

# Mode d'emploi du logiciel SPFPAC

## Introduction

Le logiciel SPFPAC permet le calcul du Facteur de Performance Saisonnier des pompes à chaleur utilisant l'air dynamique comme source froide. Ce calcul est effectué en mode chauffage et en mode refroidissement. Les pompes à chaleur concernées sont les pompes à chaleur air-eau (plancher chauffant, ventilo-convecteurs, radiateurs) et les pompes à chaleur air-air. L'appoint éventuellement utilisé est considéré comme étant un appoint électrique. Le logiciel est développé pour les bâtiments résidentiels et le petit tertiaire. Il ne permet pas de traiter le cas où la pompe à chaleur produit également l'eau chaude sanitaire.

Ce manuel d'utilisation du logiciel SPFPAC est organisé en deux parties distinctes. La première fournit une information de base sur les données nécessaires et sur les résultats fournis. La seconde partie est destinée aux utilisateurs moins expérimentés. Elle comprend :

- Des compléments d'information relatifs aux données nécessaires au logiciel et permettant à l'utilisateur peu familiarisé avec les notions requises d'utiliser de manière optimale celui-ci.
- Des notions de base relatives aux procédures de sélection d'une pompe à chaleur et de dimensionnement des systèmes de distribution de chaleur
- Des commentaires permettant à l'utilisateur d'évaluer la pertinence des résultats fournis par le logiciel et la qualité énergétique de son projet.

## Installation

La feuille Excel fonctionne dans la version Office 2007 ou supérieure. Elle nécessite 4 fichiers Excel à placer dans un même répertoire de travail (à choisir). Ces fichiers sont :

auxdataradcool.xls

auxdataradheat.xls

SPFPAC\_Air\_Eau.xlsx

SPFPAC\_Air\_Air.xlsx

Les deux premiers sont des fichiers auxiliaires de calcul de données solaires. Les deux derniers sont les feuilles de calcul proprement dites, la première pour les PAC air/eau, la seconde pour les PAC air/air.

# **Première partie**

## **1. PAC air/eau**

### **1.1. Données**

Les données principales sont à entrer dans l'onglet « données ».

#### **a) Données relatives au bâtiment.**

La première partie à compléter concerne les données du bâtiment dans lequel se trouve installée la PAC. Ces données sont normalement récupérables dans le logiciel PEB.

\*coefficient de déperdition par transmission (W/K)

\*coefficient de déperdition par ventilation (W/K)

\*volume protégé (m<sup>3</sup>)

\*volume du secteur (unique) (m<sup>3</sup>)

\*surface chauffée (m<sup>2</sup>)

\*surface de plancher chauffant (m<sup>2</sup>)

\*gains internes (W) : le logiciel propose une valeur par défaut si ceux-ci sont inconnus.

Pour chaque fenêtre, il faut entrer :

\*la surface vitrée (m<sup>2</sup>)

\*l'orientation (à choisir dans un menu déroulant)

\*la pente par rapport à l'horizontale (°) (à choisir dans un menu déroulant)

\*le facteur solaire

\*le type de protection solaire (à choisir dans un menu déroulant)

\*le mode de fonctionnement de la protection solaire (à choisir dans un menu déroulant).

#### **b) Données relatives au système de chauffage/refroidissement – distribution.**

Pour le système de distribution, il faut encoder :

\*les rendements (%)

Il s'agit des rendements globaux du système de distribution en mode chauffage (rapport entre la quantité de chaleur distribuée et la quantité de chaleur produite au condenseur) et en mode refroidissement (rapport entre la quantité de froid distribuée et la quantité de froid produite à l'évaporateur). Il peut être estimé par la méthode PEB. Le rendement de distribution en mode « production de froid » n'est pas requis lorsque le système de distribution de chaleur est constitué de radiateurs.

\*le type de système de distribution de chaleur (à choisir dans le menu déroulant):

- plancher chauffant
- ventilo-convecteurs
- radiateurs.

#### Cas du plancher chauffant

Les données nécessaires sont :

\*la classe d'inertie du plancher chauffant (léger/lourd) et le pas entre les tubes (10 cm/20 cm/30 cm) (à choisir dans un menu déroulant).

\*Choix : composition du plancher chauffant connue/inconnue

-Si la composition est inconnue, aucune information n'est à fournir (le comportement du plancher sera simulé via des caractéristiques par défaut).

-Si la composition est connue, il faut entrer les données concernant le plancher chauffant dans l'onglet « plancher chauffant ». La composition des 4 éléments composant le plancher chauffant (revêtement de sol, dalle flottante, isolation thermique et plancher porteur) sont à choisir dans un menu déroulant. Les épaisseurs des 4 éléments (mm) sont à rentrer.

Le logiciel détermine les valeurs des conductivités ( $W/(mK)$ ) et des résistances thermiques ( $m^2K/W$ ) des 4 éléments et la résistance thermique totale du plancher ( $m^2K/W$ ).

Les coefficients d'émission de chaleur surfaciques ( $W/(m^2K)$ ) en mode chauffage et en mode refroidissement sont également calculés.

\*Choix : régulation du plancher chauffant connue oui/non

La loi de régulation du plancher chauffant peut être connue ou pas. Elle fournit la température de consigne de l'eau en sortie du condenseur en fonction de la température extérieure. Dès que cette température est atteinte, la pompe à chaleur s'arrête. L'option « régulation connue » n'est possible que si la composition du plancher chauffant est connue (données précédentes). Si la loi de régulation est connue, il faut entrer le débit d'eau circulant dans le plancher (kg/h) en mode chauffage et en mode refroidissement et la température d'eau à l'entrée du plancher pour une température extérieure de  $-10^{\circ}C$ .

#### Cas des radiateurs

Les données nécessaires sont :

\*le débit total d'eau (il doit être égal au débit d'eau passant dans le condenseur recommandé par le fabricant de la PAC)

Dans l'onglet « Radiateurs ou Vnt-Convecteurs » :

\*la puissance thermique du radiateur dans les conditions nominales (EN 442)

\*l'exposant n du radiateur

\*le nombre de radiateurs

Le logiciel considère que tous les radiateurs sont du même type.

#### Cas des ventilo-convecteurs

Les données nécessaires sont :

\*le débit total d'eau (il doit être égal au débit d'eau passant dans le condenseur recommandé par le fabricant de PAC)

Dans l'onglet « Radiateurs ou Vnt-Convecteurs » :

\*la puissance thermique du ventilo-convecteur

\*les températures de l'eau à l'entrée et à la sortie du ventilo-convecteur (pour lesquelles la puissance thermique est donnée)

\*le nombre d'unités

\*le débit d'air

Les mêmes données doivent être rentrées dans l'onglet pour le fonctionnement en mode froid.

