau / eau, les mêmes émetteurs que pour les PAC air / eau.

### 3.1.2 L'hybridation de chaufferie



## Principe de la solution

La PAC hybride est l'association d'une PAC électrique et d'une chaudière gaz, pilotées de manière optimale par un système de régulation intelligent intégré permettant de basculer d'un générateur à l'autre ou de les faire fonctionner en simultanément. Différents modes de pilotage de cette solution sont possibles, dont notamment : arbitrage selon la performance en énergie primaire de chaque équipement, ou arbitrage selon le coût des énergies.

Par exemple, avec un pilotage selon la performance en énergie primaire, et selon les conditions extérieures en hiver, la PAC hybride passera d'un fonctionnement «PAC seule» ou PAC + chaudière,

à un mode de fonctionnement «chaudière seule» (en cas de température extérieure trop basse pour permettre de respecter une efficacité minimale souhaitée de la PAC).

Dans le secteur tertiaire, comme nous l'avons présenté au début de ce guide, de nombreuses applications mettent en œuvre des chaufferies s'appuyant exclusivement sur les énergies fossiles. C'est le cas de nombreux établissements d'enseignement ou d'équipements sportifs notamment. L'hybridation de chaufferie consiste à répartir la puissance nécessaire au chauffage des locaux, et/ou à la production d'eau chaude sanitaire le cas échéant, entre une chaudière et une pompe à chaleur.

### Les usages possibles

- Chauffage/ rafraîchissement (voir émetteurs associés plus bas).
- Traitement de l'air par des échangeurs air / eau ou eau / eau situés dans des CTA.
- Production d'eau chaude sanitaire: en fonction des configurations, celle-ci peut être assurée intégralement par la chaudière ou bien la PAC peut réaliser le préchauffage de l'eau froide sanitaire, la chaudière apportant le juste complément d'énergie pour atteindre la température de consigne.

### Les principaux atouts de l'hybridation de chaufferie

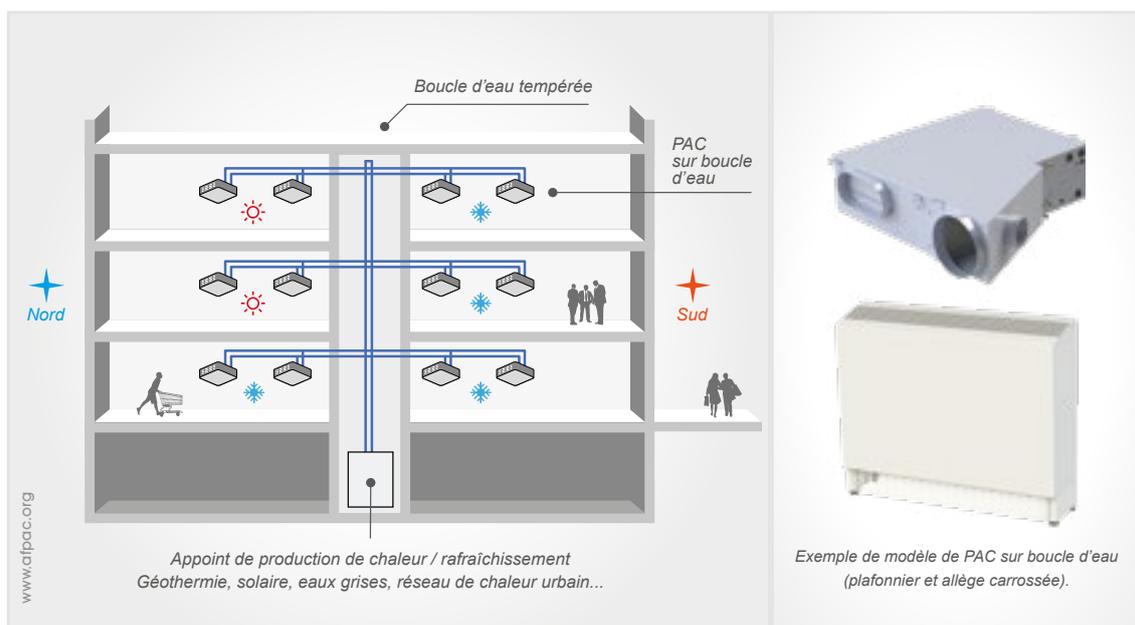
- La mixité énergétique peut être intéressante en cas de pic de consommation électrique hivernal.
- Le coût d'investissement est compétitif car on évite le surdimensionnement de la pompe à chaleur pour les jours les plus froids.
- Le rendement global (ou bien la facture énergétique) est optimisé tout au long de l'année, la régulation intelligente permettant un basculement automatique sur le mode de fonctionnement le plus performant ou bien le plus économique en temps réel.
- Grâce à la chaudière, le maintien du confort à basse température extérieure est optimisé, ainsi que la disponibilité et la réactivité de la production d'ECS.
- Un confort d'été assuré pour les générateurs hybrides proposant des technologies réversibles.
- Une solution sécurisante en cas de défaillance d'un des deux équipements.
- Une solution compacte (puissance PAC réduite) permettant un gain sur la surface et une intégration aisée.
- La combinaison de deux technologies maîtrisées par la filière pompe à chaleur.

Au-delà de ces avantages techniques ou opérationnels, hybrider une chaufferie fonctionnant aux énergies fossiles est un moyen d'atteindre un objectif de réduction des consommations énergétiques et d'amélioration du bilan carbone pour un coût d'investissement maîtrisé.

### Les émetteurs possibles

On retrouvera pour la PAC hybride, les mêmes émetteurs que pour les PAC air / eau.

### 3.1.3 Les PAC sur boucle d'eau tempérée



#### Principe de la solution

Le principe de fonctionnement de cette solution consiste à utiliser une boucle d'eau tempérée (entre 16 et 48°) à l'échelle d'un bâtiment ou d'un ensemble de bâtiments pour récupérer, stocker et transférer les calories et les frigories simultanément en fonction des besoins individuels des différents émetteurs qui y sont raccordés.

La boucle est distribuée dans le bâtiment grâce à deux tubes non calorifugés et maintenue dans ses températures d'usage par un générateur primaire permettant de la réchauffer ou de la refroidir.

Cette technologie se retrouve principalement dans les centres commerciaux et les hôtels. L'émergence des écoquartiers regroupant des bâtiments d'usages et de destinations multiples permet à cette technologie d'apporter ses bénéfices au secteur résidentiel.

#### Les usages possibles

La boucle d'eau permet aux émetteurs qui y sont raccordés de :

- Chauffer.
- Rafraîchir.
- Assurer le traitement de l'air dans certaines conditions.

Les générateurs associés à l'installation sont utiles pour :

- Éviter un fonctionnement continu pour maintenir un régime constant.
- Opérer en dehors des heures de fonctionnement des émetteurs, afin de bénéficier de meilleures conditions météorologiques et/ou de s'inscrire au mieux dans un «Smart Grid» (maintien de la consommation électrique, meilleurs tarifs électriques, ...).

#### Les principaux atouts de la solution sur Boucle d'Eau

La distribution, grâce à ses « 2 tubes non calorifugés », permet un gain de place et de coût (économie du calorifuge, réduction de moitié de la matière pour le réseau de distribution).

Sa mise en œuvre est simple et sans aucune manipulation de fluide frigorigène.

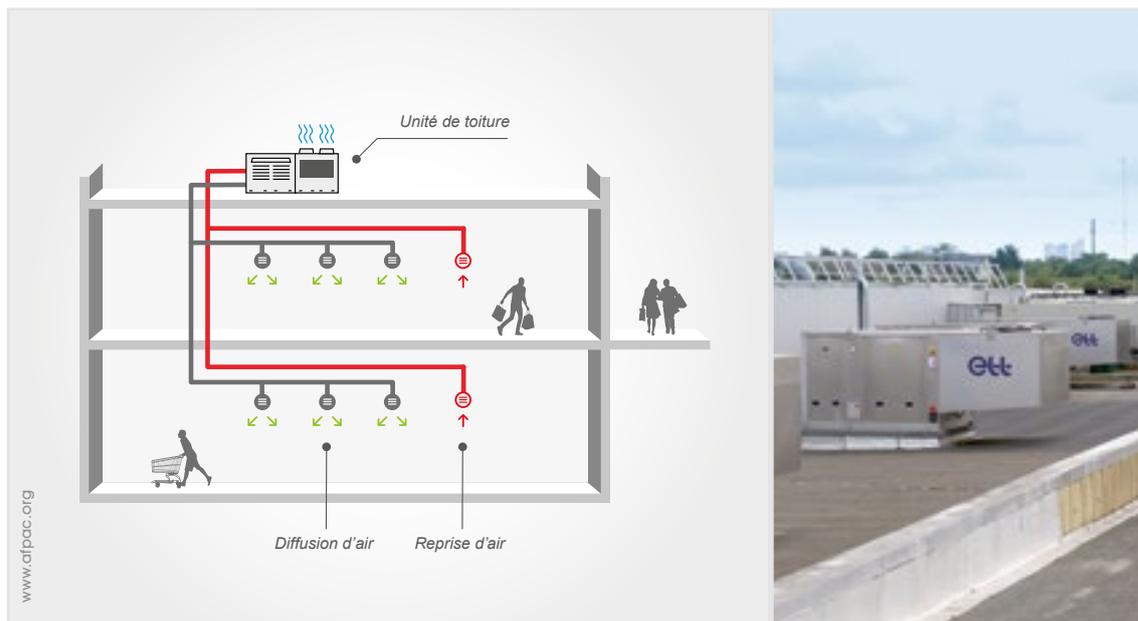
Elle permet également de tirer parti des réseaux de chaleur urbains froids et chauds ainsi que de sondes géothermiques.

## Les émetteurs possibles

Pour assurer le chauffage et le rafraîchissement, la technologie peut s'appuyer sur un large choix d'émetteurs :

- Allèges carrossées.
- Allèges non carrossées.
- Plafonniers.
- Gainables.
- Cassettes.

### 3.1.4 Les unités de toitures (ou Rooftops)



#### Principe de la solution

Les unités de toitures (également connues sous l'anglicisme « Rooftops ») sont des équipements conçus pour fonctionner en permanence à l'extérieur et intégrant, dans un ensemble unique, compresseur, évaporateur et condenseur tout en permettant de couvrir en partie ou à 100 % le renouvellement d'air selon les applications.

Le principe d'unité de toiture peut se décliner également en version hybride en intégrant un brûleur gaz pour assurer une puissance de chauffage selon les conditions extérieures.

Les unités de toiture peuvent être équipées de 2, 3 ou 4 registres, en fonction du système de récupération d'énergie inclus ou non.

#### Les usages possibles

Tous types de locaux publics, commerciaux, locaux industriels et stockage. Les unités de toiture couvrent les usages de chauffage et rafraîchissement d'air (air / air ou air / eau) ainsi que le traitement d'air extérieur (filtration, contrôle d'humidité) pour le renouvellement d'air des locaux.

#### Les principaux atouts de la solution Rooftop

De par leur conception, les unités de toitures sont des solutions très simples à mettre en œuvre. Elles permettent de concentrer sur un châssis unique installé en toiture le plus souvent mais également au sol ou en intérieur (avec un condenseur gainé) l'ensemble des organes techniques pour assurer les fonctions de traitement d'air pour les applications de confort.

## La diffusion

Les principales applications associent les unités de toiture à un réseau de gaines et de diffuseurs qui vont répartir avec des débits fixes ou variables la puissance produite vers l'ensemble des locaux à traiter.

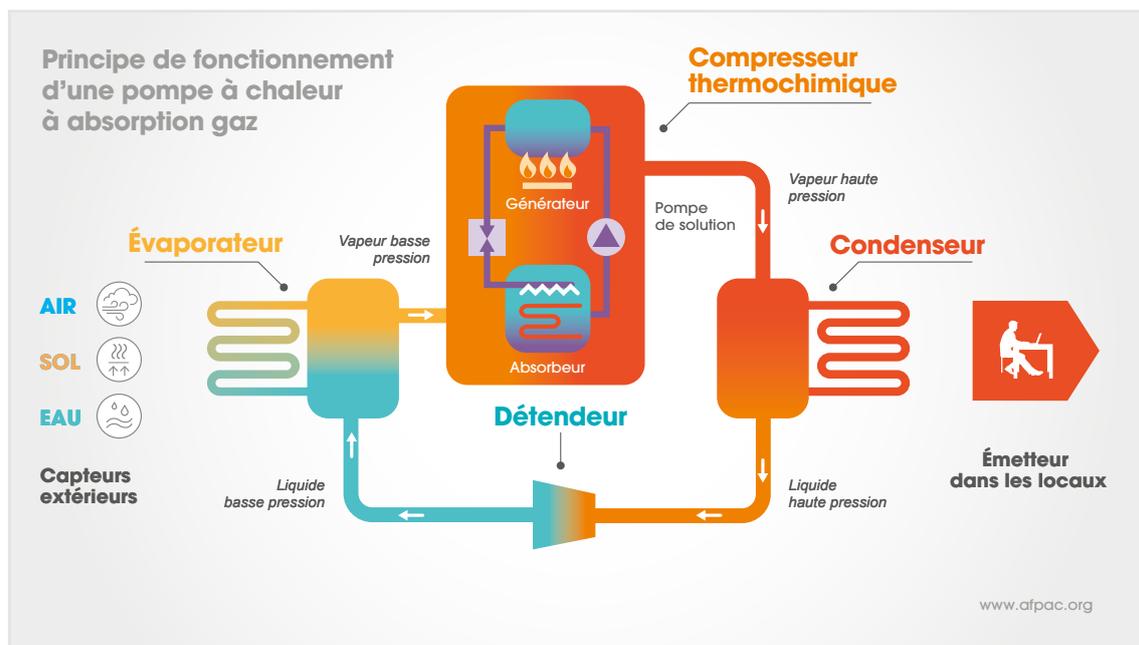
### 3.1.5 Les autres technologies PAC existantes

Il existe d'autres technologies mettant en œuvre le principe de la PAC. Elles se rencontrent toutefois moins fréquemment dans les applications tertiaires.

