

ANNEXE

Modalités de prise en compte des systèmes de « pompes à chaleur air extérieur/eau à compression électrique à fluide frigorigène au CO₂ » dans la réglementation thermique 2012

1. Définition du système

Le présent arrêté concerne la technologie de pompes à chaleur (PAC) Air extérieur/Eau à compression électrique utilisant le CO₂ (R744) comme fluide frigorigène. Le système, désigné par le terme « PAC CO₂ », est dédié à la production de l'ECS.

Le système se compose d'au moins une pompe à chaleur associée à un élément de stockage dont le volume total est supérieur ou égal à 400L. Dans le cas où plusieurs pompes à chaleur identiques sont installées, celles-ci sont raccordées en parallèle.

Toutes les données de performance saisies doivent être établies pour une température d'eau chaude sanitaire en sortie du système supérieure ou égale à 55°C.

Un assemblage technologique et une gestion de son fonctionnement, permettant de garantir en entrée de l'échangeur du système une eau à la température du réseau de ville, doit être mis en œuvre.

Le système doit être dimensionné de manière à couvrir l'ensemble des besoins d'ECS, sans nécessité d'un recours à un appoint.

Dans le cas où une résistance électrique est installée au niveau du ou des ballons de stockage, celle-ci ne fonctionne qu'en « secours » et est commandée par le système qui assure son enclenchement uniquement en cas de mise en défaut du fonctionnement thermodynamique.

2. Domaine d'application

Le champ d'application de la présente méthode s'étend à tout type de bâtiments soumis à la réglementation thermique 2012.

3. Méthode de prise en compte

La PAC CO₂ est assimilée à une PAC air extérieur/eau en fonctionnement ECS au sens de la méthode Th-BCE 2012.

Les équations de la fiche algorithme 10.21 C_GEN_THERMODYNAMIQUE_Elec (§ 10.21.3.4.1 « PAC air extérieur/eau » et 10.21.3.6 « Fonctionnement à charge partielle ou nulle » uniquement) sont reprises dans le modèle.

3.1 NOMENCLATURE DU MODÈLE

Entrées				
Nom	Description	Unité	Intervalle	
$\theta_{amont}(h)$	Température de la source amont	°C	-	
$Teau(h)$	Température d'alimentation en eau froide	°C	-	
$Q_{req}(h)$	Énergie requise à fournir à l'élément de stockage par le générateur	Wh	-	
Paramètres du module				
Nom	Description	Unité	Intervalle	Def
<i>Name</i>	Nom du composant	String	-	-
<i>Index</i>	Identifiant unique du composant	Ent.	[1; +∞[-
<i>R_{dim}</i>	Nombre de générateurs identiques	Ent.	[1; +∞]	-
<i>Id_Source_Amont</i>	Identifiant de la source amont	Ent.	[1; +∞[-
<i>Statut_Donnee</i>	Statut des données concernant l'existence de valeurs de performance certifiées ou mesurées	Ent.	[1; 2]	-
<i>Theta_Aval</i>	Valeurs des températures aval	Ent.	[0; 5]	-
<i>Theta_Amont</i>	Valeurs des températures amont	Ent.	[0; 5]	-
<i>Performance</i>	Matrice des performances (COP)	Réel	[0; +∞[-
<i>Pabs</i>	Matrice des puissances absorbées à pleine charge	kW	[0; +∞[-
<i>COR</i>	Matrice des indicateurs de certification (1) ou de justification (2)	Ent.	[0; 2]	-
<i>Statut_Val_Pivot</i>	Statut de la valeur pivot	Ent.	[0; 2]	-
<i>Val_Cop</i>	Valeur pivot déclarée de la performance (COP) lorsqu'il n'y a pas de performance certifiée ou justifiée	Réel	[0; +∞[-
<i>Val_Pabs</i>	Valeur pivot déclarée de la puissance absorbée lorsqu'il n'y a pas de performance certifiée ou justifiée	kW	[0; +∞[-
<i>Statut_Fonct_Part</i>	Statut de la définition des performances à charge partielle	Ent.	[0; 1]	-
<i>Fonctionnement_Compresseur</i>	Type de fonctionnement du compresseur	Ent.	[1; 2]	-

<i>Statut_Fonctionnement_Continu</i>	Statut des valeurs utilisées pour paramétrer le fonctionnement continu	Ent.	[0; 2]	-
<i>LRContmin</i>	Taux minimal de charge en fonctionnement continu	Réel	[0; 1]	0,4
<i>CCP_LRcontmin</i>	Correction de performance en fonction de la charge à LRcontmin	Réel	[0; 2]	1
<i>Statut_Taux</i>	Statut de la valeur Taux	Ent.	[0;2]	-
<i>Taux</i>	Part de la puissance électrique des auxiliaires dans la puissance électrique totale	Réel	[0;1]	0,02