Le logiciel considère que tous les ventilo-convecteurs sont du même type et sont placés en parallèle. Le logiciel calcule l'efficacité du ventilo-convecteur qui sera considérée comme constante.

#### c) Données relatives au système de chauffage/refroidissement – production.

\*Choix : PAC réversible/non-réversible

Il n'est pas possible de choisir l'option « réversible » lorsque le système de distribution de chaleur est constitué de radiateurs.

\*Choix : PAC à vitesse fixe/vitesse variable

Mode chauffage :

\*Choix : courbes par défaut/courbes à encoder

Les performances de la PAC peuvent être encodées de deux manières différentes :

- Courbes par défaut : il faut rentrer la puissance calorifique et le COP de la PAC sélectionnée (air extérieur à 7°C et température de départ d'eau égale à 35 °C). Les performances dans d'autres conditions sont estimées par une courbe de référence normalisée par défaut. Cette option n'est pas possible dans les cas suivant :

- pour une machine à vitesse variable

- si le système de distribution de chaleur est constitué de radiateurs ou de ventilo-convecteurs.

- Courbes à encoder : il faut rentrer la puissance calorifique et le COP de la PAC pour différentes conditions dans l'onglet « PAC utilisateur » dans le tableau « production de chaleur ». Ces conditions sont 4 températures extérieures (au choix) pour deux températures de départ d'eau à choisir.

Mode refroidissement :

Ce mode n'est possible que si la PAC est réversible.

\*Choix : courbes par défaut/courbes à encoder/aucune info

Les performances de la PAC peuvent être encodées de trois manières différentes :

- Courbes par défaut : il faut rentrer la puissance frigorifique et le COP de la PAC (air extérieur à 35°C et température de départ d'eau égale à 18°C). Les performances dans d'autres conditions sont estimées par une courbe de référence normalisée par défaut. Cette option n'est pas possible pour une machine à vitesse variable.

- Courbes à encoder : il faut rentrer la puissance frigorifique et le COP de la PAC pour différentes conditions dans l'onglet « PAC utilisateur » dans le tableau « production du froid ». Ces conditions sont 3 températures extérieures (au choix) pour deux températures de départ d'eau : 18°C et une température à choisir dans un menu déroulant.

- Aucune info : dans le cas où rien n'est connu sur le mode refroidissement de la PAC, une valeur par défaut de 2.0 est prise pour le COP en mode refroidissement.

Il est conseillé d'utiliser le même type de données (par défaut/à encoder) pour les deux modes de fonctionnement.

\*Puissance consommée par la commande (puissance du système de régulation et de la résistance de carter) (W)

## 1.2. Résultats

Les résultats se trouvent dans l'onglet « Synthèse des résultats ».

a) Résultats «Informations générales»

\*température de non-chauffage (°C)

\*température de non-refroidissement (°C)

\*besoins nets de l'habitation en énergie de chauffage pour la période 15/9-15/5 (en kWh et en MJ)

\*besoins nets de l'habitation en énergie de refroidissement pour la période 16/5-14/9 (en kWh et en MJ)

\*besoins en énergie primaire de l'appoint (en kWh et en MJ)

C'est l'énergie primaire consommée par l'appoint (électrique) pendant la période de chauffage.

\*besoins en énergie primaire de la PAC pour le chauffage (en kWh et en MJ)

C'est l'énergie primaire consommée par la PAC en mode chauffage pendant la période de chauffage (consommation de la PAC y compris la consommation de la commande).

\*besoins en énergie primaire de la PAC pour le refroidissement (en kWh et en MJ)

C'est l'énergie primaire consommée par la PAC en mode refroidissement pendant la période de refroidissement (consommation de la PAC y compris la commande).

b) Résultats « Performances du système »

\*consommation d'électricité de la PAC en mode chauffage (en kWh)

C'est la consommation d'électricité de la PAC proprement dite (y compris la commande) en mode chauffage pendant la période de chauffage.

\*consommation d'électricité de la PAC en mode refroidissement (en kWh)

C'est la consommation d'électricité de la PAC proprement dite (y compris la commande) en mode refroidissement pendant la période de refroidissement.

\*évaluation du dimensionnement. Le logiciel vérifie que le point d'équilibre est bien entre -5°C et 0°C (pertinent uniquement pour les machines à vitesse fixe)

\*quantité de chaleur produite par la PAC (en kWh)

\*quantité de froid produite par la PAC (en kWh)

\*consommation d'électricité de l'appoint (en kWh)

\*consommation totale d'énergie électrique en mode chauffage (en kWh)

C'est la consommation d'électricité de la PAC (y compris la commande) et de l'appoint pendant la période de chauffage.

\*Consommation totale d'énergie électrique en mode refroidissement (en kWh)

\*Coefficient de performance saisonnier de la PAC en mode « production de chaleur » (-)

C'est le COP saisonnier (SPF) de la PAC pendant la période de chauffage, calculé comme étant le rapport de la quantité de chaleur produite par la PAC et de la consommation d'électricité de celle-ci (y compris la commande).

\*Coefficient de performance saisonnier du système en mode « production de chaleur » (-)

C'est le COP saisonnier (SPF) du système (PAC+appoint) pendant la période de chauffage, calculé comme étant le rapport de la quantité de chaleur produite par le système (PAC+appoint) et de la consommation d'électricité de ce même système.

\*Coefficient de performance saisonnier de la PAC en mode « production de froid » (-)

C'est le COP saisonnier (SPF) de la PAC pendant la période de refroidissement, calculé comme étant le rapport de la quantité de froid produite par la PAC et de la consommation d'électricité de celle-ci (y compris la commande).

\* Indice de performance de la pompe à chaleur

C'est le rapport entre la quantité de chaleur produite par la pompe à chaleur en mode « chauffage » et la consommation d'énergie électrique de la pompe à chaleur en mode chauffage et en mode refroidissement (y compris la commande).

\* Indice de performance du système.

C'est le rapport entre la quantité de chaleur produite par le système en mode « chauffage » (pompe à chaleur et appoint) et la consommation d'énergie électrique du système (pompe à chaleur et appoint) en mode chauffage et en mode refroidissement (y compris la commande).

## 2. PAC air/air

### 2.1. Données

Les données principales sont à entrer dans l'onglet « données ».

a) Données relatives au bâtiment.

La première partie à compléter concerne les données du bâtiment dans lequel se trouve installée la PAC. Ces données sont normalement récupérables dans le logiciel PEB.

\*coefficient de déperdition par transmission (W/K)

\*coefficient de déperdition par ventilation (W/K)

\*volume protégé ( $m^3$ )

\*volume du secteur (unique) ( $m^3$ )

\*Surface chauffée (unique) ( $m^2$ )

\*Gains internes (W) : le logiciel propose une valeur par défaut si ceux-ci sont inconnus.