#### PAC absorption gaz

La PAC à absorption gaz fonctionne selon le même principe qu'une PAC électrique à compression, sauf que le compresseur mécanique est remplacé par un compresseur thermochimique qui opère selon le principe de l'absorption : le brûleur gaz chauffe un mélange eau-ammoniac (générateur) de manière à libérer de l'ammoniac gazeux à haute température qui va céder sa chaleur au niveau du condenseur, puis la solution d'ammoniac appauvrie se régénère en absorbant l'ammoniac gazeux issu de l'évaporateur (absorbeur) produisant ainsi un dégagement de chaleur important (réaction exothermique) qui est également cédé au niveau du condenseur.

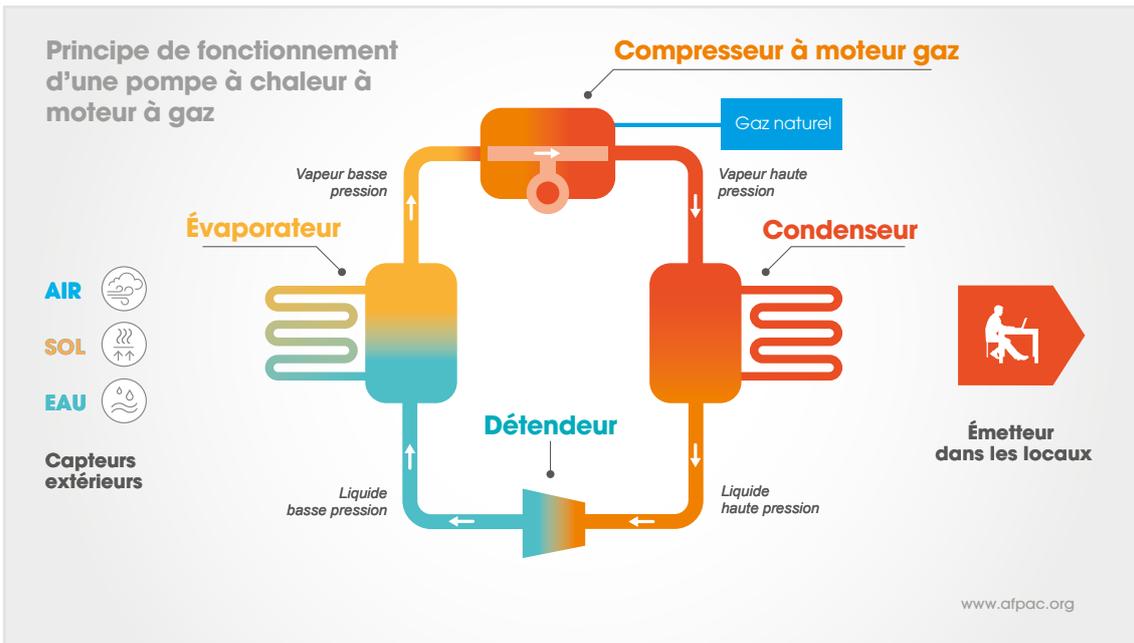
Source : <https://cegibat.grdf.fr/produit/pac-absorption-aerothermique>



#### PAC à moteur gaz

La PAC à moteur gaz (ou GHP pour Gas Heat Pump) fonctionne selon le même principe qu'une PAC électrique à compression, sauf que le compresseur mécanique est entraîné non pas par un moteur électrique, mais par un moteur à gaz.

Source : <https://pompe-a-chaleur.ooreka.fr/comprendre/pompe-a-chaleur-gaz>



### Double PAC (PAC électrique + PAC à moteur gaz)

La Double PAC (ou système hybride GHP/DRV) est l'association d'une PAC électrique et d'une PAC à moteur gaz, pilotées de manière optimale par un système de régulation intelligent intégré permettant de basculer d'une PAC à l'autre ou de les faire fonctionner en même temps. Il s'agit d'une autre forme d'hybridation. Différents modes de pilotage de cette machine double sont possibles : arbitrage selon la performance en énergie primaire de chaque équipement, arbitrage selon le coût des énergies, ou encore selon le niveau d'appel de puissance.

## 3.1.6 Les réseaux de chaleur

Des pompes à chaleur pour chauffer et refroidir des quartiers, c'est possible !

L'usage des pompes à chaleur est souvent réduit à l'échelle du bâtiment, or ces équipements peuvent également s'intégrer dans des installations décentralisées qui viennent alimenter en chaleur ou en froid de multiples bâtiments : c'est ce qu'on appelle les réseaux de chaleur et de froid.

Les premiers réseaux de chaleur ont été créés en France dans les années 1930. Depuis ils n'ont cessé de se développer : en nombre, avec plus de 900 réseaux opérés sur le territoire national en 2023, mais également techniquement avec la multiplication des couplages de différents moyens de production et l'arrivée notamment de système électrique dans le mix de production.

#### Les pompes à chaleur peuvent :

- Occuper un rôle dans l'alimentation en chauffage et/ou en rafraîchissement d'un réseau décentralisé.
- Constituer un complément de moyens de production centralisés et participer à l'optimisation du niveau de mixité EnR du réseau.

### › Les pompes à chaleur, un équipement au cœur de la production de chaleur d'un réseau

Quel que soit le type de réseau (réseau de chaleur ou boucle d'eau tempérée) les pompes à chaleur peuvent servir à produire de la chaleur pour alimenter le réseau.

## La géothermie

Le principe est simple, des sondes sont installées dans le sol à des niveaux de profondeur différents selon le type de géothermie :

- Moins de 200 mètres de profondeur : c'est ce qu'on appelle de la Géothermie de Minime Importance (GMI) : de l'eau circule dans les sondes et vient capter les calories du sol. La PAC vient rehausser la température de l'eau pour la distribuer ensuite dans le réseau secondaire au niveau de température contractuelle attendue.
- Plus de 200 mètres de profondeur : c'est ce qu'on appelle la géothermie de grande profondeur. Un puit est creusé jusqu'à un aquifère, défini par le BRGM (Bureau de Recherches Géologiques et Minières) comme une « formation géologique, continue ou discontinue, contenant de façon temporaire ou permanente de l'eau mobilisable, constituée de roches perméables (formations poreuses ou fissurées) et capable de la restituer naturellement ou par exploitation (drainage, pompage, ...) ».

En fonction du niveau de température,

- Soit l'eau pompée à partir de cette nappe n'est pas à une température suffisante, elle est alors rehaussée pour pouvoir être redistribuée au bon régime de température et distribuer de la chaleur.
- Soit l'eau pompée est suffisamment chaude pour être distribuée, la PAC est alors une solution de substitution des chaufferies (appoint).

## La récupération de chaleur fatale chez des industriels

La chaleur fatale issue du process industriel est la chaleur générée par un procédé dont l'objectif premier n'est pas la production d'énergie.

### Deux types de chaleur fatale existent :

- La chaleur directement évacuée sur l'extérieur (fumée, buée...).
- La chaleur nécessitant d'être refroidie pour le fonctionnement du process (Tour aéroréfrigérante).

Cette chaleur récupérée est ensuite complétée par la pompe à chaleur, puis distribuée soit au sein d'un réseau urbain, soit réinjectée dans le process industriel.

## La thalassothermie

Le principe est simple : une prise d'eau sous-marine amène jusqu'à des échangeurs les calories de l'eau de mer. De l'autre côté des échangeurs, une boucle d'eau tempérée amène cette énergie jusqu'aux pompes à chaleur installées au sein des bâtiments. Ces dernières, selon les saisons, augmentent ou diminuent la température de l'eau.

## ➤ Les pompes à chaleur, un équipement en complément d'un outil de production de chaleur

Les pompes à chaleur sont également de plus en plus souvent utilisées en couplage de moyens de production de chaleur.

Elles peuvent par exemple être utilisées pour récupérer de la chaleur sur les condenseurs des chaufferies biomasse (condensation thermodynamique). Des condenseurs récupèrent de l'énergie liée à la condensation de la vapeur d'eau contenue dans les fumées (chaleur latente de condensation). Celle-ci vient ensuite, grâce à un échange thermique couplé à une pompe à chaleur, relever la température (de 40 °C à 80 °C environ).

Cela participe à l'amélioration de la performance du réseau, en optimisant les consommations énergétiques (moins de biomasse) et en améliorant la mixité EnR du réseau.

## 3.2 Choix de la segmentation tertiaire

Les technologies PAC sont multiples et les applications dans les bâtiments tertiaires très diverses. Il n'est pas difficile d'imaginer que les besoins d'un hôtel ne sont pas ceux d'une salle de spectacle. Une analyse par secteur est nécessaire : quels sont les critères décisionnels et quelles solutions PAC sont mieux à même d'y répondre ? Il ne s'agit pas de définir une méthode de sélection mais de cibler les éléments à prendre en considération avant d'investir pour une pompe à chaleur dans un bâtiment.

Nous avons fait le choix de définir plusieurs secteurs de l'immobilier tertiaire et pour chacun de segmenter sur la base de différenciations susceptibles d'impacter les choix technologiques.

Catégorie tertiaire	Sous-segment
 <b>Bureaux administration</b>	< 1 000 m <sup>2</sup>
	1 000 à 5 000 m <sup>2</sup>
	> 5 000 m <sup>2</sup>
 <b>Commerces</b>	Centre commercial fermé
	Centre commercial ouvert
	Commerces centre ville
 <b>Hôtellerie Restauration</b>	< 50 chambres
	> 50 chambres
 <b>Enseignement</b>	Crèches, Maternelle, Primaire
	Secondaire (collèges et lycées)
	Supérieur
 <b>Santé Habitat communautaire</b>	Hôpitaux / Cliniques
	Maison de retraite / EHPAD
	Résidences de services (étudiants, foyers d'accueil)
 <b>Culture, sport et loisirs</b>	Gymnases / Salles polyvalentes
	Culture (Salles de spectacles, cinémas, médiathèques)

La présence des technologies PAC dans le tertiaire n'est pas uniforme selon les secteurs. On peut distinguer deux cas de figure :

- Les secteurs Bureaux / Commerces / Hôtellerie (principalement le tertiaire dit « marchand ») au sein desquels les PAC sont bien présentes, notamment du fait de leur capacité à traiter le confort en toute saison.
- Les secteurs Enseignement / Santé / Culture, Sport et loisirs, dominés par le tertiaire « non marchand » où, à l'inverse, le taux de présence des technologies PAC est bien plus faible car les solutions de chauffage ont historiquement privilégié des chaufferies basées sur la technologie chaudière, ou bien les chaufferies gaz ou fioul.

Par conséquent, les analyses sectorielles qui vont suivre se doivent de tenir compte de ces deux contextes bien différents.

D'une part, pour la première catégorie, la question est d'identifier la marge de progression encore possible pour ces technologies PAC, et ce qu'il est nécessaire de leur adjoindre pour continuer de contribuer aux objectifs du décret tertiaire notamment.

D'autre part, pour la seconde catégorie, il s'agit de présenter comment les technologies PAC peuvent davantage pénétrer ces domaines d'application et mesurer les bénéfices qu'elles apporteront le cas échéant.

## Les PAC : un atout majeur pour les labels de certification des bâtiments

HQE, BREEAM, LEED, ... Les labels de certification environnementale des bâtiments se sont imposés dans le secteur de la construction. Bien que s'appuyant chacun sur un référentiel spécifique, tous ont pour ambition de valoriser les performances environnementales de l'immobilier tertiaire.

Parmi les critères pris en compte, celui de la performance énergétique pèse de façon déterminante sur le résultat et le niveau de certification final, quel que soit le label considéré. C'est la raison pour laquelle la technologie PAC s'est révélée être un atout majeur dans les choix de conception des bâtiments, en neuf comme en rénovation, depuis l'avènement de ces labels de certification, et ce pour l'ensemble du secteur tertiaire.

### 3.2.1. Neuf ou rénovation : un critère discriminant pour certains choix technologiques

Quelle que soit l'application tertiaire considérée, un critère à lui seul peut nettement influencer le choix de la technologie de pompe à chaleur : s'agit-il d'un bâtiment neuf ou d'une rénovation ?

