

Aménagement, nature

MINISTÈRE DE L'ÉGALITÉ DES TERRITOIRES
ET DU LOGEMENT

Direction de l'habitat, de l'urbanisme
et des paysages

Arrêté du 1^{er} juillet 2013 relatif à l'agrément de la demande de titre V relative à la prise en compte du système « PAC à compression entraînée par un moteur thermique alimenté au gaz naturel » dans la réglementation thermique 2012

NOR : ETL1315298A

(Texte non paru au *Journal officiel*)

La ministre de l'égalité des territoires et du logement et la ministre de l'écologie, du développement durable et de l'énergie,

Vu la directive 2010/31/UE du Parlement européen et du Conseil en date du 19 mai 2010 sur la performance énergétique des bâtiments (refonte) ;

Vu le code de la construction et de l'habitation, notamment ses articles L. 111-9 et R. 111-20 ;

Vu l'arrêté du 26 octobre 2010 relatif aux caractéristiques thermiques et aux exigences de performance énergétique des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiments ;

Vu l'arrêté du 20 juillet 2011 portant approbation de la méthode de calcul Th-B-C-E prévue aux articles 4, 5 et 6 de l'arrêté du 26 octobre 2010 relatif aux caractéristiques thermiques et aux exigences de performance énergétique des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiments ;

Vu l'arrêté du 28 décembre 2012 relatif aux caractéristiques thermiques et aux exigences de performance énergétique des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiments autres que ceux concernés par l'article 2 du décret du 26 octobre 2010 relatif aux caractéristiques thermiques et à la performance énergétique des constructions,

Arrêtent :

Article 1^{er}

Conformément à l'article 50 de l'arrêté du 26 octobre 2010 susvisé et à l'article 40 de l'arrêté du 28 décembre 2012 susvisé, le mode de prise en compte du système « PAC à compression entraînée par un moteur thermique alimenté au gaz naturel », dans la méthode de calcul Th-B-C-E 2012, définie par l'arrêté du 20 juillet 2011 susvisé, est agréé selon les conditions d'application définies en annexe.

Article 2

Le directeur de l'habitat, de l'urbanisme et des paysages et le directeur général de l'énergie et du climat sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent arrêté, qui sera publié au *Bulletin officiel* du ministère de l'égalité des territoires et du logement et du ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie.

Fait le 1^{er} juillet 2013.

Pour les ministres et par délégation :

*La sous-directrice de la qualité
et du développement durable
dans la construction,*
K. NARCY

*Le directeur général de l'énergie
et du climat,*
L. MICHEL

ANNEXE

MODALITÉS DE PRISE EN COMPTE DES PAC À COMPRESSION ENTRAÎNÉES PAR UN MOTEUR THERMIQUE ALIMENTÉ AU GAZ NATUREL DANS LA RÉGLEMENTATION THERMIQUE 2012

1. Définition d'une PAC à compression entraînée par un moteur thermique alimenté au gaz naturel

Au sens du présent arrêté, une PAC à compression entraînée par un moteur thermique alimenté au gaz naturel (GHP) est de type air extérieur-eau et permet la production de chauffage et/ou de refroidissement. Elle fournit tout ou partie des besoins de chauffage et/ou de refroidissement, elle peut également fournir de l'eau à haute température pour assurer les besoins d'ECS avec l'aide d'un appoint.

Lorsque le moteur thermique de la PAC à compression gaz est en fonctionnement, de la chaleur est dissipée dans son circuit de refroidissement et par ses produits de combustion. Il est possible de récupérer cette énergie perdue et de l'exploiter pour plusieurs usages, suivant la température extérieure et les conditions de fonctionnement de la PAC. Elle permet :

- de maintenir la puissance utile pour toute température d'air extérieur ;
- d'améliorer les performances du cycle frigorifique en assurant l'appoint de la source froide (sub-évaporateur) ;
- de produire de l'ECS lorsque la PAC assure tout ou partie des besoins de chauffage ou de refroidissement. Le complément sera alors produit par les autres générateurs de la génération d'ECS qui n'auront plus à satisfaire l'ensemble des besoins en ECS.