Pour chaque fenêtre, il faut entrer :

\*la surface vitrée ( $m^2$ )

\*l'orientation (à choisir dans un menu déroulant)

\*la pente par rapport à l'horizontale ( $^\circ$ ) (à choisir dans un menu déroulant)

\*le facteur solaire

\*le type de protection solaire (à choisir dans un menu déroulant)

\*le mode de fonctionnement de la protection solaire (à choisir dans un menu déroulant).

b) Données relatives au système de chauffage/refroidissement - distribution.

\*les rendements (%)

Il s'agit des rendements globaux du système de distribution en mode chauffage (rapport entre la quantité de chaleur distribuée et la quantité de chaleur produite au condenseur) et en mode refroidissement (rapport entre la quantité de froid distribuée et la quantité de froid produite à l'évaporateur). Il peut être estimé par la méthode PEB.

\*la température de l'air repris en mode chauffage ( $^\circ C$ ) (à choisir dans un menu déroulant) : il s'agit d'une température sèche.

\*la température de l'air repris en mode refroidissement (°C) (à choisir dans un menu déroulant) : Il s'agit d'une température de thermomètre humide.

En principe, l'air est repris dans une zone de la maison non chauffée par la PAC. Comme les calculs de besoins en chaleur supposent une température de consigne en mode chauffage de 18°C, il est conseillé de prendre comme température d'air repris une valeur proche de 18°C. Pour les besoins en mode froid, la température de consigne étant de 23°C, il est conseillé de prendre comme température d'air repris une valeur proche de 23°C.

c) Données relatives au système de chauffage/refroidissement - production.

\*Choix : PAC réversible/non-réversible

\*Choix : PAC à vitesse fixe/vitesse variable

Mode chauffage :

\*Choix : courbes par défaut/courbes à encoder

Les performances de la PAC peuvent être encodées de deux manières différentes :

- Courbes par défaut (uniquement dans le cas d'une PAC à vitesse fixe) : il faut rentrer la puissance thermique et la puissance consommée par la PAC pour de l'air extérieur à 8°C (bulbe sec) et 6°C (bulbe humide) et pour une température d'air repris égale à celle introduite plus haut. Les performances de la pompe à chaleur dans les autres conditions sont évaluées sur base d'une courbe de performances réduite de référence (par défaut).

- Courbes à encoder : il faut rentrer la puissance thermique et la puissance consommée par la PAC pour différentes conditions dans l'onglet « PAC utilisateur ». Ces conditions sont 4 températures extérieures (au choix) pour les 4 températures de reprise d'air spécifiée dans le tableau « production de chaleur ».

Mode refroidissement :

Ce mode n'est possible que si la PAC est réversible.

\*Choix : courbes par défaut/courbes à encoder/aucune info

Les performances de la PAC peuvent être encodées de trois manières différentes :

- Courbes par défaut (uniquement dans le cas d'une PAC à vitesse fixe) : il faut rentrer la puissance frigorifique sensible et la puissance consommée par la PAC pour de l'air extérieur à 35°C (bulbe sec) et pour une température d'air repris égale à celle introduite plus haut. Les performances de la pompe à chaleur dans les autres conditions sont évaluées sur base d'une courbe de performances réduite de référence (par défaut).

- Courbes à encoder : il faut rentrer la puissance frigorifique sensible et la puissance consommée par la PAC pour différentes conditions dans l'onglet « PAC utilisateur ». Ces conditions sont 3 températures extérieures (au choix) pour les 4 températures de reprise d'air spécifiée dans le tableau « production du froid ».

- Aucune info : dans le cas où rien n'est connu sur le mode refroidissement de la PAC, une valeur par défaut de 2.0 est prise pour le COP en mode refroidissement.

Il est conseillé d'utiliser le même type de données (par défaut/à encoder) pour les deux modes de fonctionnement.

\*Puissance consommée par la commande (régulation et résistance de carter) (W).

## 2.2. Résultats

Les résultats se trouvent dans l'onglet « Synthèse des résultats ».

### a) Résultats « Informations générales »

\*température de non-chauffage (°C)

\*température de non-refroidissement (°C)

\*besoins nets de l'habitation en énergie de chauffage pour la période 15/9-15/5 (en kWh et en MJ)

\*besoins nets de l'habitation en énergie de refroidissement pour la période 16/5-14/9 (en kWh et en MJ)

\*besoins en énergie primaire de l'appoint (en kWh et en MJ)

C'est l'énergie primaire consommée pour faire fonctionner l'appoint (électrique) de la PAC.

\*besoins en énergie primaire pour le chauffage (en kWh et en MJ)

C'est l'énergie primaire consommée par la PAC en mode chauffage pendant la période de chauffage (consommation de la PAC y compris la consommation de la commande).

\*besoins en énergie primaire pour le refroidissement (en kWh et en MJ)

C'est l'énergie primaire consommée par la PAC en mode refroidissement pendant la période de refroidissement (consommation de la PAC y compris la commande).

### b) Résultats « Performances du système »

\*consommation d'électricité de la PAC en mode chauffage (en kWh)

C'est la consommation d'électricité de la PAC proprement dite (y compris la commande) en mode chauffage pendant la période de chauffage.

\*consommation d'électricité de la PAC en mode refroidissement (en kWh)

C'est la consommation d'électricité de la PAC proprement dite (y compris la commande) en mode refroidissement pendant la période de refroidissement.

\*évaluation du dimensionnement. Le logiciel vérifie que le point d'équilibre est bien entre -5°C et 0°C (pertinent uniquement pour les machines à vitesse fixe)

\*quantité de chaleur produite par la PAC (en kWh)

\*quantité de froid produite par la PAC (en kWh)

\*consommation d'électricité de l'appoint (en kWh)

\*consommation totale d'énergie électrique en mode chauffage (en kWh)

C'est la consommation d'électricité de la PAC (y compris la commande) et de l'appoint pendant la période de chauffage.

\*Consommation totale d'énergie électrique en mode refroidissement (en kWh)

\*Coefficient de performance saisonnier de la PAC en mode « production de chaleur » (-)

C'est le COP saisonnier (SPF) de la PAC pendant la période de chauffage, calculé comme étant le rapport de la quantité de chaleur produite par la PAC et de la consommation d'électricité de celle-ci (y compris la commande).

\*Coefficient de performance saisonnier du système en mode « production de chaleur » (-)

C'est le COP saisonnier (SPF) du système (PAC + appoint) pendant la période de chauffage, calculé comme étant le rapport de la quantité de chaleur produite par le système (PAC + appoint) et de la consommation d'électricité de ce même système.

\*Coefficient de performance saisonnier de la PAC en mode « production de froid » (-)

C'est le COP saisonnier (SPF) de la PAC pendant la période refroidissement, calculé comme étant le rapport de la quantité de froid produite par la PAC et de la consommation d'électricité de celle-ci (y compris la commande).