#### Projet de rénovation

La solution de chauffage et/ou rafraîchissement existante va nécessairement compter dans les choix pour des raisons techniques ou économiques (qui sont en règle générale corrélées). Cela ne signifie pas toutefois que le remplacement d'une installation à l'identique est la seule option. Néanmoins, le budget des travaux évoluera sensiblement selon les orientations techniques.

Par exemple : la conception de bon nombre de bâtiments à usage de bureaux construits dans les années 90 n'avait pas anticipé les espaces techniques nécessaires au passage d'une boucle d'eau, optant pour une solution de chauffage par effet joule. La mise en œuvre d'une pompe à chaleur air / air de type DRV qui nécessite des tuyauteries de petit diamètre s'avère souvent techniquement plus accessible.

#### Projet de construction neuve

La conception d'un bâtiment à partir d'une feuille blanche ouvre le choix, par principe, à toutes les options technologiques possibles. Les aspects techniques du projet ne peuvent être contraints que par l'environnement du bâtiment à construire (par exemple : contraintes acoustiques vis-à-vis du voisinage).

Par exemple : il est plus facile de prendre en considération la géothermie dans le cas d'une construction neuve que pour une rénovation qui nécessitera des travaux plus lourds et donc des conséquences sur le temps et le budget pour les mener à bien.

#### Critères techniques incontournables dans le cadre d'une rénovation légère

Par « rénovation légère », nous entendons un projet qui se limitera au second œuvre technique : remplacement des équipements, voire redistribution des surfaces. Dans un tel contexte, certains critères techniques liés aux pompes à chaleur doivent impérativement être considérés pour valider la faisabilité du choix de la technologie.

- La puissance électrique disponible : le choix d'une PAC électrique en remplacement d'une chaudière gaz suppose bien entendu de s'assurer que la puissance électrique souscrite pourra couvrir les besoins. Pour des immeubles de grande envergure, l'hybridation de la chaufferie gaz avec une pompe à chaleur est une solution intermédiaire (voir le chapitre « hybridation de chaufferie » page 29).

- L'intégration dans le bâti : c'est un critère qui peut s'avérer complexe tout particulièrement pour les pompes à chaleur qui se basent sur l'aérothermie et qui nécessitent d'être généralement situées à l'extérieur du bâtiment qu'elles équipent. Cet aspect impose de vérifier notamment :
  - L'impact acoustique pour le voisinage (voir norme NF S31-010, Décret n° 2006-1099 du 31 août 2006 et Arrêté du 5 décembre 2006).
  - En cas d'installation en toiture : la capacité de la structure à supporter le poids des équipements.
  - Dans le cas de certains bâtiments en centre-ville : les restrictions locales régissant la visibilité des équipements techniques.

L'analyse sectorielle qui suit s'affranchit donc délibérément de ces critères techniques et ceux liés au cas des projets neufs. Elle s'efforce de faire ressortir les éléments objectifs pour lesquels les pompes à chaleur présentent certains atouts spécifiques.

### **L'hybridation : un choix pertinent en neuf comme en rénovation**

Il serait imparfait de vouloir confiner l'hybridation aux seuls cas de rénovation pour les bâtiments de grande envergure. Les PAC Hybrides peuvent être prises en considération lors de la conception de tout bâtiment neuf en fonction de leurs atouts propres qui s'appuient notamment sur une optimisation des usages et de l'investissement selon l'implantation géographique ou la disponibilité des ressources énergétiques. Cette considération vaut elle aussi pour tous les secteurs tertiaires analysés dans les pages à suivre.



## 3.2.2 Bureaux / Administration

### Données clés

	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
<b>Surfaces chauffées (millions m<sup>2</sup>)</b>	132,1	152,2	171,1	187,1	204,7	220,8	236,0
<b>Consommations totales (TWh)</b>	38,7	44,3	49,9	53,5	56,2	57,4	49,9
<b>Consommations de chauffage (TWh)</b>	23,9	25,4	28,0	28,5	28,0	26,5	24,2

Source : CEREN

### Le contexte du secteur

Les surfaces de bureaux suivent une croissance relativement régulière depuis une trentaine d'années. Ce secteur a bénéficié de l'évolution des réglementations thermiques pour se moderniser, ce qui conduit à diviser par deux les consommations énergétiques moyennes au mètre carré pour le chauffage des locaux.

L'immobilier de bureaux est en constante évolution. Autrefois densément cloisonnées, les surfaces se sont progressivement ouvertes pour créer les open spaces. Plus récemment, le Flex office\* a fait son apparition, que l'accélération soudaine du télétravail ne fait qu'accentuer.

Par définition, les employés-utilisateurs, ne sont pas directement concernés par l'impact de leur usage des équipements techniques. Des efforts sont donc déployés par les entreprises pour les y sensibiliser voire limiter les risques de surconsommation énergétique.

### Ce qu'il faut retenir

Les critères	Les usages	Les solutions PAC qui se distinguent	
		Solutions	Atouts
<b>Flexibilité pour permettre d'agencer les surfaces de manière évolutive</b>	Chauffage Confort d'été Traitement d'air neuf	Système DRV	Simplicité de mise en œuvre particulièrement adaptée à la rénovation et aux petites surfaces. Performances énergétiques élevées. Nécessite de multiplier les réseaux pour les grands immeubles. Interopérabilité avec une gestion technique du bâtiment.
<b>Retour sur investissement</b>		PAC air / eau + ventilo-convecteurs	Solution aisément remodelable pour s'adapter au changement d'agencement des surfaces. Permet une forte centralisation des équipements pour les grands immeubles. Interopérabilité avec une gestion technique du bâtiment.
<b>Supervision et gestion centralisée</b>		PAC hybrides	Alternative pertinente pour optimiser les consommations énergétiques d'immeubles de bureaux aujourd'hui traités par une chaufferie à base d'énergies fossiles. C'est aussi un premier pas vers la décarbonation.

(\*) Flex Office : principe consistant à ne pas attribuer de bureau fixe à chaque collaborateur pour privilégier un nombre de bureaux disponibles en fonction d'un taux de présence quotidienne et donc ajuster la surface de location.

## Les critères influençant le choix de la technologie

### Le retour sur investissement

Dans l'immobilier de bureaux privés, le critère du retour sur investissement est déterminant et doit être compatible avec les stratégies d'investissement des professionnels de ce secteur. Les bureaux d'études spécialisés sont en capacité de chiffrer les investissements et simuler de manière précise les coûts d'exploitation des équipements. Le décret tertiaire amène cependant un éclairage nouveau : un immeuble se doit d'être rentable rapidement mais également de réduire ses consommations énergétiques, ce qui induit un équilibre nouveau entre choix technologique et investissement financier.

### La flexibilité

Les surfaces de bureaux évoluent au gré de l'organisation des entreprises et des administrations (changement de locataires, réorganisation des services). La flexibilité des solutions de chauffage / rafraîchissement est donc un critère essentiel dans le choix d'une solution afin de pouvoir adapter l'installation de chauffage / rafraîchissement à la distribution des surfaces ainsi que les organes de pilotage.

### Le contrôle centralisé des équipements

Déjà très présente dans l'immobilier de bureaux de standing (immeubles de quartiers d'affaires ou en centre-ville), la gestion technique du bâtiment (GTB) est appelée à jouer un rôle essentiel non seulement pour mieux maîtriser les consommations énergétiques mais aussi dans le but de sensibiliser les utilisateurs quant à l'impact de leur comportement.

## Bureaux / Administration

### Les solutions PAC les mieux adaptées

Deux technologies prédominent pour l'application de bureaux : les systèmes DRV et les PAC air / eau. Raccordées à un réseau d'émetteurs disposés de manière à mailler les surfaces à traiter, elles sont compatibles avec tous les scénarii d'agencement possibles et répondent ainsi à l'exigence de flexibilité.

Selon la superficie des locaux à traiter, une tendance apparaît, qui n'a rien d'exclusif toutefois : pour des grands ensembles (> 5 000 m<sup>2</sup>), la technologie air / eau offre l'avantage de la centralisation des équipements, ce qui favorise les coûts de travaux d'installation et de maintenance.

À l'inverse, pour les plus petites surfaces (< 1 000 m<sup>2</sup>), les systèmes DRV offrent une souplesse et une simplicité de mise en œuvre qui les rendent très compétitifs.

Ces deux technologies comparables ont un point commun : par conception même ou par destination, elles s'interfacent très facilement avec des systèmes de supervision ou de gestion technique du bâtiment dont nous avons évoqué l'importance croissante pour atteindre les objectifs de réduction des consommations énergétiques.



### Données clés

<b>Alimentaire spécialisé</b> POINTS DE VENTE <b>72 640</b> SURFACE DE VENTE MOYENNE (MILLIONS M <sup>2</sup> ) <b>80</b>	<b>Alimentaire non spécialisé</b> POINTS DE VENTE <b>32 880</b> SURFACE DE VENTE MOYENNE (MILLIONS M <sup>2</sup> ) <b>780</b>	<b>Loisirs, Culture</b> POINTS DE VENTE <b>25 400</b> SURFACE DE VENTE MOYENNE (MILLIONS M <sup>2</sup> ) <b>220</b>	<b>Équipement de la maison</b> POINTS DE VENTE <b>39 440</b> SURFACE DE VENTE MOYENNE (MILLIONS M <sup>2</sup> ) <b>470</b>
<b>Équipement de la personne</b> POINTS DE VENTE <b>62 110</b> SURFACE DE VENTE MOYENNE (MILLIONS M <sup>2</sup> ) <b>150</b>	<b>Biens médicaux</b> POINTS DE VENTE <b>36 800</b> SURFACE DE VENTE MOYENNE (MILLIONS M <sup>2</sup> ) <b>90</b>	<b>Autres</b> POINTS DE VENTE <b>31 780</b> SURFACE DE VENTE MOYENNE (MILLIONS M <sup>2</sup> ) <b>190</b>	<b>Total</b> POINTS DE VENTE <b>301 050</b> SURFACE DE VENTE MOYENNE (MILLIONS M <sup>2</sup> ) <b>1 980</b>

Source INSEE

	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
<b>Surfaces chauffées (millions m<sup>2</sup>)</b>	163,4	172,8	184,4	196,5	205,0	210,7	216,1
<b>Consommations totales (TWh)</b>	40,8	43,0	47,8	50,8	51,9	50,5	45,3
<b>Consommations de chauffage (TWh)</b>	17,8	18,1	20,9	21,6	21,0	19,1	17,3

Source CEREN

### Le contexte du secteur

Avec 300 000 points de vente dont près d'un tiers consacré au commerce alimentaire, le segment commercial est l'un des poids lourds du secteur tertiaire. La croissance des surfaces dédiées aux commerces, bien que demeurant positive, tend à s'affaiblir depuis une dizaine d'années (moins de 3 % de surfaces supplémentaires tous les 5 ans). Comme pour les bureaux, la consommation énergétique due au chauffage dans les commerces connaît une baisse significative depuis 2005 passant en moyenne de 112 à 79 kWh/m<sup>2</sup>.an.

Le développement du commerce en ligne n'est pas sans conséquence sur le dynamisme du commerce de détail. Le commerce de centre-ville en souffre et dans le domaine de la mode en particulier, certaines enseignes historiques ont été contraintes de mettre la clé sous la porte. L'essoufflement de la croissance des surfaces de commerce est une des conséquences de ce phénomène.

Tous segments confondus, les technologies de PAC sont bien représentées dans ce secteur en particulier pour leur capacité à traiter le confort en toute saison, en mode chauffage ou rafraîchissement. De surcroît, la diversité des solutions permet de couvrir l'ensemble du spectre des applications commerciales, quelles que soient les surfaces de vente.

## Ce qu'il faut retenir

Les critères	Les usages	Les solutions PAC qui se distinguent		
		Segments	Solutions	Atouts
Réactivité	Chauffage Confort d'été Traitement d'air neuf	Commerce de centre-ville	PAC air / air	Installation et maintenance simples, permettant d'adapter le confort à tout moment. Des solutions existent pour faciliter l'intégration des équipements techniques dans le bâti.
Retour sur investissement		Magasin en zone commerciale	Rooftop PAC air / air	Rooftop : centralisation de la solution technique qui permet de concentrer une puissance importante. PAC air / air : répartir la puissance globale nécessaire sur plusieurs systèmes indépendants répartis dans le volume ce qui confère une plus grande souplesse en cas de dysfonctionnement de l'un d'entre eux.
Intégration dans les surfaces de vente et dans le bâtiment (pour les commerces en centre-ville)		Boutique en centre commercial fermé	PAC sur boucle d'eau PAC hybride	Selon les volumes à traiter, solutions offrant une simplicité de mise en œuvre et de maintenance.

## Les critères influençant le choix de la technologie

Les critères de choix d'une technologie varient selon le type d'activité commerciale. Il existe toutefois des dénominateurs communs.