Sorties

Nom	Description	Unité	Intervalle	Def
$Q_{jou}(h)$	Énergie totale effectivement fournie par le générateur.	Wh	[0;+∞[-
$Q_{cons}(h)$	Consommation horaire du générateur en énergie finale.	Wh	[0;+∞[-
$Q_{rest}(h)$	Énergie restant à fournir (dépassant la puissance maximale du générateur)	Wh	[0;+∞[-
$\{Q_{ceff(fonct.,en.)}\}(h)$	Consommation en énergie finale du générateur, présenté sous forme de matrice {fonction ; type d'énergie}. Les lignes correspondent aux différents postes (6), les colonnes aux différentes sources d'énergie (6).	Wh	[0;+∞[-
$T_{charge}(h)$	Taux de charge du générateur	Réel	[0;1]	-
$\Phi_{rejet}(h)$	Rejet du générateur thermodynamique au pas de temps h	Wh	[0;+∞[-
$P_{n_gen_ECS}(h)$	Puissance nominale du générateur en ECS	W	[0;+∞[-
$W_{aux_pro}(h)$	Consommation des auxiliaires au pas de temps h	Wh	[0;+∞[-
$P_{max}(h)$	Puissance maximale du générateur	W	[0;+∞[-
$Q_{prelec}(h)$	Production électrique du générateur	Wh	[0;+∞[0
$R_{fonctecs}(h)$	Temps de fonctionnement du générateur en ECS au pas de temps h	Réel	[0;1]	-

Variables internes

Nom	Description	Unité	Intervalle	Def
$\theta_{aval}(h)$	Température de la source aval	°C	-	-
$ValCOP(\theta_{amont}; \theta_{aval})$	Méthode d'interpolation du COP au couple $\theta_{amont}/\theta_{aval}$	-	-	-
$ValPabs(\theta_{amont}; \theta_{aval})$	Méthode d'interpolation de la puissance absorbée au couple $\theta_{amont}/\theta_{aval}$	-	-	-
P_{aux}	Puissance des auxiliaires	Wh	[0;+∞[-

<i>Val_util_max</i>	Valeur maximale de la performance pour la valeur pivot lorsqu'il n'y a pas de valeur certifiée ou justifiée.	-	[0;+∞[2,2
<i>idfougen^{gnr}</i>	Fonction du générateur gnr compris dans la génération : 1 : Chauffage 2 : Refroidissement 3 : ECS 4 : Chauffage et ECS 5 : Chauffage et refroidissement	Ent.	[0;5]	3
<i>Id_En_Gen</i>	Type d'énergie qu'utilise le générateur : Électricité : 50	Ent.	[10;69]	50
<i>Id_{Fluide_aval}</i>	Identificateur du fluide aval : 1 : Eau 2 : Air	Ent.	[1;2]	1
<i>Id_{Fluide_amont}</i>	Identificateur du fluide amont : 1 : Eau 2 : Air	Ent.	[1;2]	2

Constantes

Nom	Description	Unité	Intervalle	Def

3.2 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

3.2.1 Description des performances à pleine charge

3.2.1.1 Matrice d'interpolation

La matrice définie au §10.21.3.4.1, p.747 de la méthode Th-BCE 2012, servant à interpoler le COP et la puissance absorbée Pabs, a été adaptée pour répondre aux spécificités du système PAC CO₂. La température θ_{aval} est la température d'eau froide en entrée de l'échangeur de la PAC :

			$\theta_{\text{amont}} (\text{°C})$				
			-7	2	7	20	35
		Priorité	3	4	1	2	5
		$\theta_{\text{aval}} (\text{°C})$	2	4			
10	2						
15	1						
20	3						
26	5						

La valeur pivot, repérée en vert, est définie à +7/15°C. Pour l'ensemble des valeurs saisies, la température de l'eau en sortie d'échangeur de la PAC doit être supérieure ou égale à 55°C.

3.2.1.2 Matrice de performance COP

La valeur pivot est issue de données :

- Certifiées : la valeur utilisée dans le calcul est la valeur certifiée par un organisme indépendant accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17065 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation, sur la base de la norme européenne en vigueur ou d'un référentiel de certification le cas échéant,
- Justifiées par un essai par un laboratoire indépendant et accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17025 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation sur la base de la norme européenne en vigueur ou d'un référentiel de certification : la valeur de calcul est égale à 0,9 x valeur justifiée,
- Déclarée : la valeur utilisée dans le calcul est égale à MIN(0,8 x Valeur déclarée, Val_util_max),
- Par défaut : la valeur utilisée dans le calcul est égale à 0,8 x Val_util_max.