\* Indice de performance de la pompe à chaleur

C'est le rapport entre la quantité de chaleur produite par la pompe à chaleur en mode « chauffage » et la consommation d'énergie électrique de la pompe à chaleur en mode chauffage et en mode refroidissement (y compris la commande).

\* Indice de performance du système

C'est le rapport entre la quantité de chaleur produite par le système en mode « chauffage » (pompe à chaleur et appoint) et la consommation d'énergie électrique du système (pompe à chaleur et appoint) en mode chauffage et en mode refroidissement (y compris la commande).

## Seconde Partie

### **1. Introduction**

Les performances énergétiques et de confort d'une pompe à chaleur sur une année climatique ne dépendent pas uniquement de la pompe à chaleur elle-même. Le bâtiment et le système de distribution de chaleur ont une influence considérable sur ces performances. Tout projet de pompe à chaleur doit donc être mené de manière intégrée en tenant compte des caractéristiques de l'ensemble de ces trois éléments. Le logiciel SPFPAC ne constitue pas un outil permettant le dimensionnement et la conception du système « pompe à chaleur + distribution de chaleur » pour un bâtiment donné. Cependant, il évalue les performances énergétiques de cet ensemble et permet donc, au stade de l'avant-projet, d'aiguiller le concepteur dans ses choix. Il est donc primordial de fournir au logiciel l'information la plus pertinente possible.

### **2. L'enveloppe**

L'enveloppe qui définit la zone chauffée par la pompe à chaleur a bien évidemment une importance considérable dans le bilan énergétique globale du projet. Ses caractéristiques fixent la demande annuelle en chaleur et en froid - et donc influent sur la consommation annuelle en électricité de l'installation - mais également la puissance thermique requise intervenant dans le dimensionnement du système de distribution de chaleur et dans la sélection de la pompe à chaleur.

Les données relatives à l'enveloppe du bâtiment qui sont nécessaires à l'utilisation du logiciel sont décrites aux points 1.1 et 2.1 de la première partie. Nous renvoyons le lecteur aux normes NBN 62-002 et 62-003 ainsi qu'aux annexes de la législation sur la performance énergétique des bâtiments (Arrêté du Gouvernement Wallon du 17 avril 2008 – publication au moniteur le 30 juillet 2008).

Le logiciel SPFPAC considère que l'enveloppe intègre l'ensemble des locaux chauffés effectivement et directement par la pompe à chaleur. Le logiciel considère une zone unique maintenue à 18°C en période de chauffage et à 23°C en période de refroidissement. La zone en question est équipée d'un seul système de distribution de chaleur (de froid).

En pratique, cette situation n'est pas réaliste :

- la température de confort diffère selon la pièce ;
- certaines pièces peuvent ne pas être chauffées indirectement par la pompe à chaleur (absence de système de distribution de chaleur) ;
- certaines pièces peuvent être munies d'un appoint électrique ;
- plusieurs systèmes de distribution de chaleur peuvent coexister.

Ces différences entre situation réelle et hypothèses de la méthode de calcul utilisée par le logiciel constituent l'une des raisons pour lesquelles l'outil SPFPAC ne peut être considéré comme un outil de conception. En effet, dans la pratique, dans le processus d'étude, la puissance thermique requise par chaque pièce devra être calculée en prenant en considération la température de confort spécifique à

la pièce en question. Cette information, une fois disponible permettra le dimensionnement des systèmes de distribution de chaleur et de froid pour chaque local et enfin la sélection de la pompe à chaleur. Malgré les hypothèses simplificatrices de la méthode de calcul, il est parfaitement possible d'évaluer les performances énergétiques de l'installation telle que préconisée en utilisant les règles de l'art et d'utiliser les résultats obtenus en vue d'une amélioration du projet.

Pour ce faire, l'enveloppe (et ses paramètres) doit être définie de telle manière que :

- elle comprend l'ensemble des locaux chauffés directement par la pompe à chaleur (locaux équipés de leur propre système de distribution de chaleur) ;
- elle comprend les locaux non totalement chauffés par la pompe à chaleur (par exemple la salle de bain ou le hall qui sont parfois équipés d'un système de distribution de chaleur insuffisant) et potentiellement équipés d'un appoint de chauffage ;

Si, en suivant ces indications, il apparaît que la consommation de l'appoint électrique représente plus de 10% de la consommation de chaleur annuelle, cela signifie que la pompe à chaleur est sous-dimensionnée soit de manière involontaire soit parce que la puissance thermique requise par les locaux non directement chauffés par la pompe à chaleur n'a pas été prise en compte dans le processus de sélection de la pompe à chaleur et que ceux-ci ont une contribution importante dans la puissance thermique totale requise. La méthode de calcul qui globalise les locaux en une zone peut alors s'avérer inefficace. Dans ce dernier cas de figure, il est recommandé de redéfinir l'enveloppe en excluant les locaux indirectement chauffés par la pompe à chaleur et équipés d'un appoint. Le logiciel fournira alors des résultats plus en conformité avec le fonctionnement réel de la pompe à chaleur mais uniquement pour la zone considérée.

### **3. Les caractéristiques de la pompe à chaleur – cas des pompes à chaleur air-eau.**

#### **3.1. Données relatives à la pompe à chaleur – cas des pompes à chaleur air-eau à vitesse fixe**

Les principales données relatives à la pompe à chaleur qui sont nécessaires à l'utilisation du logiciel sont sa puissance thermique et son coefficient de performance (en mode chauffage). Pour une pompe à chaleur air-eau, ces données sont fonction de la température extérieure et de la température de l'eau produite au condenseur. Il importe de disposer de ces deux courbes à deux variables et ce, dans un domaine de température extérieure et de température d'eau produite représentative des conditions d'utilisation (température extérieure réelle et température de fonctionnement du système de distribution de chaleur). Ces données sont mesurées par des centres de tests agréés et sont fournies par le fabricant. Elles sont déterminées suivant une procédure normative (EN14511). Pour les pompes à chaleur à vitesse fixe, les conditions normatives de test sont :

$T_{\text{ext}}=2^{\circ}\text{C}$   
 $T_{\text{ext hum}}=1^{\circ}\text{C}$   
 $T_{\text{seau}}=35^{\circ}\text{C}$  (plancher chauffant ou conditions similaires)  
 $T_{\text{seau}}=45^{\circ}\text{C}$  (autres)

$T_{\text{ext}}=-7^{\circ}\text{C}$   
 $T_{\text{ext hum}}=-8^{\circ}\text{C}$   
 $T_{\text{seau}}=35^{\circ}\text{C}$  (plancher chauffant ou conditions similaires)  
 $T_{\text{seau}}=45^{\circ}\text{C}$  et  $55^{\circ}\text{C}$  (autres)

$T_{\text{ext}}=-15^{\circ}\text{C}$   
 $T_{\text{ext hum}}= \text{nc}$   
 $T_{\text{seau}}=35^{\circ}\text{C}$  (plancher chauffant ou conditions similaires)  
 $T_{\text{seau}}=45^{\circ}\text{C}$  (autres)

$T_{\text{ext}}=7^{\circ}\text{C}$   
 $T_{\text{ext hum}}=6^{\circ}\text{C}$   
 $T_{\text{seau}}=55^{\circ}\text{C}$  (autres)

Pour ces conditions, le débit d'eau au condenseur est celui correspondant aux conditions nominales.