### La réactivité pour un confort à chaque instant

La qualité d'accueil de la clientèle est le fondement de tout lieu de commerce et la sensation de confort contribue à façonner l'identité d'une enseigne ou d'une boutique. C'est ce qui explique que les pompes à chaleur ont largement investi le secteur car elles garantissent ce confort en toute saison. Encore faut-il que les équipements puissent s'adapter aux besoins en temps réel : éviter des différentiels de température trop élevés avec l'extérieur l'été ou encore gérer l'amplitude thermique au cours d'une même journée en mi-saison.

### Le retour sur investissement

Dans ce secteur, le renouvellement est un dynamisme qui façonne l'image d'une enseigne et d'un commerce. C'est pourquoi, beaucoup de points de vente revoient régulièrement leur concept ce qui induit des investissements dans les travaux et par conséquent des temps de retour sur investissement relativement courts. Dès lors, les solutions de CVC sont appelées à s'y conformer.

### Facilité des interventions de maintenance dans les surfaces de vente

Afin d'éviter que la maintenance ne perturbe l'activité du commerce, la facilité des opérations et l'accès aux équipements sont deux critères qui peuvent à eux seuls orienter le choix d'une solution technique.

## Commerces

### Les solutions PAC les mieux adaptées

**Selon la typologie des commerces, les technologies PAC qui s'y adaptent varient. Nous distinguons trois segments principaux :**

#### › Commerces en centre-ville

##### Caractéristiques d'ordre général

- Petites à moyennes surfaces de vente (50 - 300 m<sup>2</sup>).
- Implantation en rez-de-chaussée et pied d'immeuble.

Les lieux d'implantation de ces commerces peuvent conduire à certaines contraintes techniques et architecturales: invisibilité de tout équipement technique exigée, accord de copropriété ou plus largement respect du voisinage, etc. L'adaptabilité de la technologie des PAC air / air offre toutefois des réponses en adéquation avec ces contraintes et les attentes des utilisateurs, ce qui explique sa forte présence dans ces applications à ce jour. Des groupes de production pouvant être intégrés dans des locaux techniques ventilés existent sur le marché par exemple.

#### › Commerces en zone d'activité commerciale

##### Caractéristiques d'ordre général

- Moyennes à grandes surfaces de vente (200 - >1000 m<sup>2</sup>).
- Bâtiments d'une architecture qui fait la part belle aux aspects fonctionnels: hauteur sous plafond, espaces dédiés aux équipements techniques notamment.

Par conception, ces bâtiments disposent d'une flexibilité qui leur permet d'intégrer facilement des équipements sans contraintes liées au voisinage. Les volumes à traiter sont importants du fait de la taille des surfaces de vente combinées aux hauteurs sous plafond. Les solutions de type Rooftop avec PAC intégrée (voir page 32) centralisent la production et couvrent les usages de confort été comme hiver et de renouvellement d'air. La diffusion se fait par des gaines qui peuvent être apparentes.

Une alternative est possible en associant plusieurs PAC air / air qui traiteront chacune une part du volume global. En cas de dysfonctionnement de l'une, le confort n'est que peu altéré ce qui facilite l'intervention de dépannage.

#### › Commerces en centre commercial

##### Caractéristiques d'ordre général

- Grande diversité de surface de vente permettant d'héberger tout type de commerce y compris des grandes surfaces de distribution.
- Ces centres commerciaux mutualisent certains dispositifs techniques comme une boucle d'eau tempérée utile pour assurer les conditions de confort de chaque locataire.

Dans le cas où d'une boucle d'eau tempérée circule dans le centre commercial, la solution PAC sur boucle d'eau (voir page 31) ou PAC hybrides (voir page 29) s'impose car elle assure à chaque locataire son indépendance de confort tout en respectant les dispositions du bailleur.

Si le bail commercial l'autorise, les locataires peuvent aussi disposer de leur propre solution indépendante. Dans ce cas de figure, la solution PAC air / air apporte les mêmes atouts que ceux déjà évoqués dans les cas de figure précédents.

## Quelles perspectives avec les PAC ?

Déjà bien présentes sur ce segment tertiaire et capables de s'adapter à tout type de commerce, les technologies PAC peuvent encore ouvrir de nouvelles perspectives dans l'optique de l'application du décret tertiaire (pour les bâtiments assujettis) ou plus généralement pour réduire les coûts énergétiques.

### › Piloter pour moins consommer

Comme pour toute application tertiaire, le pilotage des équipements par des dispositifs appropriés selon les solutions mises en œuvre est source d'économie. Programmation horaire, consignes de températures adaptées aux évolutions de la température extérieure, il est possible d'accompagner les responsables de magasins à mieux piloter leurs équipements.

### › Commerces alimentaires : la récupération d'énergie

Les commerces alimentaires consacrent une part importante de leur facture énergétique aux meubles réfrigérés ou chambres froides. Les calories récupérées sont une source d'énergie pour d'autres usages comme le confort ou l'eau chaude sanitaire. Les dispositifs de récupération de cette énergie disponible, encouragés par les certificats d'économie d'énergie, se développent et permettent des économies substantielles. Cela suppose néanmoins de concevoir une installation intégrant des équipements destinés à des usages de confort et de process.



## 3.2.4 Hôtellerie et restauration

### Données clés du parc hôtelier en France

Nombre d'hôtels	Nombre de chambres	Taux d'établissements indépendants	Taux d'établissements classés de 1 à 2 étoiles
17 405	651 944	80 %	33 %
Taux d'établissements classés de 3 étoiles	Taux d'établissements classés de 4 à 5 étoiles	Nombre de nuitées vendues en 2019	Consommation énergétique moyenne
47 %	20 %	215 MILLIONS	241 KWH / M <sup>2</sup> / AN

Source : [www.entreprise.gouv.fr](http://www.entreprise.gouv.fr) (données 2020) et ADEME

	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
Surfaces chauffées (millions m <sup>2</sup> )	43,5	49,4	53,4	57,8	62,5	64,4	64,8
Consommations totales (TWh)	18,3	20,0	21,6	22,1	23,1	22,8	19,2
Consommations de chauffage (TWh)	8,4	8,4	8,7	8,2	7,6	6,8	6,1

Source CEREN

### Le contexte du secteur

Bien que durement touchée par la crise sanitaire et malgré la montée en puissance des plateformes de location entre particuliers, l'hôtellerie demeure un secteur fort et très pourvoyeur d'emplois en France. Les établissements hôteliers sont en grande majorité indépendants et doivent régulièrement investir pour maintenir ou améliorer leur standing et la qualité d'accueil des clients.

Les consommations énergétiques totales sont en moyenne très élevées (plus de 240 kWh/m<sup>2</sup>.an) d'une part en raison de la diversité des usages (chauffage, rafraîchissement - selon le standing et la région géographique - eau chaude sanitaire, mais aussi cuisson pour la partie restauration) et d'autre part en raison du comportement d'une clientèle moins encline à la sobriété que dans un cadre domestique (le client consomme en moyenne deux fois plus d'eau à l'hôtel qu'à son domicile). Par conséquent, les PAC, déjà bien présentes pour le traitement du confort hiver comme été, sont appelées à permettre des économies supplémentaires sur les postes ECS ou traitement d'air neuf.

## Ce qu'il faut retenir

Les critères	Les usages	Les solutions PAC qui se distinguent	
		Solutions	Atouts
<b>Intégration dans le bâtiment</b>	Chauffage Confort d'été Eau chaude sanitaire Traitement d'air neuf	DRV + PAC pour ECS	Facilité d'intégration dans le bâtiment des équipements RDV (groupes de production et unités terminales). La version DRV à récupération d'énergie offre aux clients de l'hôtel la liberté du choix du mode de fonctionnement (Chauffage / rafraîchissement) indépendamment du reste de l'installation. Interopérabilité des équipements pour permettre la supervision de l'ensemble des équipements.
<b>Production d'eau chaude sanitaire (ECS)</b>		PAC air /eau + PAC pour ECS	Possibilité de centraliser la production sur une seule PAC pour des établissements de grande capacité d'accueil. Une PAC dédiée à la production d'ECS permettra des économies énergétiques substantielles par rapport à des ballons électriques et une réduction forte des GES en comparaison de la solution gaz
<b>Contrôle et supervision</b>		Hybridation	Solution très intéressante pour limiter l'investissement tout en optimisant les coûts énergétiques selon la saison. C'est également un premier pas vers la décarbonation.

## Les critères influençant le choix de la technologie

### Intégration dans le bâtiment

Le critère de la bonne intégration des équipements dans le bâtiment concerne a minima tous les hôtels et restaurant situés en milieu urbain. Comme on peut le rencontrer dans le résidentiel collectif, la visibilité des installations, la place qu'elles nécessitent pour leur bon fonctionnement et la discrétion des unités à l'intérieur des chambres sont un gage essentiel de confort pour les clients et donc de bonne notoriété pour l'établissement.

### Production d'eau chaude sanitaire (ECS)

La production d'ECS est un poste très énergivore, d'autant plus qu'il est avéré que les clients n'appliquent pas les mêmes règles de sobriété qu'à leur domicile. Cet usage présente un gisement d'économie et de décarbonation fort pour les gestionnaires et propriétaires hôteliers.

### Contrôle et supervision

La bonne gestion énergétique d'un établissement hôtelier repose sur une double problématique : offrir au client de passage une maîtrise simple et intuitive du confort de sa chambre et éviter la surconsommation. Pour cela, la mise en place d'une supervision est indispensable. La parfaite interopérabilité des équipements techniques est un facteur d'économies d'énergie.

## Hôtellerie et restauration

### Les solutions PAC les mieux adaptées

#### › Des PAC pour l'ECS

Dans le secteur de l'hôtellerie / restauration, l'usage ECS est aujourd'hui très majoritairement couvert par des ballons électriques ou alimentés par des chaudières à énergies fossiles. Les technologies PAC représentent donc une opportunité majeure de franchir un cap essentiel dans ce secteur vers la décarbonation et la performance énergétique. Des solutions existent et les entreprises d'installation, quel que soit leur domaine de prédilection, (génie climatique ou plomberie) peuvent les proposer en alternative.

#### › DRV (PAC air /air) et PAC air /eau

Les deux technologies PAC air / air – principalement dans sa déclinaison « DRV » - et PAC air / eau (pages 25 à 28), respectivement associées à leurs unités terminales installées dans les chambres se rencontrent déjà fréquemment dans le secteur hôtelier. Elles apportent toutes deux la garantie d'un confort toutes saisons.

La technologie DRV répond très favorablement à la contrainte d'intégration dans le bâtiment : la puissance thermique totale nécessaire pour couvrir les besoins peut être répartie sur plusieurs groupes de production qui alimenteront chacun une partie des chambres et locaux à traiter. Dans sa version dite « à récupération d'énergie », le DRV permet aussi de garantir un fonctionnement individuel par chambre pour un mode chauffage ou rafraîchissement : les calories récupérées dans les chambres à rafraîchir seront transférées simultanément et gratuitement vers celles où la clientèle est en demande de chauffage. Cette situation peut se rencontrer selon les saisons et l'exposition au soleil.

La PAC air / eau trouve son avantage dans les établissements de plus grande envergure et lorsque la zone dévolue aux équipements techniques permet sa mise en place. Une version thermofrigopompe offre les mêmes bénéfices que les DRV à récupération d'énergie.

#### › Hybridation de chaufferie

À l'instar d'autres applications tertiaires, de nombreux établissements hôteliers sont équipés de chaufferies à énergie fossile. Dès lors l'hybridation avec une pompe à chaleur permettra, pour un investissement moindre, de bénéficier d'une installation optimisant la source d'énergie selon les conditions climatiques et donc limitant l'impact carbone des usages qu'elle couvrira. Le retour sur investissement sera raccourci en comparaison d'un remplacement par une installation neuve.



### Données clés «établissements du second degré»

Nombre d'Écoles	Nombre de collèges	Nombre de lycées et EREA	Total
48 950	6 950	3 750	59 650

Source : Rapport « L'éducation nationale en chiffres (2021) » - DEPP (Direction de l'évaluation, de la prospective et de la performance)

	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
Surfaces chauffées (millions m <sup>2</sup> )	140,0	153,6	164,4	174,6	181,9	186,9	191,5
Consommations totales (TWh)	24,0	24,6	26,2	26,3	26,3	26,1	23,7
Consommations de chauffage (TWh)	18,6	18,6	19,7	19,1	18,6	17,8	15,9

Source CEREN

### Le contexte du secteur

Le patrimoine immobilier dédié au secteur de l'enseignement est le troisième plus important avec plus de 190 millions de m<sup>2</sup> de surfaces chauffées dont une grande partie est publique. Selon les années de construction, il existe de grandes disparités de performance entre les bâtiments hébergeant les activités d'enseignement et si depuis quelques années les projets neufs se veulent exemplaires et vertueux pour l'environnement, il faut garder à l'esprit qu'une part importante de ce patrimoine a été constituée dans la seconde partie du XX<sup>e</sup> siècle, avant même que les enjeux d'efficacité énergétique soient réellement pris en considération.