Val_util_max est définie égale à 2,2.

Les autres valeurs de la matrice sont issues de données :

- Certifiées : la valeur utilisée dans le calcul est la valeur certifiée par un organisme indépendant accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17065 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation, sur la base de la norme européenne en vigueur ou d'un référentiel de certification le cas échéant,
- Justifiées par un essai par un laboratoire indépendant et accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17025 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation sur la base de la norme européenne en vigueur ou d'un référentiel de certification : la valeur de calcul est égale à 0,9 x valeur justifiée,
- Par défaut : calculées à l'aide de coefficients de correction Cnn explicités ci-après.

Coefficients de correction Cnn

Pour θ_{amont} , les coefficients de correction en fonction de la température à la source sont pris identiques à ceux définis par la méthode Th-BCE 2012 (§10.21.3.4.1.1.2, p748). Pour θ_{aval} , le coefficient de correction à une température aval $X^{\circ}\text{C}$ est recalculé de la manière suivante :

$$C_{\text{nav_COP}}(X, 15) = 1 + 0,02 \times (15 - X) \quad (1)$$

Les coefficients de correction obtenus ainsi sont les suivants :

		$\theta_{\text{amont}} (^{\circ}\text{C})$					
		-7	2	7	20	35	
		Priorité	3	4	1	2	5
$\theta_{\text{aval}} (^{\circ}\text{C})$	2	4			1,26		
	10	2			1,10		
	15	1	0,50	0,80	1,00	1,25	1,50
	20	3			0,90		
	26	5			0,78		

3.2.1.3 Matrice des puissances absorbées

La valeur pivot est issue de données :

- Certifiées : la valeur utilisée dans le calcul est la valeur certifiée par un organisme indépendant accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17065 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation, sur la base de la norme européenne en vigueur ou d'un référentiel de certification le cas échéant,
- Justifiées par un essai par un laboratoire indépendant et accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17025 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation sur la base de la norme européenne en vigueur ou d'un référentiel de certification : la valeur de calcul est égale à la valeur justifiée saisie,
- Déclarée : la valeur utilisée dans le calcul est égale à la valeur déclarée saisie,

Les autres valeurs de la matrice sont issues de données :

- Certifiées : la valeur utilisée dans le calcul est la valeur certifiée par un organisme indépendant accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17065 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation, sur la base de la norme européenne en vigueur ou d'un référentiel de certification le cas échéant,
- Justifiées par un essai par un laboratoire indépendant et accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17025 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation sur la base de la norme européenne en vigueur ou d'un référentiel de certification : la valeur de calcul est égale à la valeur justifiée saisie,
- Par défaut : calculées à l'aide de coefficients de correction Cnn explicités ci-après.

Coefficients de correction Cnn

Pour θ_{amont} , les coefficients de correction en fonction de la température à la source sont pris identiques à ceux définis par la méthode Th-BCE 2012 (§10.21.3.4.1.2.1, p748). Pour θ_{aval} , le coefficient de correction à une température aval X°C est recalculé de la manière suivante :

$$C_{\text{nav_Pabs}}(X, 15) = 1 + 0,01 \times (15 - X) \quad (2)$$

Les coefficients de correction obtenus ainsi sont les suivants :

		$\theta_{\text{amont}} \text{ (}^\circ\text{C)}$					
		-7	2	7	20	35	
		Priorité	3	4	1	2	5
$\theta_{\text{aval}} \text{ (}^\circ\text{C)}$	2	4			1,13		
	10	2			1,05		
	15	1	0,86	0,95	1,00	1,13	1,28
	20	3			0,95		
	26	5			0,89		

3.2.2 Calcul du COP et de la Pabs pour le couple $\theta_{\text{amont}} / \theta_{\text{aval}}$ au pas de temps h

Les valeurs du COP et de la Pabs à pleine charge pour le couple $\theta_{\text{amont}} / \theta_{\text{aval}}$ au pas de temps courant sont calculées par interpolation conformément à la méthode décrite aux paragraphes 10.21.3.3.1.1.3, p.724 à 725, et 10.21.3.3.1.2.2, p.726 de la méthode Th-BCE 2012.

Cette interpolation est notée dans le schéma présenté au §3.3 :

- ValCOP($\theta_{\text{aval}} ; \theta_{\text{amont}}$) pour le COP,
- ValPabs($\theta_{\text{aval}} ; \theta_{\text{amont}}$) pour la puissance absorbée.