Le choix de l'usage (chauffage ou ECS) qui sera fait de l'énergie récupérée se fait au moment de l'installation du générateur et ne peut plus être modifié par la suite.

2. Domaine d'application

La présente méthode s'applique à l'ensemble des bâtiments, excepté les maisons individuelles, qui ont une surface utile de plus de 500 m² et qui sont équipés d'au maximum 10 PAC à compression par moteur gaz.

Dans le cas où la ou les PAC à compression par moteur gaz permettent une production d'ECS indirecte, la présence d'un élément de stockage ECS et d'un appoint pouvant répondre à la totalité des besoins d'ECS est obligatoire. Si la production indirecte d'ECS de la PAC à compression par moteur gaz se fait à des températures supérieures à 55 °C, cette production indirecte d'ECS peut être associée à tout autre générateur d'ECS placé en base ou en appoint au sens de la méthode Th-BCE.

3. Méthode de prise en compte dans les calculs pour la partie non directement modélisable

3.1. Méthodologie générale

La figure 1 présente dans un logigramme le principe général de la méthode proposée en fonction de la production d'ECS par les PAC.

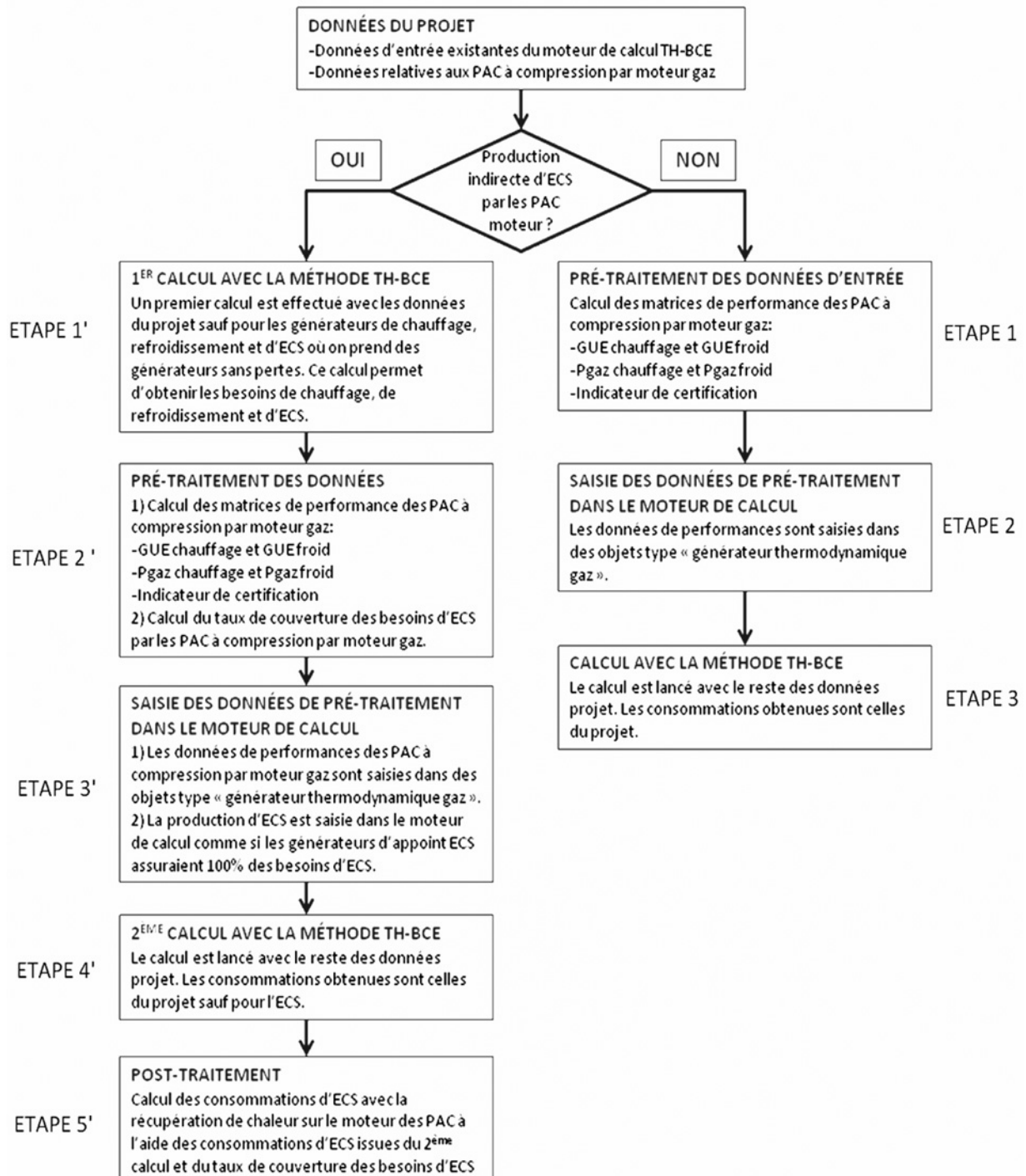


Figure 1: logigramme de présentation de la méthode à suivre pour appliquer ce titre V

3.2. Détermination de la performance des PAC à compression par moteur gaz sans production d'ECS

3.2.1. Calcul des matrices de performance en chauffage et refroidissement sans la récupération de chaleur sur le moteur

Cette méthode permet de calculer les performances des systèmes thermodynamiques à compression par moteur gaz en fonctionnement chauffage et en fonctionnement refroidissement.

En fonction de la puissance requise par l'émetteur ou par le réseau de distribution, les valeurs calculées sont :

- GUE_{ch} ou GUE_{fr} ;
- puissance gaz absorbée pour la ou les fonctions principales (chauffage et ECS) ;
- puissance électrique absorbée par les auxiliaires ;
- la production d'ENR.