La part des consommations énergétiques liées au chauffage domine celle des autres usages en pesant deux tiers des consommations énergétiques totales (67 % en 2020). Il faut toutefois noter qu'au début des années 2000, la part du chauffage culminait jusqu'à 75 %. Des efforts ont été menés sur l'isolation des bâtiments les plus vétustes tandis que les constructions les plus récentes bénéficient des effets positifs des réglementations thermiques successives.

La qualité de l'air intérieur demeure un parent pauvre de bon nombre d'établissements scolaires ce que la crise de la Covid 19 a mis en lumière. Des voix se sont élevées pour réclamer la généralisation de capteurs CO<sub>2</sub> qui, le cas échéant, ne feront que confirmer ce dont beaucoup se doutent déjà : le renouvellement d'air dans de très nombreuses salles de classe est insuffisant voire inexistant.

## Ce qu'il faut retenir

Les critères	Les usages	Les solutions PAC qui se distinguent		
		Segments	Solutions	Atouts
Coût d'investissement	Chauffage	Primaire et secondaire	Hybridation	Coût d'investissement limité pour de nombreux établissements disposant aujourd'hui d'une chaufferie gaz. Premier pas vers la décarbonation.
			PAC air / air + CTA	Prise en compte de la QAI.
Acoustique et intégration dans le bâti	Confort d'été Traitement d'air neuf	Enseignement supérieur	Hybridation	Coût d'investissement limité pour de nombreux établissements disposant aujourd'hui d'une chaufferie gaz. Premier pas vers la décarbonation.
			PAC air / air + CTA	Prise en compte de la QAI. Production centralisée pour des établissements de plus grande envergure.
Renouvellement d'air pour une bonne qualité d'air intérieur (QAI)				

## Les critères influençant le choix de la technologie

### Les coûts d'investissement

L'envergure du parc immobilier des établissements d'enseignement, composé pour bonne partie de bâtiments publics d'âge et de degré de vétusté divers, oblige les maîtrises d'ouvrage à une rigueur particulière et à opérer des choix en matière budgétaire. Par conséquent, les projets neufs comme de rénovation sont particulièrement contraints par la nécessité d'investir au plus juste, ce qui constitue un critère décisif quand il s'agit de considérer la possibilité de remplacer les équipements de chauffage en place, dans le cadre d'une rénovation.

### Intermittence de l'occupation

Les bâtiments d'enseignement demeurent inoccupés durant une grande partie de l'année et, en période scolaire (ou universitaire), les plages d'utilisation des locaux sont également relativement figées. Ces critères sont à considérer dans les choix technologiques, en privilégiant des solutions compatibles avec un pilotage intelligent qui favorisera l'optimisation de la gestion des relances et évitera les risques de surdimensionnement.

### L'acoustique et l'intégration dans le bâtiment

L'acoustique à l'intérieur et à l'extérieur des locaux est importante, tant pour la concentration des élèves et étudiants que pour le respect du voisinage. D'autre part, pour les établissements plus anciens, conçus sans anticiper une intégration de pompes à chaleur dans le bâtiment, la mise en place de pompes à chaleur présuppose de veiller à ce que leur fonctionnement n'engendre pas de nuisance particulière dans ce domaine, au-delà des bénéfices attendus.

### La qualité d'air intérieur

Les systèmes de renouvellement d'air sont très peu déployés et bien souvent seule l'ouverture des fenêtres permet d'y suppléer, générant d'autres inconvénients d'ordres acoustique ou énergétique. Il est pourtant nécessaire de prendre ce problème à bras-le-corps car il s'agit d'une question de santé publique. Par conséquent, des solutions techniques intégrant cette problématique présentent un avantage certain.

## Enseignement, Les solutions PAC les mieux adaptées

### › Hybridation de chaufferies existantes

De nombreux établissements existants sont dotés de chaufferies fonctionnant aux énergies fossiles. Pour les raisons de coûts d'investissement évoquées précédemment, l'hybridation de ces chaufferies avec des pompes à chaleur est une solution pragmatique ouvrant vers une démarche de décarbonation des usages tout en visant l'optimisation énergétique, pour un coût d'investissement moindre qu'un remplacement complet du système de chauffage. Cette option vaut quelle que soit la taille des établissements et donc la puissance des équipements à mettre en œuvre.

### › PAC air / eau ou PAC air / air + Centrale de traitement d'air (CTA)

Dans les projets neufs ou lorsque les budgets ou l'état des équipements existants la rendent possible, la mise en œuvre de PAC électrique air / air ou air / eau apporte la garantie d'un confort adapté et décarboné. Comme pour les autres applications tertiaires, les PAC air / eau permettent une plus grande centralisation de la production et sont donc davantage adaptées aux établissements de plus grande envergure. Les PAC air / air offrent une flexibilité pour les petits établissements scolaires ou pour traiter spécifiquement certaines salles de cours ou extension d'établissement.

L'avantage de ces deux technologies est qu'on peut leur associer des CTA incluant des échangeurs de chaleur qui assureront le renouvellement d'air nécessaire au maintien d'une bonne QAI.



## 3.2.6 Santé et habitat communautaire

### Données clés « établissements de santé »

Secteur public	Secteur privé non lucratif*	Secteur privé à but lucratif	Total
ENTITÉS <b>1 347</b>	ENTITÉS <b>670</b>	ENTITÉS <b>972</b>	ENTITÉS <b>2 989</b>
NOMBRE DE LITS <b>237 941</b>	NOMBRE DE LITS <b>55 605</b>	NOMBRE DE LITS <b>93 357</b>	NOMBRE DE LITS <b>386 903</b>

Source : INSEE (chiffres au 31/12/2016)

	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
Surfaces chauffées (millions m <sup>2</sup> )	79,7	84,7	91,7	98,8	107,4	114,2	119,1
Consommations totales (TWh)	22,2	23,4	25,0	25,8	26,8	27,3	25,3
Consommations de chauffage (TWh)	13,5	13,3	14,1	13,9	13,8	13,6	12,3

Source : CEREN

### Données clés « Habitat communautaire »

Établissements d'hébergements non EHPAD	Résidences autonomes	EHPAD	Unités de soins longue durée	Total
ENTITÉS <b>350</b>	ENTITÉS <b>2 278</b>	ENTITÉS <b>7 438</b>	ENTITÉS <b>597</b>	ENTITÉS <b>10 663</b>
NOMBRE DE LITS <b>7 883</b>	NOMBRE DE LITS <b>110 738</b>	NOMBRE DE LITS <b>605 061</b>	NOMBRE DE LITS <b>31 404</b>	NOMBRE DE LITS <b>755 086</b>

Source : INSEE (chiffres 2020)

	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
Surfaces chauffées (millions m <sup>2</sup> )	43,9	49,1	54,0	57,2	65,4	69,8	73,3
Consommations totales (TWh)	10,7	11,4	12,4	12,5	13,4	13,4	13,2
Consommations de chauffage (TWh)	6,4	6,5	7,0	6,8	7,0	6,8	6,7

Source : CEREN

### Le contexte du secteur

Les secteurs de la santé et de l'hébergement pour personnes âgées et dépendantes sont au cœur du débat politique car ces deux domaines questionnent la capacité de notre société à concevoir l'accès aux soins et la fin de vie des individus.

Sans entrer dans le détail des enjeux et problématiques respectifs de ces deux segments, on constate une croissance sensible des surfaces chauffées et du nombre de lits (principalement pour les résidences pour personnes âgées) qui va de pair avec la croissance de la population et l'allongement de l'espérance de vie.

Ce secteur sollicite l'ensemble des usages liés au CVC : chauffage et rafraîchissement, eau chaude sanitaire et qualité de l'air intérieur, cruciale en milieu hospitalier. La part du chauffage dans les consommations totales (environ 50 %) reflète donc imparfaitement les bénéfices que les technologies PAC peuvent lui apporter. Et ceci d'autant plus que la présence de ces technologies PAC est faible : une large majorité des établissements hospitaliers ou résidences pour personnes âgées est équipée de chaufferies s'appuyant sur les énergies fossiles pour couvrir leurs besoins importants.

### Ce qu'il faut retenir

Les critères	Les usages	Les solutions PAC qui se distinguent		
		Segments	Solutions	Atouts
Coûts d'investissement et d'exploitation	Chauffage Confort d'été	Hôpitaux	Hybridation	De nombreux établissements disposent d'une chaufferie gaz pour couvrir des besoins de puissance importants. Coût d'investissement maîtrisé et premier pas important vers la décarbonation.
			PAC air / eau Thermofrigopompes	Centralisation de la production et réduction des coûts grâce à la récupération d'énergie.
Qualité d'air intérieur	Traitement d'air neuf Eau chaude sanitaire	EHPAD / Résidences de services (Seniors, étudiants...)	DRV ou PAC air / air PAC air / eau + PAC ECS Hybridation	Selon les tailles de résidences, choix entre les PAC air / air ou air / eau pour disposer de production plus ou moins centralisée.
Eau chaude sanitaire				Une PAC dédiée à la production d'ECS permettra des économies énergétiques substantielles par rapport à des ballons électriques et une réduction forte des GES par rapport au gaz. Coûts d'investissement limité pour les établissements disposant déjà d'une chaufferie gaz.

### Les critères influençant le choix de la technologie

#### Coûts d'investissement et d'exploitation

S'il est utile de distinguer, au sein du secteur « Santé et habitat communautaire », les centres hospitaliers, des résidences de services (résidences pour seniors ou étudiants par exemple), les coûts d'investissement et d'exploitation demeurent un point sensible de leur gestion.

Les centres hospitaliers en particulier, de par leur taille et leur fonction, nécessitent des besoins élevés en énergie. L'analyse détaillée des besoins par usage est indispensable pour identifier la meilleure performance énergétique possible et les économies qui en découlent.

#### Qualité d'air intérieur

Dans le milieu de la santé, la qualité d'air intérieur est au cœur de préoccupations. Les risques de contamination sont un danger permanent. Les équipements techniques et leur maintenance répondent à des règles strictes, ce qui pèse sensiblement sur les budgets d'exploitation des bâtiments.

#### Production d'eau chaude sanitaire

La production d'eau chaude sanitaire représente un coût très élevé qu'il faut intégrer avec les autres usages de confort si l'on veut optimiser les équipements techniques et la consommation globale d'énergie.

## Santé et habitat communautaire

### Les solutions PAC les mieux adaptées

#### › Hybridation de chaufferie

Intégrer des pompes à chaleur au sein d'une chaufferie existante pour diversifier les sources d'énergie et en optimiser le choix selon les conditions climatiques est un excellent moyen de réduire les consommations et le poids carbone des usages, pour un coût d'investissement maîtrisé. Pour de nombreux établissements de santé ou résidences de services existants, c'est une option à étudier et valider selon les objectifs visés par le décret tertiaire.

#### › DRV ou PAC air / air

Particulièrement adaptés pour leur flexibilité et simplicité de mise en œuvre, les DRV et PAC air / air permettent de traiter les bâtiments de petites et moyennes tailles, en globalité ou partiellement. Il s'agit donc d'une alternative appropriée pour les rénovations par phases qui permettent à un établissement de progressivement convertir son système de chauffage existant vers une technologie PAC.

#### › PAC air / eau

Les PAC air / eau présentent sur le marché couvrent une amplitude de puissance très large. Cette technologie a donc tout son sens dans le domaine hospitalier afin de concentrer la production et de couvrir plusieurs usages : chauffage, rafraîchissement mais également alimentation des CTA pour le renouvellement d'air assurant un niveau de QAI adapté.

#### › PAC pour ECS

Le choix de pompes à chaleur pour la production d'ECS peut marquer un progrès important en comparaison d'autres systèmes sur les émissions de gaz à effet de serre ou les consommations énergétiques. Préalablement, une évaluation est essentielle pour déterminer si une technologie PAC est capable de couvrir le besoin (température, volume de tirage) pour ce secteur sensible de la santé et de l'habitat communautaire.



## 3.2.7 Culture, sports et loisirs

### Données clés

	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
Surfaces chauffées (millions m <sup>2</sup> )	42,1	49,8	57,0	63,5	68,4	71,4	74,6
Consommations totales (TWh)	10,4	12,9	15,8	17,0	17,7	17,7	15,4
Consommations de chauffage (TWh)	6,1	7,0	8,3	8,5	8,6	8,4	7,7

Source : CEREN

### Le contexte du secteur

La France comptait, selon les chiffres de l'INSEE de 2019, près de 21600 équipements culturels (bibliothèques, théâtres, cinémas, musées, monuments nationaux, conservatoires, etc.), soit en moyenne 33 pour 100 000 habitants. Concernant les équipements sportifs, ce sont 300 000 sites recensés, y compris complexes de plein air ce qui ne traduit donc pas la réalité du besoin de ce segment en matière de chauffage. Les données clés de l'INSEE comptabilisent toutefois près de 75 millions de m<sup>2</sup> de surfaces chauffées en 2020. Les consommations totales au m<sup>2</sup> sont sensiblement inférieures aux autres secteurs évoqués précédemment avec seulement 100 kWh/m<sup>2</sup>.an dont environ 50 % pour les besoins de chauffage.