3.2.3 Calcul de la puissance des auxiliaires

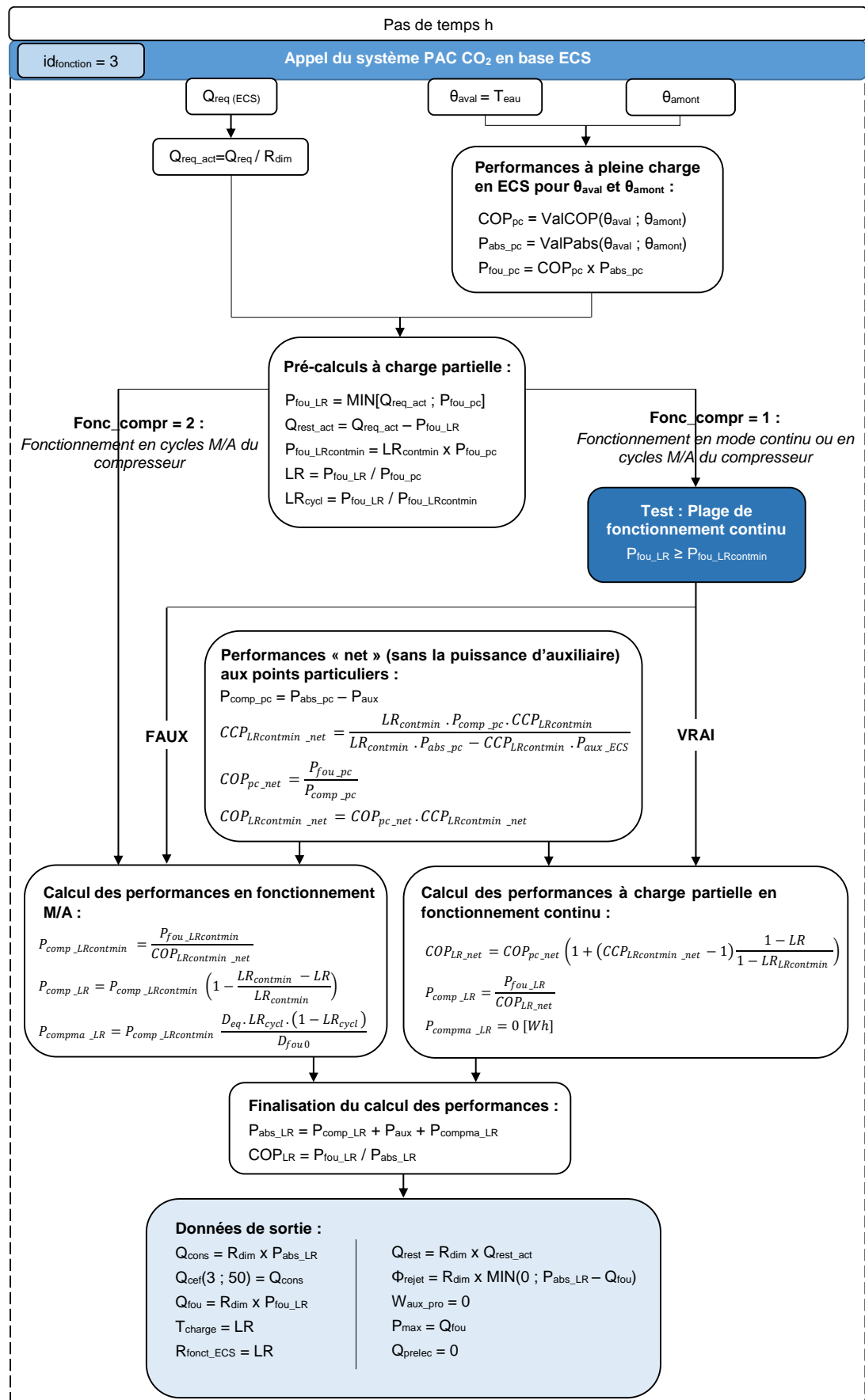
La puissance des auxiliaires, Paux (W), est calculée conformément à la méthode de calcul Th-BCE 2012 à partir de la part de la puissance électrique des auxiliaires dans la puissance électrique totale, Taux :

$$P_{\text{aux}} = P_{\text{abs_pivot}} \times T_{\text{aux}} \quad (3)$$

Le statut de la valeur de Taux (Statut_Taux) peut correspondre aux trois cas suivants :

- 1) Valeur certifiée : la valeur du Taux est entrée par l'utilisateur et utilisée telle quelle dans le calcul,
- 2) Valeur justifiée : la valeur du Taux est entrée par l'utilisateur et pénalisée de 10% dans le calcul,
- 3) Valeur par défaut : la valeur du Taux est prise égale à 0,02.