Il peut arriver que seule l'information relative à l'essai A7 (température extérieure de  $7^{\circ}\text{C}$ )/W35 (eau produite à  $35^{\circ}\text{C}$ ) soit disponible. Dans ce cas, le logiciel SPFPAC extrapole les données manquantes dans tout le domaine de température d'air extérieur et de température d'eau produite nécessaire. Pour ce faire, il faut choisir l'option « courbes par défaut »

Ce processus d'extrapolation a été conçu sur base de données existantes relative à des pompes à chaleur commercialement disponibles lors de la conception du logiciel. Les installations considérées sont des machines à vitesse fixe dans une gamme de puissance thermique comprise entre 6 et 17 kW (A7/W35) et pour une température d'eau produite maximale de  $55^{\circ}\text{C}$ . Il convient donc d'utiliser cette option avec prudence en respectant les limites d'utilisation qui viennent d'être citée. En outre, les résultats produits par le logiciel en utilisant cette option ne peuvent être considérés que comme indicatifs. La validation effective d'un projet par l'outil SPFPAC nécessite la connaissance des courbes complètes fournies par le fabricant. Si une telle information n'est pas disponible, il est recommandé de se tourner vers une autre marque. Signalons également que cette option n'est pas activée lorsque l'on utilise des radiateurs ou des ventilo convecteurs comme système de distribution.

Si la pompe à chaleur est réversible et doit être utilisée occasionnellement pour la production de froid, il faut disposer des courbes donnant la puissance frigorifique et le COP en fonction de la température extérieure et de la température de l'eau produite. Les conditions d'essai normatif sont :

$T_{\text{ext}}=27^{\circ}\text{C}$   
 $T_{\text{ext hum}}=\text{non précisée}$   
 $T_{\text{seau}}=18^{\circ}\text{C}$  (plancher refroidissant ou conditions similaires)  
 $T_{\text{seau}}=7^{\circ}\text{C}$  (autres)

$T_{\text{ext}}=46^{\circ}\text{C}$

$T_{\text{ext hum}}=\text{non précisée}$

$T_{\text{seau}}=7^{\circ}\text{C}$  (autres)

Il est également possible d'utiliser l'option « courbes par défaut » ou l'option aucune information disponible (COP fixé à 2).

### **3.2. Données relatives à la pompe à chaleur – cas des pompes à chaleur air-eau à vitesse variable**

Les pompes à chaleur à vitesse variable sont des pompes à chaleur dont la vitesse de rotation du compresseur peut être réglée. Il est donc possible de faire varier le débit de fluide frigorigène qui circule dans l'installation et par suite, la puissance thermique de la pompe à chaleur. Les courbes caractéristiques (puissance thermique et COP) de telles pompes à chaleur sont également fonction de la température extérieure et de la température d'eau produite mais également de la vitesse de rotation du compresseur. L'utilisation de telles pompes à chaleur permet de contrer la tendance naturelle qu'ont les pompes à chaleur à vitesse fixe à voir leur puissance thermique augmenter avec la température extérieure. La vitesse du compresseur n'est cependant pas un degré de liberté auquel à accès l'utilisateur ni même (dans la plupart des cas) l'installateur. La gestion de la vitesse de rotation est imposée par un système de régulation intégré à la pompe à chaleur. Généralement, la vitesse de rotation dépend :

- De l'écart entre la température de confort de consigne et la température intérieure réelle.
- De l'écart entre la température de l'eau au retour du système de distribution et la valeur de consigne de cette température (généralement calculée en fonction de la température extérieure sur base d'une loi d'eau).

Le logiciel considère que la régulation de la vitesse est intégrée à la pompe à chaleur et que, en finalité, celle-ci ne dépend que de la température extérieure. En conséquence, les données nécessaires sont exactement du même type que pour les pompes à chaleur à vitesse fixe mais l'allure des courbes est fondamentalement différente.

### **3.3. Sélection de la pompe à chaleur– cas des pompes à chaleur air-eau à vitesse fixe**

L'introduction des données relatives à la pompe à chaleur nécessite bien évidemment que celle-ci ait pu être préalablement sélectionnée. Cette sélection est réalisée en comparant la puissance thermique requise par le bâtiment (zone définie par l'enveloppe) et les courbes relatives à la pompe à chaleur candidate. La puissance thermique requise par le bâtiment est calculée suivant la norme NBN B62-003 en considérant une température extérieure adaptée à la zone climatique du projet. On

considère que la puissance thermique requise évolue de manière linéaire en fonction de la température extérieure depuis sa valeur maximale à la température extérieure de référence jusqu'à une valeur nulle pour une température extérieure de 18°C. Cette courbe peut également être déterminée de manière approchée en considérant que la zone chauffée est une zone unique à 18°C (hypothèse du logiciel); on utilise alors les coefficients de déperdition par transmission et par ventilation de l'enveloppe telle que calculés pour l'encodage dans le logiciel. Cette manière de faire est généralement tout à fait satisfaisante pour la procédure de sélection de la pompe à chaleur mais elle ne permet évidemment pas le dimensionnement des systèmes de distribution de chaleur dans chacune des pièces. La courbe obtenue est superposée aux courbes donnant la puissance thermique de la pompe à chaleur en fonction de la température extérieure pour différentes température d'eau produite. La pompe à chaleur sera considérée comme satisfaisante si la température extérieure d'équilibre (température pour laquelle, on a l'égalité entre la puissance thermique produite et la puissance thermique requise) est comprise entre -5°C et 0°C. La température d'eau produite utilisée est fonction du système de distribution de chaleur qui est utilisé :

- 55°C s'il s'agit de radiateurs
- 45°C s'il s'agit de ventilo-convecteurs
- 35°C s'il s'agit d'un plancher chauffant.

#### Remarques importantes

Le choix de la température d'eau produite est indicatif et satisfaisant pour une première approche. Il faudra s'assurer que cette température est réaliste ; le dimensionnement des systèmes de distribution de chaleur doit être réalisé de manière à ce que, pour la température d'eau produite choisie, le système de distribution soit capable de dissiper la puissance thermique de la pompe à chaleur au point d'équilibre ou la puissance thermique requise maximale à la température extérieure de référence.