### Ce qu'il faut retenir

Les critères	Les usages	Les solutions PAC qui se distinguent		
		Segments	Solutions	Atouts
Coûts d'investissement et d'exploitation	Chauffage Confort d'été	Gymnases Salles polyvalentes	Rooftop PAC air / eau + CTA Hybridation	Solution centralisée permettant de traiter les grands volumes et renouveler l'air. Coût d'investissement au m <sup>2</sup> limité. Coûts de maintenance maîtrisés.
Coûts d'investissement et d'exploitation Acoustique Renouvellement d'air	Renouvellement d'air	Cinéma Salles de spectacles Médiathèques	DRV ou PAC air / air PAC air / eau + PAC ECS Hybridation	Solution centralisée permettant de traiter les grands volumes et renouveler l'air. Possibilité d'associer des dispositifs spécifiques pour contrôler l'acoustique.

## Les critères influençant le choix de la technologie

### Intermittence de l'occupation

À l'instar des bâtiments d'enseignement, les applications de culture, sport et loisirs ont comme spécificité d'être soumises à une intermittence d'utilisation ainsi qu'à une forte variabilité du taux d'occupation : une salle polyvalente par exemple peut avoir à accueillir plusieurs centaines de personnes pour quelques événements sporadiques, ce qui implique de disposer d'équipements capables de s'adapter aux besoins en temps réel.

### Coûts d'investissement et d'exploitation

Ce secteur comprend une majorité de bâtiments publics (salles polyvalentes, gymnases, médiathèques). Les maîtrises d'ouvrage ont donc le souci de cibler un investissement le plus juste possible vers des solutions vertueuses mais en adéquation avec les budgets parfois contraints.

### Acoustique et renouvellement d'air

Ce critère est particulièrement sensible pour les salles de spectacles ou de cinéma et les médiathèques. Les contraintes acoustiques à l'intérieur des locaux nécessitent de faire des choix sur la manière de diffuser la chaleur ou de renouveler l'air.

En effet, bon nombre de bâtiments présentent des volumes très importants pour accueillir de fortes affluences. La question du renouvellement d'air, et donc des débits nécessaires, cible les choix techniques possibles.

## Culture, sports et loisirs

### Les solutions PAC les mieux adaptées

#### ➤ Rooftops avec PAC intégrée (unités de toiture)

Les Rooftops sont une solution particulièrement adaptée aux problématiques de volume et de renouvellement d'air. Ces unités peuvent intégrer une PAC permettant d'ajuster la température d'air insufflée à l'intérieur des locaux.

#### ➤ PAC air / eau + CTA ou PAC air / air + CTA

Il s'agit d'une variante très similaire au Rooftop + PAC intégrée. La version PAC air / air sera mieux adaptée pour les espaces tels que salles de cinéma ou de bibliothèques. Pour les besoins plus importants (salles de spectacles, musées, ...) les PAC air / eau concentrent une puissance supérieure.

#### ➤ Hybridation

Pour limiter le coût des travaux, convertir partiellement une chaufferie existante avec l'apport d'une pompe à chaleur est un moyen très pertinent d'opérer un choix vers une réduction des émissions carbone d'un établissement.

## 4. Les leviers pour des installations durables et performantes

Deux indicateurs dominent lorsqu'il s'agit de juger le choix d'une technologie dans le domaine du CVC : la satisfaction des utilisateurs - par conséquent la qualité du confort - et les coûts d'investissement et d'exploitation du système. Les PAC, comme toute alternative technologique, requièrent une rigueur et un accompagnement à chaque étape.

L'AFPAC a identifié quatre leviers pour garantir une installation durable et performante dans le temps : un dimensionnement de l'installation adapté aux besoins du bâtiment ; le choix d'équipements performants, basé sur des données vérifiées voire certifiées ; une mise en œuvre et une maintenance de qualité, rigoureuses et respectueuses des règles de l'art ; sans oublier le rôle que jouent les utilisateurs eux-mêmes par leur usage raisonné.

La filière PAC regroupe des industriels reconnus et des professionnels qualifiés (installateurs et opérateurs de maintenance). Le professionnalisme et l'engagement de chaque acteur doivent être mis au service de l'intérêt des utilisateurs et maîtres d'ouvrage.

### 4.1. L'importance d'un bon dimensionnement

En tertiaire il est indispensable de prendre en compte des scénarii d'occupation des locaux. Pour ce faire, la simulation au pas de temps horaire des besoins en chaud et en froid du bâtiment, tenant compte des fichiers météorologies du secteur géographique, est une approche déterminante pour garantir un parfait dimensionnement des installations.

En cas de rénovation il peut être pertinent de conserver le principe existant de la boucle d'eau et de faire évoluer les équipements en passant par exemple d'un système air / eau monobloc à un système hybride composé de pompes à chaleur eau / eau, d'une CTA et d'unités terminales de type poutres froides.

Pour s'assurer que le professionnel a bien installé une PAC air / eau ou eau / eau conforme aux exigences spécifiées dans la fiche BAT-TH-113, des contrôles sur chantier et par contact (échanges avec le propriétaire de l'installation) sont progressivement mis en place à compter du 1<sup>er</sup> juillet 2023. Voilà qui ajoute un garde-fou vis-à-vis de la performance attendue.

## 4.2. Les critères de performance des PAC

L'efficacité d'une PAC peut être caractérisée par plusieurs critères.

### Performances en mode chauffage

- Coefficient de performance nominal (COP<sub>rated</sub>) : la puissance calorifique déclarée (en kW) divisée par la quantité d'énergie utilisée (en kW PCS et/ou en kW d'énergie finale multipliée par le coefficient de conversion CC) dans les conditions nominales standards.
- Coefficient de performance saisonnier (SCOP) : coefficient de performance représentatif de la saison de chauffe désignée, calculé en divisant la demande annuelle de chauffage de référence par la consommation annuelle d'énergie.
- Efficacité énergétique saisonnière pour le chauffage des locaux ( $\eta_{sc}$ ) : le rapport, exprimé en %, entre la demande de chauffage des locaux pour une saison de chauffe désignée, couverte par un dispositif de chauffage, et la consommation annuelle d'énergie requise pour satisfaire à cette demande).

### Performances en mode rafraîchissement

- Coefficient d'efficacité énergétique nominal (EER<sub>rated</sub>) : le rapport entre la puissance frigorifique déclarée (en kW) et la puissance frigorifique absorbée nominale (en kW) dans les conditions nominales ;
- Coefficient d'efficacité énergétique saisonnier (SEER) : coefficient d'efficacité énergétique global de l'unité, représentatif de l'ensemble de la saison de rafraîchissement, calculé en divisant la demande annuelle de rafraîchissement par la consommation d'électricité annuelle pour cet usage.

## Certifications et labels

Labels et certifications sont tous deux des signes de qualité permettant de donner confiance dans les produits mais une différence majeure les oppose : la labellisation n'est pas encadrée par la réglementation. Plusieurs points de vigilance s'imposent alors : la pertinence des critères retenus ; la crédibilité des acteurs impliqués dans l'évaluation de la conformité et leur impartialité dans la décision finale de délivrer ou non le label. Pour la certification tierce partie aucun doute : tous ces points sont garantis par une accréditation COFRAC. C'est donc de certifications tierce partie que traitera la suite de ce chapitre.

L'organisme certificateur contrôle que les performances annoncées par les fabricants (débit, rendement énergétique, puissance acoustique, etc.) sont réellement atteintes en pratique via des essais réalisés en laboratoire indépendant. Ce contrôle fiabilise les données et permettra au consommateur de comparer les produits en toute objectivité.

Pour s'assurer que ce qui est testé est bien représentatif de ce qui est vendu, les produits à envoyer au laboratoire d'essai sont prélevés directement à l'usine ou dans un lieu de stockage chaque fois que c'est possible techniquement. Un audit permet de vérifier que les contrôles qualité mis en place (à réception des matières premières et composants, en cours de fabrication, sur produit fini, etc.) assurent une production uniforme.

Véritable outil d'amélioration continue pour les usines, l'audit est systématisé dans de plus en plus de référentiels (nom donné au cahier des charges spécifique à chaque certification).

## Trois certifications utilisées sur le marché français sont présentées ci-après :

### NF414

La marque NF414 ou « NF PAC » est une marque de certification volontaire d'AFNOR Certification. Outre la conformité des pompes à chaleur aux normes françaises, européennes et internationales en vigueur, la marque NF PAC fixe pour chaque type de PAC des exigences minimales de performance énergétique plus ambitieuses que les seuils réglementaires.

### ECP

« Eurovent Certified Performance » ou ECP est la marque de certification d'Eurovent Certita Certification. Elle atteste de la conformité des produits aux normes européennes (EN) et internationales (ISO) et certifie les performances déclarées par les fabricants.

### Keymark

Keymark est une marque du CEN (Comité Européen de normalisation) qui atteste de la conformité aux normes Européennes. Les seuils de performance à respecter sont ceux des directives 206/2012, 813/2013 et 814/2013.

La liste des modèles ayant obtenu telle ou telle certification est consultable sur internet (voir tableau ci-dessous)

	NF PAC	ECP AC	ECP LCP-HP	Keymark
<b>PAC concernées</b>	<p>PAC de puissance calorifique ≤ 100 kW</p> <p>PAC air/air ; PAC air/eau ; PAC eau/eau ; PAC boucle d'eau/air recyclé ; PAC sol/eau...</p> <p>PAC à moteur électrique :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• chauffage des locaux</li> <li>• chauffage des piscines</li> <li>• double service (chauffage des locaux + ECS)</li> <li>• ECS seule avec V &gt; 400 l</li> </ul> <p>PAC gaz :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• à absorption ; air/eau ; chauffage</li> <li>• avec moteur à combustion interne (MCI) ; air/air ; chauffage et rafraîchissement</li> <li>• avec moteur à combustion externe (MCE) ; air/eau ; chauffage</li> </ul>	<p>PAC air/air de puissance frigorifique ≤ 100 kW ; Split et Multisplit (2 unités intérieures)</p>	<p>PAC air/eau, monobloc, chauffage uniquement ; PAC air/eau, split, chauffage uniquement ; PAC eau/eau, monobloc, chauffage uniquement</p>	<p>Dispositif de chauffage des locaux par pompe à chaleur jusqu'à 400 kW</p> <p>Dispositif de chauffage mixte par pompe à chaleur jusqu'à 400 kW</p> <p>CET jusqu'à 400 kW</p> <p>PAC air/air jusqu'à 12kW</p> <p>PAC hybrides</p> <p>PAC CO<sub>2</sub> pour ECS sans ballon</p>

	NF PAC	ECP AC	ECP LCP-HP	Keymark
Performances thermiques certifiées	<p><b>Pour les PAC électriques (air / air, air / eau, eau / eau ou eau glycolée / eau) :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• COP</li> <li>• puissance calorifique (Ph)</li> <li>• EER</li> <li>• puissance frigorifique (Pc)</li> <li>• puissance électrique absorbée</li> <li>• part de puissance électrique des auxiliaires (Taux)</li> <li>• coefficient de performance saisonnier (SCOP ou SEER)</li> <li>• coefficient de performance saisonnier net (SCOPnet)</li> <li>• efficacité énergétique saisonnière (<math>\eta_{sh}</math> ou <math>\eta_{sc}</math>)</li> </ul> <p><b>Pour les PAC gaz :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• GUEh</li> <li>• puissance calorifique (QNh)</li> <li>• efficacité frigorifique (GUEc)</li> <li>• puissance frigorifique (QNC)</li> <li>• rendement saisonnier de référence d'utilisation du gaz (SGUEh ou SGUEc)</li> <li>• rendement sur énergie primaire saisonnier de référence (SPERh ou SPERc)</li> <li>• efficacité énergétique saisonnière (<math>\eta_{sh}</math> ou <math>\eta_{sc}</math>)</li> </ul> <p><b>Pour les PAC à régulation de puissance variable :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• taux minimal de charge en fonctionnement continu (LRcontmin),</li> <li>• COP (ou GUEh) à LRcontmin,</li> <li>• coefficient de correction de la performance à LRcontmin (CcpLRcontmin).</li> </ul> <p><b>Pour l'ECS :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• durée de mise en température (th)</li> <li>• puissance de réserve (Pes)</li> <li>• température d'eau chaude de référence (<math>q'_{WH}</math>)</li> <li>• volume d'eau mitigée à 40°C (V40)</li> <li>• consommation journalière pour le cycle de puisage considérée (Qelec)</li> <li>• consommation annuelle (AEC)</li> <li>• coefficient global de performance pour un cycle de soutirage donné (COPglobal)</li> <li>• coefficient de performance en mode production d'ECS (COPDHW)</li> <li>• efficacité énergétique pour le chauffage de l'eau (<math>\eta_{WH}</math>)</li> <li>• durée de remise en température (tR)</li> <li>• part d'énergies renouvelables</li> </ul>	<p><b>En mode rafraîchissement :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Charge nominale</li> <li>• EER en condition A</li> <li>• SEER</li> <li>• Performances saisonnières à charge partielle (Puissance frigorifique totale et EER)</li> <li>• Efficacité énergétique saisonnière de rafraîchissement <math>\eta_{sc}</math></li> </ul> <p><b>En mode chauffage :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Charge nominale (pour chaque climat déclaré)</li> <li>• Température bivalente (pour chaque climat déclaré)</li> <li>• Température limite de fonctionnement Tol</li> <li>• Performances à température bivalente (Puissance calorifique et COP)</li> <li>• Performances à la température limite de fonctionnement (Puissance calorifique et COP)</li> <li>• Puissance calorifique totale et COP pour l'unité réversible dans les conditions nominales standard (+ 7°C)</li> <li>• Performances saisonnières à charge partielle (Puissance calorifique et COP)</li> <li>• SCOP (pour chaque climat déclaré)</li> <li>• Efficacité énergétique saisonnière de chauffage <math>\eta_{sh}</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Puissance de chauffage [kW]</li> <li>• Coefficient de performance (COP) pour les mêmes conditions de la puissance de chauffage [-].</li> <li>• Perte de pression de l'eau à l'évaporateur en mode chauffage pour les unités eau / eau [kPa]</li> <li>• Perte de pression de l'eau au condenseur en mode chauffage [kPa].</li> <li>• P<sub>sb</sub>, LRcontmin et CcpLRcontmin en chauffage</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• COP</li> <li>• puissance calorifique (Ph)</li> <li>• EER</li> <li>• puissance frigorifique (Pc)</li> <li>• puissance électrique absorbée</li> <li>• coefficient de performance saisonnier (SCOP ou SEER)</li> <li>• efficacité énergétique saisonnière (<math>\eta_{sh}</math> ou <math>\eta_{sc}</math>)</li> <li>• volume d'eau mitigée à 40°C (V40)</li> </ul>