3.3 ALGORITHME DE PRISE EN COMPTE AU PAS HORAIRE



3.4 PROCEDURE D'APPLICATION

3.4.1 Production stockage

Avant de saisir le système PAC CO₂, l'utilisateur doit intégrer à la génération une production stockage ayant les caractéristiques suivantes :

- 1) *Fonction du générateur* : ECS (Id_Fou_Sto=3),
- 2) *Indice de priorité en ECS* : selon projet (Idpriorite_Ecs),
- 3) *Type de stockage* : Base sans appoint (Type_prod_stockage=0),
- 4) *Nombre d'assemblage strictement identique* : selon projet (nb_assembl),
- 5) *Volume total du ou des ballons* : selon projet (V_tot),
- 6) *Choix du type de valeur pour le coefficient de perte thermique du ballon* : selon projet (Valeur_Certifiee_Justifiee_Defaut),
- 7) *Nature du ballon si perte thermique par défaut* : 5 (Nature_Ballon),
- 8) *Coefficient de pertes thermiques du ballon* : selon projet (UA_S),
- 9) *Température maximale du ballon* : 90°C (Theta_Max),
- 10) *Type de gestion du thermostat du ballon de stockage d'ECS* : Chauffage permanent (type_gest_th_base=0),
- 11) *Choix du type de valeur pour l'hystérésis du ballon* : selon projet (Statut_Delta_Theta_Base),
- 12) *Hystérésis du thermostat du ballon (si Statut_Delta_Theta_Base=1)* : selon projet (Delta_Theta_Base),
- 13) *Hauteur (relative) de l'échangeur du générateur de base* : 0 (hech_base),
- 14) *Numéro de la zone qui contient le système de régulation de la base* : 1 (z_reg_base).

3.4.2 Source ballon base de type PAC CO2

Les caractéristiques à renseigner par l'utilisateur suivant le projet sont les suivantes :

- 1) *Nom du composant* : selon projet (Name),
- 2) *Nombre de générateurs identiques* : selon projet (Rdim),
- 3) *Identifiant de la source amont* : selon projet (Id_Source_Amont),
- 4) *Statut des données concernant l'existence de performances certifiées ou mesurées* : selon fournisseur (Statut_Donnee),
- 5) *Valeurs des températures aval (si Statut_Donnee=1)* : selon fournisseur (Theta_Aval),
- 6) *Valeurs des températures amont (si Statut_Donnee=1)* : selon fournisseur (Theta_Amont),
- 7) *Matrice des performances COP (si Statut_Donnee=1)* : selon fournisseur (Performance),
- 8) *Matrice des puissances absorbées (si Statut_Donnee=1)* : selon fournisseur (Pabs),
- 9) *Matrice des indicateurs de certification (si Statut_Donnee=1)* : selon fournisseur (COR),
- 10) *Statut de la valeur pivot (si Statut_Donnee=2)* : selon fournisseur (Statut_Val_Pivot),
- 11) *Valeur pivot déclarée de la performance (si Statut_Donnee=2 & Statut_Val_Pivot=1)* : selon fournisseur (Val_Cop),
- 12) *Valeur pivot déclarée de la puissance absorbée (si Statut_Donnee=2 & Statut_Val_Pivot=1)* : selon fournisseur (Val_Pabs),
- 13) *Statut de la définition des performances à charge partielle* : selon fournisseur (Statut_Fonct_Part),
- 14) *Type de fonctionnement du compresseur (si Statut_Fonct_Part=1)* : selon fournisseur (Fonctionnement_Compresseur),
- 15) *Statut des valeurs utilisées pour paramétrer le fonctionnement continu (si Statut_Fonct_Part=1 & Fonctionnement_Compresseur=1)* : selon fournisseur (Statut_Fonctionnement_Continu),
- 16) *Taux minimal de charge en fonctionnement continu (si Statut_Fonct_Part=1 & Fonctionnement_Compresseur=1 & Statut_Fonctionnement_Continu≠0)* : selon fournisseur (LRcontmin),
- 17) *Correction de performance en fonction de la charge LRcontmin (si Statut_Fonct_Part=1 & Fonctionnement_Compresseur=1 & Statut_Fonctionnement_Continu≠0)* : selon fournisseur (CCP_LRcontmin),
- 18) *Statut du Taux* : selon fournisseur (Statut_Taux),
- 19) *Taux (si Statut_Taux≠2)* : selon fournisseur (Taux).