- Si le système de distribution de chaleur est sous-dimensionné, il fonctionnera à une température plus élevée que prévu, ce qui entraîne une diminution de la puissance thermique de la pompe à chaleur et une dégradation du coefficient de performance par rapport aux conditions de design. Le point d'équilibre est déplacé vers les températures extérieures plus élevées et la contribution de l'appoint aura tendance à être plus importante que prévu.
- Si le système de distribution de chaleur est surdimensionné la température de fonctionnement sera plus basse, le point d'équilibre sera à une température extérieure plus basse et la contribution de l'appoint plus faible.

Il est impératif d'éviter tout surdimensionnement de la pompe à chaleur à vitesse fixe. Il est donc fortement déconseillé de chercher à atteindre un point d'équilibre inférieur à -5°C. En effet, la puissance thermique de la pompe à chaleur augmentant lorsque la température extérieure augmente, celle-ci apparaîtrait comme très largement surdimensionnée pour les températures extérieures les plus fréquentes. Ce surdimensionnement peut donner lieu à un fonctionnement en courts cycles (marche –arrêts fréquents), ce qui dégrade le SPF et réduit la durée de vie de la machine. De plus, il peut alors arriver que le système de distribution de chaleur fonctionne à une

température plus élevée que prévu (le flux de chaleur produit par la pompe à chaleur par temps doux peut être plus élevé que la puissance maximale calculée dans le cadre du dimensionnement), ce qui dégrade le coefficient de performance de la machine).

Dans la gamme de température extérieure admissible pour le point d'équilibre, on tentera de respecter les principes suivants :

- Température d'équilibre proche de  $-5^{\circ}\text{C}$  : conseillé en Haute Belgique et pour les bâtiments à très faible inertie thermique.
- Température d'équilibre proche de  $0^{\circ}\text{C}$  : conseillé en Basse Belgique et pour les bâtiments à forte inertie thermique.

### **3.4. Sélection de la pompe à chaleur– cas des pompes à chaleur air-eau à vitesse variable**

L'utilisation des pompes à chaleur à vitesse variable permet généralement un gain significatif de performance énergétique. En effet, une pompe à chaleur à vitesse variable dont les performances à vitesse nominale (équivalente à la vitesse de la même pompe à chaleur mais à vitesse fixe) sont telles que le point d'équilibre est compris entre  $-5^{\circ}\text{C}$  et  $0^{\circ}\text{C}$  pourra parfaitement produire la puissance thermique requise par le bâtiment pour les températures extérieures extrêmes (jusque  $-10^{\circ}\text{C}$ ) en travaillant en sur-vitesse. L'appoint électrique devient alors tout à fait inutile, ce qui augmente les performances énergétiques du projet. D'autre part, pour les températures extérieures plus douces mais souvent rencontrées en période hivernale (entre 0 et  $5^{\circ}\text{C}$ ), la régulation de la vitesse du compresseur permet de contrer la tendance naturelle de la pompe chaleur de voir sa puissance thermique augmenter avec la température extérieure. La pompe à chaleur à vitesse variable apparaîtra donc comme moins surdimensionnée qu'une pompe à chaleur à vitesse fixe, ce qui augmente le coefficient de performance et diminue la fréquence marche-arrêt.

Pour dimensionner correctement une pompe à chaleur à vitesse variable, il faut disposer des courbes caractéristiques (voir point 3.3) intégrant la régulation. Le processus de sélection de la pompe à chaleur est exactement le même que pour une pompe à chaleur à vitesse fixe mais on visera un point d'équilibre à  $-10^{\circ}\text{C}$  de température extérieure de manière à pouvoir se passer de l'appoint. Idéalement, la régulation de la vitesse du compresseur doit permettre une diminution de la puissance thermique entre  $-10^{\circ}\text{C}$  et  $-5^{\circ}\text{C}$  de température extérieure, et une puissance thermique constante au moins jusque  $0^{\circ}\text{C}$ .

## 4. Les caractéristiques de la pompe à chaleur – cas des pompes à chaleur air-air.

### 4.1. Données relatives à la pompe à chaleur – cas des pompes à chaleur air-air à vitesse fixe

Les principales données relatives à la pompe à chaleur qui sont nécessaires à l'utilisation du logiciel sont sa puissance thermique et sa puissance absorbée (en mode chauffage). Pour une pompe à chaleur air-air, ces données sont fonction de la température extérieure et de la température de l'air repris qui alimente le condenseur. Il importe de disposer de ces deux courbes à deux variables et ce, dans un domaine de température extérieure et de température d'air repris représentatif de ces conditions réelles de fonctionnement. On considère généralement une température d'air repris entre 18°C et 20°C. Ces données sont mesurées par des centres de tests agréés et sont fournies par le fabricant. Elles sont déterminées suivant une procédure normative (EN14511). Pour les pompes à chaleur à vitesse fixe, les conditions normatives de test sont :

$$T_{\text{ext}}=7^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\text{ext hum}}=6^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\text{rair}}=20^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\text{ext}}=2^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\text{ext hum}}=1^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\text{rair}}=20^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\text{ext}}=-7^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\text{ext hum}}=-8^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\text{rair}}=20^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\text{ext}}=-15^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\text{ext hum}}= \text{nc}$$

$$T_{\text{rair}}=20^{\circ}\text{C}$$

Pour ces conditions, le débit d'air au condenseur est celui correspondant aux conditions nominales.

Il peut arriver que seule l'information relative à l'essai A7 (température extérieure de 7°C)/A20 (air repris à 20°C) soit disponible. Dans ce cas, le logiciel SPFPAC extrapole les données manquantes dans tout le domaine de température d'air extérieur et de température d'air repris. Pour ce faire, il faut choisir l'option « courbes par défaut »

La validité de cette procédure est soumise aux mêmes remarques que pour les pompes à chaleur air-eau (point 3.1).

Si la pompe à chaleur est réversible et doit être utilisée occasionnellement pour la production de froid, il faut disposer des courbes donnant la puissance frigorifique et le COP en fonction de la température extérieure et de la température de l'air repris. Les conditions d'essai normatifs sont :

$$T_{\text{ext}}=35^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\text{rair}}=27^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\text{rair hum}}=19^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\text{ext}}=27^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\text{rair}}=21^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\text{rair hum}}=15^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\text{ext}}=46^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\text{rair}}=29^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\text{rair hum}}=19^{\circ}\text{C}$$

Il est également possible d'utiliser l'option « courbes par défaut » ou l'option aucune information disponible (COP fixé à 2).

## **4.2. Données relatives à la pompe à chaleur – cas des pompes à chaleur air-air à vitesse variable**

Comme dans le cas des pompes à chaleur air-eau, le logiciel considère que la régulation de la vitesse est intégrée à la pompe à chaleur et que, en finalité, celle-ci ne dépend que de la température extérieure. En conséquence, les données nécessaires sont exactement du même type que pour les pompes à chaleur à vitesse fixe mais l'allure des courbes est fondamentalement différente.