	NF PAC	ECP AC	ECP LCP-HP	Keymark
<b>Performances acoustiques certifiées</b>	Niveau de puissance acoustique (Lw)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Puissance acoustique côté intérieur</li> <li>• Puissance acoustique côté extérieur</li> <li>• Puissance acoustique rayonnée par le conduit (unités gainables)</li> </ul>	Niveau de puissance acoustique pondéré A pour les unités de source d'air en mode chauffage à +7°C [Lw(A)].	Niveau de puissance acoustique (Lw)
<b>Seuils de performance plus exigeants que les directives européennes</b>	oui	non	oui	non
<b>Schéma de certification</b>	Essais en laboratoire accrédité ISO 17025 + audits avec prélèvements	Essais en laboratoire accrédité ISO 17025 + audits avec prélèvements	Essais en laboratoire accrédité ISO 17025 + audits avec prélèvements	Essais en laboratoire accrédité ISO 17025 + audits avec prélèvements
<b>Liste des produits certifiés</b>	 <a href="http://www.eurovent-certification.com/fr">www.eurovent-certification.com/fr</a>	 <a href="http://www.eurovent-certification.com/fr">www.eurovent-certification.com/fr</a>	 <a href="http://www.eurovent-certification.com/fr">www.eurovent-certification.com/fr</a>	 <a href="https://keymark.eu/en">https://keymark.eu/en</a>
<b>Organisme de certification</b>	Eurovent Certita Certification (accréditation COFRAC n°5-0517) mandaté par l'AFNOR.	Eurovent Certita Certification (accréditation COFRAC n°5-0517)	Eurovent Certita Certification (accréditation COFRAC n°5-0517)	 Plusieurs en Europe <a href="https://keymark.eu/en">https://keymark.eu/en</a>

## 4.3. Mise en œuvre et exploitation des équipements

**La maintenance des équipements thermodynamiques est souvent source d'interrogation de la part des maîtres d'ouvrage qui souhaitent notamment connaître :**

- Les avantages et inconvénients par rapport à des équipements de production de chaleur et de froid autonomes.
- Les compétences nécessaires pour y répondre.

Bien sûr, l'exploitation et la maintenance des pompes à chaleur varient en fonction des usages et des puissances utilisées.

Pour des équipements fonctionnant avec un vecteur air (plus faibles puissances), le système de distribution étant intégré à la machine, la maintenance de l'installation reste simple. Il faut toutefois noter que le remplacement des machines en fin de vie est souvent préconisé par rapport aux réparations ou remplacement de pièces, encore peu développés sur ce segment.

Pour les équipements intégrant un double usage (production de chaleur et de froid ou d'ECS), l'eau est le principal vecteur. Outre les contraintes réglementaires liées aux fluides, sur lesquelles nous reviendrons ci-après, la maintenance nécessite donc une maîtrise des systèmes hydrauliques, en plus d'une connaissance des usages frigorifiques et calorifiques. Ce type d'équipements nécessite une montée en compétence des techniciens frigoristes, mais permet des gains opérationnels en maintenance, en limitant le nombre d'opérations de maintenance contrairement aux installations associant deux vecteurs (air et eau) nécessitant un entretien pour la production de chaleur et un autre pour celle de froid.

Comme toute machine thermodynamique, la maintenance est essentielle pour garantir une durée de vie optimale des installations. La gestion des courts cycles est un des enjeux principaux pour réduire les redémarrages intempestifs des compresseurs, qui impactent directement la durabilité du matériel. Un dimensionnement efficace des équipements, notamment sur la partie hydraulique est nécessaire pour garantir ensuite une maintenance optimale.

## Les obligations réglementaires et normes associées

**La maintenance et l'exploitation des installations doivent impérativement répondre à un ensemble de réglementations ayant chacune des contraintes spécifiques dans les domaines lui incombant, à savoir :**

### Réglementation relative à l'entretien et à l'inspection des systèmes thermodynamiques

**Depuis juillet 2020 des obligations de contrôle périodique des systèmes thermodynamiques ont été introduites dans le code de l'environnement :**

- Les articles R224-44 à R224-44-5 du code de l'environnement ainsi que l'Arrêté du 24 juillet 2020 relatif à l'entretien des systèmes thermodynamiques dont la puissance nominale est comprise entre 4 kW et 70 kW précisent les modalités et le contenu de l'entretien périodique réglementaire. La période séparant deux entretiens ne peut pas excéder 2 ans.
- Les articles R224-45 à R224-45-9 du code de l'environnement ainsi que l'Arrêté du 24 juillet 2020 relatif à l'inspection périodique des systèmes thermodynamiques et des systèmes de ventilation combiné à un chauffage dont la puissance nominale utile est supérieure à 70 kilowatts précisent les modalités et le contenu de l'inspection périodique réglementaire devant être réalisée par un inspecteur certifié et indépendant (c'est-à-dire qu'il ne doit avoir de lien ni avec le propriétaire ni avec l'installateur, mainteneur ou exploitant. Il doit être reconnu compétent en accord avec l'arrêté « compétence » du 15 décembre 2016). La période séparant deux inspections ne peut pas excéder 5 ans.
- Un système soumis à inspection réglementaire n'est pas soumis à entretien réglementaire.

## Réglementation relative aux fluides frigorigènes fluorés

Le décret n° 2015-1790 du 28 décembre 2015, relatif à certains fluides frigorigènes et aux gaz à effet de serre fluorés, est paru au Journal Officiel du 30 décembre 2015. Il fait suite à la publication du règlement (UE) n° 517/2014 appelé F-GAS entré en vigueur depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2015.

Les articles R543-75 à R543-123 du code de l'environnement réglementent les conditions de mise sur le marché, de manipulation, de récupération et de destruction des fluides frigorigènes fluorés de type CFC, HCFC, HFC et PFC.

L'Arrêté du 29 février 2016 est venu compléter le « paquet réglementaire F-GAS » en précisant la périodicité du contrôle d'étanchéité réglementaire à réaliser sur les systèmes dont la charge en HFC dépasse 5 tonnes équivalent CO<sub>2</sub>. Ce contrôle d'étanchéité doit être réalisé par une entreprise titulaire d'une attestation de capacité à la manipulation des fluides frigorigènes.

## Réglementation relative au suivi en service des Équipements Sous Pression

L'exploitant d'un système frigorifique est soumis au respect des obligations liées à la réglementation du suivi en service des Équipements Sous Pression (ESP). Cela inclut, entre autres, pour les ESP soumis, à une vérification initiale, un dossier d'exploitation, des inspections périodiques, des requalifications.

Les textes de références sont :

- L'arrêté du 20 novembre 2017 relatif au suivi en service des équipements sous pression et des récipients à pression simples.
- Le « Cahier Technique Professionnel (CTP) pour le suivi en service des systèmes frigorifiques sous pression » du 23 juillet 2020.

## Réglementation ICPE applicable aux gaz à effet de serre fluorés (emploi et stockage)

À ce titre et en fonction de la charge cumulée en fluides frigorigènes fluorés des systèmes frigorifiques installés sur le site, celui-ci peut relever de la réglementation ICPE rubrique n°1185 et être donc soumis, le cas échéant, à déclaration ou à déclaration avec contrôle périodique en fonction de la charge cumulée sur le site ; avec les dispositions particulières qui s'appliquent.

La quantité à prendre en compte est la somme totale des charges de fluides fluorés présentes (pour la rubrique 1185-2) ou stockées (pour la rubrique 1185-3) dans un établissement (site).

### EN378-1+A1 (Octobre 2020)

Exigence de sécurité et d'environnement.

### NF EN 14825 (Décembre 2018)

Essai et détermination des caractéristiques à charge partielle et calcul de performance saisonnière.

## Les obligations relatives aux fluides frigorigènes

Une vigilance particulière est à apporter au niveau des interventions de maintenance sur les circuits frigorifiques dans lesquels circulent les fluides frigorigènes.

Les fluides frigorigènes sont classifiés selon deux critères : leurs degrés d'inflammabilité et de toxicité (voir annexe).

Cette classification détermine certaines règles d'application, par exemple celles qui régissent la sécurité au sein des établissements recevant du public (ERP). La filière PAC est particulièrement encadrée et les professionnels installateurs et opérateurs de maintenance disposent d'habilitations spécifiques pour garantir qu'une exploitation rigoureuse des équipements préviendra tout risque d'atteinte à la sécurité et à la santé des utilisateurs.

Par ailleurs, tout fluide frigorigène est également caractérisé par son Pouvoir de Réchauffement Planétaire (PRP). Il s'agit d'un coefficient qui détermine la contribution du réfrigérant à l'effet de serre en cas de fuite dans l'atmosphère, évalué par rapport à celui du CO<sub>2</sub> (PRP = 1).

Les fluides frigorigènes les plus fréquemment rencontrés dans les installations tertiaires figurent dans le tableau ci-dessous.

Référence	Type	PRP	Classement
R-410A	HFC (Hydrofluorocarbure)	2 088	 non toxique, non inflammable
R-32	HFC (Hydrofluorocarbure)	675	 non toxique, légèrement inflammable
R-134	HFC (Hydrofluorocarbure)	1 430	 non toxique, non inflammable
R-1234ze	HFO (Hydrofluoro-Oléfine)	7	 non toxique, légèrement inflammable

## 4.4. Utilisation raisonnée

La durée de vie et la performance des équipements dépendent également de l'utilisation qui en est faite au quotidien. Par exemple, un différentiel de température élevé entre l'extérieur et l'intérieur d'un bâtiment entraîne une consommation d'énergie plus importante et peut conduire à une diminution de la performance de la machine. De surcroît, en saison chaude (fonctionnement en mode rafraîchissement), un écart de température important entre l'intérieur et l'extérieur peut également avoir des conséquences pour l'organisme lorsqu'il passe subitement d'un milieu à l'autre. C'est pourquoi, il est important de rappeler qu'une utilisation raisonnée d'une installation pompe à chaleur est un facteur déterminant de sa longévité et de son efficacité.

Toutefois, à la différence du secteur résidentiel, les applications tertiaires impliquent généralement des utilisateurs multiples avec une maîtrise inégale de l'utilisation des équipements. Pour garantir les meilleures conditions d'utilisation d'une installation de pompe à chaleur dans un bâtiment tertiaire, les télécommandes des unités terminales ou une gestion technique centralisée sont essentielles.

## Les recommandations légales

Le code de l'énergie définit des températures intérieures à respecter selon les saisons afin d'éviter une surconsommation énergétique. Ces températures sont utilisées de manière conventionnelle dans le calcul de dimensionnement des installations.

### Températures pour le chauffage des locaux.

Les articles R 241-26 et R 241-27 du code de l'énergie définissent ainsi que, « dans les locaux à usage (...) d'enseignement, de bureaux ou recevant du public (...), les limites supérieures de température de chauffage sont, en dehors des périodes d'inoccupation (...), fixées en moyenne à 19 °C ».

#### Pour ce qui concerne les périodes d'inoccupation :

- Pour une durée allant de 24 h et 48 h, la limite est fixée à 16 °C.
- Pour une durée dépassant 48 h, la limite est fixée à 8 °C.

Toutefois, l'article R 241-29 stipule que « les locaux et les établissements où sont donnés des soins médicaux à des personnes non hospitalisées, les établissements hospitaliers et les logements, locaux et établissements où sont logés ou hébergés des personnes âgées ou des enfants en bas âge » ne sont pas soumis aux mêmes dispositions.