La PAC à compression par moteur gaz est modélisée comme une PAC à absorption gaz de type air extérieur-eau (réversible si la PAC moteur assure tout ou partie des besoins de chauffage et de refroidissement et non réversible si la PAC moteur assure tout ou partie des besoins de chauffage ou de refroidissement). Les matrices de performances sont remplies à l'aide d'un prétraitement afin d'adapter les conditions de mesures des essais des PAC moteur aux données exigées par les matrices des PAC à absorption gaz.

Détermination de GUE_{ch} et GUE_{fr}

Chaque matrice est construite autour d'une « valeur pivot », valeur correspondant aux conditions nominales de sources. En chauffage, la valeur pivot est celle avec $T_{amont} = 7\text{ °C}$ et $T_{aval} = 32,5\text{ °C}$. En refroidissement la valeur pivot est celle avec $T_{amont} = 35\text{ °C}$ et $T_{aval} = 9,5\text{ °C}$.

La valeur pivot ($GUE_{ch\ pivot}$) 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 45011 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 du projet de référentiel NF 4146 – Rev 5 Pr 3 (NF PAC) – Partie 9 – Annexe E ;
- 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 du projet de référentiel NF 414 – Rev 5 P, 3 (NF PAC) – Partie 9 – Annexe E : la valeur de calcul est égale à $0,9 * \text{valeur justifiée}$;
- déclarée : la valeur utilisée dans le calcul est égale à $\min(0,8 * \text{Valeur déclarée}, \text{Val}_{util_max})$;
- par défaut : la valeur utilisée dans le calcul est égale à $(0,8 * \text{Val}_{util_max})$. Val_{util_max} est définie égale à 1,3 pour le GUE chauffage et 1,0 pour le GUE refroidissement.

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 45011 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 du projet de référentiel NF 414 – Rev 5 Pr 3 (NF PAC) – Partie 9 – Annexe E ;
- justifiées par un essai effectué 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 du projet de référentiel NF 414 – Rev 5 Pr 3 (NF PAC) – Partie 9 – Annexe E : la valeur de calcul est égale à $0,9 * \text{valeur justifiée}$;
- par défaut : les valeurs de calcul sont égales à celles calculées à l'aide des ratios suivants :

Pour la matrice en chauffage :

T_{amont}	Cnam_GUE_ch
20/7	1,25
2/7	0,81
- 7/2	0,61
- 15/- 7	0,78

T_{aval}	Cnav_GUE_ch
30/35	1,10
35/45	1,26
50/45	0,88
60/50	0,78

Le calcul est mené en commençant par l'impact des températures amont, puis par celui des températures aval.