## **4.3. Sélection de la pompe à chaleur– cas des pompes à chaleur air-air**

Les procédures de sélection d'une pompe à chaleur air-air à vitesse fixe ou à vitesse variable est la même que pour une pompe à chaleur air-eau. Le point d'équilibre recherché sera également compris entre  $-5^{\circ}\text{C}$  et  $0^{\circ}\text{C}$  pour une machine à vitesse fixe et  $-10^{\circ}\text{C}$  pour une machine à vitesse variable. Etant donné que les performances de la machine sont données en fonction de la température de l'air repris (température de consigne de la pièce où l'air est repris) et non de la température de l'air pulsé et vu que le système de distribution de chaleur est connu, la problématique du choix de cette température n'est plus lié au dimensionnement d'un système de distribution de chaleur. En pratique, il faudra veiller à ce que le système de distribution d'air soit tel que le débit d'air réel passant au condenseur soit bien le débit préconisé par le fabricant. Si le débit d'air est plus faible, la température de l'air produit sera plus élevée que celle observée dans les conditions de test normatif et dès lors, le COP sera plus faible que le COP annoncé par le fabricant.

Il est important de noter que le coefficient de performance saisonnier des pompes à chaleur air-air est très sensible à leur taux de fonctionnement. Il est donc encore plus important que pour les pompes à chaleur air-eau de limiter tout surdimensionnement.

## **5. Le système de distribution de chaleur : cas des systèmes alimentés en eau chaude.**

### **5.1. Introduction**

Rappelons que le logiciel SPFPAC calcule les performances énergétiques de l'ensemble « pompe à chaleur + système de distribution de chaleur + bâtiment ». Il est donc primordial de fournir au logiciel une information correcte concernant le système de distribution de chaleur. Cependant, étant donné que ce logiciel considère l'espace à chauffer par la pompe à chaleur comme une zone unique avec un seul système de distribution de chaleur, l'information en question sera relative au système de distribution de chaleur principal.

Le flux de chaleur (puissance thermique) dissipé par un système de distribution de chaleur en régime est fonction de la température de l'eau qui l'alimente, de la température du local et des débits de fluide (débit d'eau et éventuellement débit d'air). Pour les radiateurs et les ventilo-convecteurs, ces données sont rendues disponibles par les fabricants (EN 442). En ce qui concerne les planchers chauffants, il est également possible d'obtenir ce genre d'information pour une composition donnée de la dalle chauffante et ce, en utilisant une méthode normative (EN 1264). Le dimensionnement des systèmes de distribution de chaleur se fait pièce par pièce. Le système sélectionné (ou dimensionné) doit permettre de dissiper le flux de chaleur maximum requis à la température extérieure de référence (température prise pour le calcul de la puissance thermique maximale requise) pour une température d'alimentation égale à la température normative (voir point 3.3). Pour les bâtiments très bien isolés (niveau K inférieur à 40) il est souvent possible de dimensionner les systèmes de distribution de chaleur de manière à ce qu'ils travaillent à une température inférieure à la température normative et ce, sans surdimensionnement excessif. Il est fortement conseillé de profiter de cette opportunité dans la mesure où cela permet à la pompe à chaleur de produire de la chaleur à température plus faible, ce qui augmente le coefficient de performance. Il faudra cependant tenir compte du fait que la température de design du système de distribution de chaleur est inférieure à la température normative dans la procédure de sélection de la pompe à chaleur.

### **5.2. Données à fournir au logiciel.**

Le logiciel considérant que l'enveloppe chauffée par la pompe à chaleur est une zone unique équipée d'un système de distribution de chaleur unique, il n'est a priori pas commode de fournir au logiciel une information pertinente relative à la distribution de chaleur. En effet, en réalité, plusieurs systèmes peuvent coexister avec leurs propres caractéristiques. Dans le cas où un système unique est utilisé (par exemple un plancher chauffant), les caractéristiques peuvent varier d'une pièce à l'autre (par exemple le pas de tubes). Il est donc important de définir un système de distribution de chaleur équivalent dont les caractéristiques seront les données à fournir au logiciel. Ce système équivalent doit être tel qu'il est représentatif du système réel :

- a. Si le système est unique et est un plancher chauffant, il faut fournir au logiciel la composition de la dalle, le pas des tubes et la surface chauffante. La composition de la dalle est unique à l'exclusion éventuellement du revêtement de sol. On fournira donc comme donnée au logiciel la composition réelle de la dalle en considérant comme revêtement de sol celui qui occupe la surface la plus importante du plancher. La surface chauffante sera la surface réelle. Quant au pas de tubes, deux solutions peuvent être envisagées : soit on considère le pas de la zone la plus étendue (par exemple la salle de séjour) soit on définit un pas équivalent pour l'ensemble de la zone chauffée par la pompe à chaleur en utilisant la même méthode de dimensionnement du système de distribution que celle qui a été mise en œuvre pièce par pièce. La puissance thermique à distribuer peut être calculée sur base des coefficients de déperdition par transmission et par ventilation relatifs à l'enveloppe telle que définie au point 2.
- b. Si un plancher chauffant est utilisé pour certaines pièces et des ventilo-convecteurs pour d'autres pièces (par exemple le rez-de-chaussée est chauffé par plancher chauffant et l'étage par des ventilo-convecteurs), on peut considérer un système unique qui est un plancher chauffant. Les caractéristiques du plancher chauffant équivalent seront déterminées sur base des mêmes principes que dans le cas précédent. La surface chauffante sera la surface chauffante réelle.
- c. Si un plancher chauffant est utilisé pour certaines pièces et des radiateurs pour d'autres pièces (par exemple le rez-de-chaussée est chauffé par plancher chauffant et l'étage par des radiateurs), on peut appliquer la même procédure que dans le cas précédent pour peu que les radiateurs fonctionnent à basse température (max 45°C)
- d. Dans le cas où seuls des radiateurs sont utilisés, le logiciel permet l'encodage des informations relatives à un radiateur représentatif du fonctionnement de l'ensemble des radiateurs.
- e. Dans le cas où seuls des ventilo-convecteurs sont utilisés, le logiciel permet l'encodage des informations relatives à un ventilo-convecteur représentatif du fonctionnement de l'ensemble des ventilo-convecteur.

Les informations précises à encoder pour chaque type de système de distribution de chaleur sont données aux points 1.1 et 2.1 de la première partie. De manière générale les informations relatives au système de distribution de chaleur permettent au logiciel de calculer la température de l'eau produite lorsque le système en question est couplé à la pompe à chaleur sélectionnée (hypothèse de fonctionnement en régime). Cette température est utilisée pour la détermination du coefficient de performance et de la puissance thermique de la pompe à chaleur dans tout le domaine de conditions climatiques.