## Article R241-30 : température pour le rafraîchissement des locaux

Le décret n° 2015-1823 du 30 septembre 2015 stipule : « Dans les locaux dans lesquels est installé un système de rafraîchissement, celui-ci ne doit être mis ou maintenu en fonctionnement que lorsque la température intérieure des locaux dépasse 26 °C ». Les mêmes catégories de bâtiments que celles figurant à l'article 241-29 ne sont pas non plus soumises aux mêmes restrictions, ainsi que les bâtiments dans lesquels doivent être garanties « des conditions particulières de température, d'hygrométrie ou de qualité de l'air ». De même, ces dispositions ne s'appliquent pas aux départements d'outre-mer.

## Les moyens pour un confort adapté et des consommations énergétiques maîtrisées

Ce même code de l'énergie fait référence dans ses textes à la régulation des installations de chauffage. Ainsi l'article R 241-22 indique que « la régulation d'une installation de chauffage » consiste en un ou plusieurs dispositifs permettant de régler automatiquement la fourniture de chaleur dans les locaux en fonction des températures extérieure et intérieure, ou de l'une de ces températures et, le cas échéant, d'autres éléments tels que l'ensoleillement. »

L'investissement dans une installation de pompe à chaleur dans un bâtiment tertiaire, quelle que soit l'application, doit donc inclure des accessoires dont la fonction est de permettre aux utilisateurs de mieux agir sur le niveau de confort et mieux maîtriser les consommations énergétiques.

### › Les accessoires

#### Télécommandes / Thermostats

Ils sont l'interface entre l'utilisateur et l'équipement. Selon les applications tertiaires, le choix du nombre, des emplacements et du degré de sophistication (en rapport avec la maîtrise de son utilisation par l'utilisateur) de ces accessoires peut avoir une incidence déterminante sur le confort.

#### Sonde de température dans l'ambiance

Toute installation de pompe à chaleur opère en fonction d'informations remontées par des capteurs de température afin d'ajuster la puissance aux besoins réels, en toute saison. Pour garantir un confort optimal, il faut veiller à disposer dans les locaux des sondes d'ambiance qui mesureront fidèlement la température à l'intérieur des locaux sans être leurrées par des sources de chaleur ponctuelles (ensoleillement, matériel informatique) ou par un emplacement inapproprié.

De nombreux thermostats d'ambiance intègrent une mesure de température : dans ce cas précis le niveau de vigilance doit être encore plus exigeant car le choix de l'emplacement du thermostat relève généralement de son accessibilité aux utilisateurs davantage que de sa pertinence pour la mesure de température. Or ces deux objectifs ne sont pas toujours compatibles.

#### Sonde de température extérieure

La mesure de la température extérieure par une sonde dédiée peut être utilisée pour ajuster en temps réel la puissance de fonctionnement de la pompe à chaleur. Selon les technologies ou les modèles, cette mesure est native.

## Autres accessoires pour éviter des consommations inutiles

D'autres types d'accessoires peuvent être associés, en particulier pour éviter des dépenses énergétiques inutiles. Par exemple, la mise en place de « contacts de feuillures » qui arrêteront le fonctionnement des unités terminales au sein d'une zone définie, dès qu'une fenêtre est ouverte. Dans le secteur de l'hôtellerie, il est fréquent d'asservir la mise en route de l'unité terminale à l'insertion de la clé de chambre dans un sabot à l'entrée de la chambre.

Les exemples multiples et divers existent selon les applications. La prise de conscience collective et les exigences du décret tertiaire en matière de limitation des consommations d'énergie vont aboutir vers une généralisation de ces dispositifs. Une chose est certaine : les pompes à chaleur s'interfacent parfaitement avec tout type d'accessoires et quels que soient les scénarios opératoires.

### › Les scénarios opératoires

Grâce notamment aux accessoires décrits dans le chapitre précédent, il est possible, selon les technologies ou modèles de pompes à chaleur d'intégrer au fonctionnement général de l'installation des scénarios ou limites opératoires, toujours dans le but d'ajuster le confort en limitant les surconsommations.

#### En voici deux exemples :

##### La « loi d'eau » (Pompes à chaleur air/eau)

Lorsque l'eau est utilisée comme vecteur pour transmettre aux locaux l'énergie de chauffage produite par la pompe à chaleur, la mise en place d'une loi d'eau est la garantie d'une meilleure maîtrise des consommations en période de chauffage.

La loi d'eau est une programmation consistant à faire évoluer la température du circuit d'eau selon la température extérieure. Ainsi, la PAC opérera proportionnellement aux besoins des locaux en temps réel pour assurer une consommation d'énergie la plus faible possible lorsque les températures seront relativement douces en hiver et un confort adapté en cas de températures extérieures rigoureuses. La loi d'eau est compatible et complémentaire de tout dispositif de régulation mis à la disposition des utilisateurs.

##### Limites de température

Il s'agit de limiter le choix des utilisateurs à une plage de température. Par exemple, entre 18 °C et 21 °C pour chauffer et entre 23 °C et 26 °C pour rafraîchir. Ce type de scénario, selon les dispositifs, peut être intégré au thermostat ou piloté depuis une gestion technique centralisée.

## Gestion technique centralisée / Gestion technique du bâtiment

Comme nous l'avons vu précédemment, les décrets BACS imposent désormais la mise en place d'un système d'automatisation et de contrôle pour les bâtiments tertiaires (neufs ou existants) équipés d'un système de chauffage / rafraîchissement selon un seuil de puissance installée (page 19). La publication de ce texte démontre l'importance d'une gestion technique centralisée (GTC) ou gestion technique du bâtiment (GTB) pour mieux maîtriser les consommations énergétiques d'une installation et faciliter son exploitation, indépendamment de l'application tertiaire ou de la technologie PAC mise en œuvre.

Les GTC / GTB utilisent des langages ou protocoles de communication communs compatibles avec l'ensemble des équipements qui composent une installation. La très grande majorité des PAC installées dans les bâtiments tertiaires peuvent donc interopérer selon les protocoles les plus fréquemment rencontrés dans ce domaine.

Pour que l'investissement dans une GTB puisse être pleinement rentable, il est indispensable de disposer de divers niveaux de compétences :

- Dès la conception, il faut analyser les attentes des utilisateurs pour définir le degré de contrôle des équipements.
- À la mise en service de la GTB, les paramétrages (zones de contrôle, programmations horaires, plage de températures de consignes) doivent être cohérents avec l'usage des locaux.
- L'exploitation des données (historique de fonctionnement, consommations, ...), est un aspect essentiel et doit être intégrée à la prestation de l'opérateur de maintenance.
- Pour les utilisateurs ou des personnes référentes, une connaissance de la logique de fonctionnement de la GTB et des principaux paramètres peut éviter de générer de l'incompréhension ou de la frustration.

## Points de contrôle à réaliser lors de l'entretien de la PAC

### Entretien des PAC entre 4 kW et 70 kW

- › Vérification, nettoyage et réglage du système thermodynamique

**L'entretien du système thermodynamique comporte des points de contrôle obligatoires fixés en Annexe 1 de l'Arrêté du 24 juillet 2020 :**

#### Sur le générateur de chaleur/ froid

##### **Pour tous les systèmes thermodynamiques :**

- Relevé des températures de l'unité intérieure et de l'unité extérieure et vérification du bon fonctionnement ;
- Vérification du fonctionnement de l'inversion de cycle lorsque c'est possible ;
- Vérification de l'enclenchement des appoints ;
- Mesure des tensions électriques statiques et dynamiques.

##### **Pour les systèmes aérothermiques :**

- Vérification de l'échangeur de l'unité extérieure et nettoyage si nécessaire ;
- Nettoyage et dégrassage de l'unité intérieure et du filtre.

#### Sur le système de distribution

##### **Pour les systèmes de distribution par boucle d'eau :**

- Contrôle de l'embouement lié au phénomène d'hydrolyse ;
- Purge des bulles d'air du circuit lorsque le purgeur est fonctionnel et accessible ;
- Contrôle de la pression ;
- Vérification du fonctionnement des circulateurs ;
- Vérification et nettoyage du filtre sur la boucle d'eau si nécessaire ;
- Contrôle de la pression de gonflage des vases d'expansion avec regonflage si nécessaire ;
- Contrôle de la présence et de l'état d'isolation des réseaux de distribution de chaleur et de froid, y compris ceux raccordés à un réseau de chaleur ou de froid, et situés hors du volume chauffé ou refroidi (sauf si ce contrôle a été indiqué dans une précédente attestation d'entretien).

##### **Pour les systèmes de distribution par vecteur air :**

- Vérification de l'état des gaines accessibles ;
- Vérification et nettoyage avec désinfection si nécessaire de l'unité intérieure et du filtre ;
- Vérification du fonctionnement du ventilateur.

## Sur le système de pilotage

Présence et bon fonctionnement d'un système de régulation automatique de la température de chauffage ou de rafraîchissement.

### › Contrôle d'étanchéité alternatif

Lorsque l'équipement n'est pas soumis à la F-GAS (charge inférieure au seuil ou fluide non-fluoré) il faut procéder à un contrôle d'étanchéité dit « alternatif » car il est différent du contrôle périodique réglementaire. Réaliser ce contrôle ne nécessite pas d'être titulaire d'une attestation de capacité.

#### Il consiste simplement à :

- Vérifier le voyant de fluide frigorigène (si présent) ;
- Effectuer un relevé des pressions à l'entrée et à la sortie du compresseur sur les manomètres (si présents).

### › Conseils sur le bon usage du système

L'attestation d'entretien doit comporter tous les conseils pertinents concernant le bon usage ou l'amélioration du système en accord avec l'annexe 2 de l'arrêté du 24 juillet 2020.

## Autres points de contrôle recommandés par les constructeurs, quelle que soit la puissance de l'équipement

### › Électrique

- Mesure et contrôle des intensités et tensions (conformité aux exigences minimales constructeurs).
- Contrôles visuels et resserrage des borniers électriques (risque de surchauffe contact).
- Contrôle des sondes de températures et consigne de fonctionnement.

### › Circuit frigorifique

- Mesure des grandeurs physiques du circuit frigorifique (température, pression) en comparaison avec les valeurs nominales du constructeur.
- Sur les installations de moyenne et grosse puissance :
  - Niveau et analyse d'huile.
  - Analyse vibratoire et révision mécanique (grosse puissance).

### › Circuit hydraulique et aéraulique

- Les PAC sont des machines thermodynamiques qui transfèrent de la chaleur au travers de circuits hydraulique et aéraulique. Tout déséquilibre de ces circuits (débits et températures) entraînera une perte de performance pouvant générer la dégradation de la machine.

- Pour PAC eau / eau les points de contrôle suivants sont à effectuer sur les circuits évaporateur et condenseur :
  - Mesure des débits et températures.
  - Qualité d'eau (nécessité d'être conforme aux exigences des constructeurs : corrosion, boues,).
  - Analyse du taux de glycol (sécurité antigel).
  - Contrôles des sécurités (pressostat et contrôleur de débit).
  - Mesures des pertes de charges et pincement des températures.
- Pour les PAC air / eau les points suivants sont à rajouter sur l'échange d'air de l'évaporateur :
  - Mesure des températures air extérieur - air rejeté.
  - Contrôle visuel du niveau d'encrassement.

## Fluides frigorigènes

La classification de ces fluides répond aux caractéristiques décrits dans le tableau ci-dessous.

	Non toxique	Toxique
Hautement inflammable	A3	B3
Inflammable	A2	B2
Faiblement inflammable	A2L	B2L
Non inflammable	A1	B1

### › Toxicité

- **Classe A**  
Toxicité faible < de 400 ppm. (Exposition de plus de 30 min ou plus peut amener vers de grave danger pour la santé).
- **Classe B**  
Toxicité forte > 400 ppm. (Mortel sur la durée).

### › Inflammabilité

- **Classe 1**  
Le fluide frigorigène ne permet pas une propagation de la flamme dans de l'air à 21 °C et 101 kPa.
- **Classe 2**  
Le fluide frigorigène a une limite inférieure d'inflammabilité supérieure à 0,10 kg/m<sup>3</sup> à 21 °C et 101 kPa et une chaleur de combustion inférieure à 19 kJ/kg.
- **Classe 2L**  
Même caractéristiques que la classe 2 mais le fluide frigorigène a une vitesse de propagation supérieur (< 0,1 m/s).
- **Classe 3**  
Le fluide frigorigène est hautement inflammable avec une limite inférieure d'inflammabilité inférieure ou égale à 0,10 kg/m<sup>3</sup> à 21 °C et 101 kPa ou une chaleur de combustion supérieure ou égale à 19 kJ/kg.





**L'AFPAC,  
un acteur majeur de la transition  
énergétique et bas carbone**

AFPAC - Association Française pour les Pompes À Chaleur - 31 rue du Rocher - 75008 Paris  
contact@afpac.org - www.afpac.org

OCTOBRE 2023



Filière mobilisée pour la transition énergétique & la décarbonation