## 6. Alertes.

Différentes alertes sont implémentées dans le logiciel.

### 1. Page Données – Pompe à chaleur – option courbe par défaut du menu déroulant

Si vous tentez de choisir une pompe à chaleur dont la puissance thermique est inférieure est 6 kW ou supérieure à 17kW, la cellule se colore en rouge, vous indiquant que vous sortez du domaine acceptable de puissance.

### 2. Page Données – système de distribution

Lorsque le système de distribution de chaleur est un plancher chauffant dont on connaît la composition et que l'on désire rentrer une loi de régulation, le logiciel contrôle que cette régulation est compatible avec la demande du bâtiment et la puissance thermique de la pompe à chaleur.

Lorsque vous rentrez cette loi de régulation :

- si la cellule se colore en rouge : vous avez rentré une température d'eau qui ne permet pas le chauffage correct de l'habitation, il y a incohérence entre les besoins du bâtiment, les caractéristiques du plancher chauffant et la loi de régulation ; il faut augmenter la température ou revoir le pas de tubes ;
- si la cellule se colore en bleu : vous avez rentré une température d'eau trop faible par rapport à la puissance thermique de la pompe à chaleur, la loi d'eau n'est pas réaliste au vu de la puissance thermique de la pompe à chaleur ; il faut augmenter la température de l'eau.

### 3. Page Synthèse des résultats - consommation d'énergie électrique de la pac – production de chaleur/production de froid

Au droit de la valeur de la consommation d'énergie électrique de la pompe à chaleur en mode production de chaleur apparaît un pictogramme :

V : tout est en ordre

! : le rapport entre la consommation d'énergie électrique de l'appoint et celle de la pompe à chaleur est important (pompe à chaleur sous-dimensionnée) : supérieur à 20%.

X : le rapport entre la consommation d'énergie électrique de l'appoint et celle de la pompe à chaleur est très important (pompe à chaleur fortement sous-dimensionnée) : supérieur à 50%.

Au droit de la valeur de la consommation d'énergie électrique de la pompe à chaleur en mode production de froid apparaît un pictogramme :

V : La pompe à chaleur permet de produire le froid nécessaire

! : Une partie du froid nécessaire ne peut être produit par la pompe à chaleur (inférieure à 10%)

X : Une partie importante du froid nécessaire ne peut être produit par la pompe à chaleur (plus de 10%)

#### 4. Page Synthèse des résultats - consommation d'énergie électrique de la pac – Evaluation du dimensionnement

Un message apparaît à cet endroit :

Tout est en ordre : le point d'équilibre est compris entre -5°C et 0°C.

La PAC est sous-dimensionnée : le point d'équilibre est à une température supérieure à 0°C ; cela va de pair avec l'alerte de contribution trop importante de l'appoint.

La PAC est surdimensionnée : le point d'équilibre est à une température inférieure à -5°C

Remarque importante :

Dans le cas d'une pompe à chaleur à vitesse variable, il ne faut pas tenir compte de cette alerte.

## 7. Valeurs cibles.

Une pompe à chaleur air-eau à vitesse fixe bien dimensionnée doit permettre les performances minimales suivantes :

- un SPF PAC-chaud de l'ordre de 3.1
- une contribution de l'appoint électrique maximale de 5% (rapport entre contribution de l'appoint et demande totale en chaleur).

De telles valeurs permettent d'obtenir un SPF du système de l'ordre de 2.9 en mode chauffage ce qui est un minimum pour pouvoir considérer un projet comme acceptable.

Il est tout à fait possible de réduire la contribution de l'appoint de manière à ce qu'elle devienne inférieure à 1% (lorsque le point d'équilibre se rapproche de - 5°C). Cela permet généralement des SPF du système en production de chaleur de l'ordre de 3.

De telles valeurs ne peuvent être obtenues qu'avec des systèmes de distribution de chaleur dont la température d'alimentation est inférieure à 40°C.

L'utilisation d'un système de distribution de chaleur à très basse température (30°C maximum) permet d'atteindre un SPF du système en mode chauffage de l'ordre de 3.2 voire plus.

Dans le cas où on utilise une pompe à chaleur à vitesse variable bien dimensionnée, la cible doit être :

- une consommation nulle de l'appoint ;
- un SPF du système en production de chaleur égal ou supérieur à 3.5.

Dans le cas de l'utilisation d'une pompe à chaleur air-air, le SPF cible de la pompe à chaleur en mode chauffage est de 2.5 pour une pompe à chaleur à vitesse fixe et de 3 pour une pompe à chaleur à vitesse variable. Il est donc impossible de respecter la valeur cible de SPF du système égal à 2.88 avec une pompe à chaleur à vitesse fixe.

Remarque :

Lorsqu'il apparaît que la pompe à chaleur est sous-dimensionnée (contribution de l'appoint trop importante), cela peut signifier que :

- soit la pompe à chaleur a effectivement été mal sélectionnée
- soit que le système de distribution choisi travaille à une température plus élevée que la température de design (ayant servi à la sélection de la pompe à chaleur).

Dans ce second cas de figure, le SPF de la pompe à chaleur seule en mode chauffage est faible et il faut revoir le dimensionnement du système de distribution et pas nécessairement le choix de la pompe à chaleur.

La pompe à chaleur lorsqu'elle est correctement utilisée pour la production de chaleur permet une réelle valorisation de l'énergie renouvelable puisée au milieu froid ; elle est donc plus intéressante qu'une chaudière même à très haut rendement dans ces circonstances. L'économie d'énergie primaire qui résulte de cette valorisation réelle peut aller de 15 à 30% selon la valeur du SPF du système en mode production de chaleur (de 2.9 à 3.5). Cependant, si la pompe à chaleur est également utilisée pour la production de froid, les performances énergétiques globales sont évidemment dégradées par rapport à un projet dans lequel on se passerait de cette possibilité, ce qui doit être le cas pour les bâtiments résidentiels. Il importe donc de ne pas créer artificiellement un nouveau besoin qui annulerait le bilan énergétique de la pompe à chaleur.

L'analyse des résultats relatifs à un projet de bâtiment équipé d'une pompe à chaleur réversible doit avoir comme principal objectif de vérifier que le projet reste énergétiquement intéressant même avec la production de froid. Il est très difficile de jouer sur la valeur du SPF en mode production de froid. L'installation est dimensionnée pour la production de chaleur et il se peut que ses performances soient mauvaises en production de froid. Il est donc important de limiter le plus possible ce type de fonctionnement. L'objectif général doit être d'obtenir une valeur du SPF chaud+froid du système de 2.8 au minimum. Cet objectif est généralement atteint assez facilement si la demande en chaleur du bâtiment est au minimum 10 fois supérieure à la demande en froid.