Attention : les Cnn partent de la T amont ou aval pivot et évoluent de proche en proche. Ils ne sont donc pas toujours rapportés à cette dernière.

1. La colonne contenant la valeur pivot est complétée en premier :

- si $\{\text{ValGUEch}(4,2)\} = 0$
 $\{\text{ValGUEch}(4,2)\} = \{\text{ValGUEch}(4,3)\} * \text{Cnnav_GUEch}(35, 45)$
 si $\{\text{ValGUEch}(4,1)\} = 0$
 $\{\text{ValGUEch}(4,1)\} = \{\text{ValGUEch}(4,2)\} * \text{Cnnav_GUEch}(30, 35)$
 si $\{\text{ValGUEch}(4,4)\} = 0$
 $\{\text{ValGUEch}(4,4)\} = \{\text{ValGUEch}(4,3)\} * \text{Cnnav_GUEch}(50, 45)$
 si $\{\text{ValGUEch}(4,5)\} = 0$
 $\{\text{ValGUEch}(4,5)\} = \{\text{ValGUEch}(4,4)\} * \text{Cnnav_GUEch}(60, 50)$

2. Les lignes sont complétées :

Pour l'ign allant de 1 à N_aval,

- si $\{\text{ValGUEch}(3, \text{lign})\} = 0$
 $\{\text{ValGUEch}(3, \text{lign})\} = \{\text{ValGUEch}(4, \text{lign})\} * \text{Cnnam_GUEch}(2, 7)$
 si $\{\text{ValGUEch}(2, \text{lign})\} = 0$
 $\{\text{ValGUEch}(2, \text{lign})\} = \{\text{ValGUEch}(3, \text{lign})\} * \text{Cnnam_GUEch}(-7, 2)$
 si $\{\text{ValGUEch}(1, \text{lign})\} = 0$
 $\{\text{ValGUEch}(1, \text{lign})\} = \{\text{ValGUEch}(2, \text{lign})\} * \text{Cnnam_GUEch}(-15, -7)$
 si $\{\text{ValGUEch}(5, \text{lign})\} = 0$
 $\{\text{ValGUEch}(5, \text{lign})\} = \{\text{ValGUEch}(4, \text{lign})\} * \text{Cnnam_GUEch}(20, 7)$

Pour la matrice en refroidissement :

T _{amont}	Cnn_GUE_fr _{amont}
45/35	0,71
25/35	1,18
15/25	0,82
5/15	0,78

T _{aval}	Cnn_GUE_fr _{aval}
4/9,5	0,90
15/9,5	1,08
20,5/15	1,07
26/20,5	1,06

Le calcul est mené en commençant par l'impact des températures amont, puis par celui des températures aval selon la même méthodologie que pour la matrice de chauffage.

1. La colonne contenant la valeur pivot est complétée en premier :

- si $\{\text{ValGUEfr}(4,1)\} = 0$
 $\{\text{ValGUEfr}(4,1)\} = \{\text{ValGUEfr}(4,2)\} * \text{Cnnav_GUEfr}(4, 9.5)$
 si $\{\text{ValGUEfr}(4,3)\} = 0$
 $\{\text{ValGUEfr}(4,3)\} = \{\text{ValGUEfr}(4,2)\} * \text{Cnnav_GUEfr}(15, 9.5)$
 si $\{\text{ValGUEfr}(4,4)\} = 0$
 $\{\text{ValGUEfr}(4,4)\} = \{\text{ValGUEfr}(4,3)\} * \text{Cnnav_GUEfr}(20.5, 15)$
 si $\{\text{ValGUEfr}(4,5)\} = 0$
 $\{\text{ValGUEfr}(4,5)\} = \{\text{ValGUEfr}(4,4)\} * \text{Cnnav_GUEfr}(26, 20.5)$

2. Les lignes sont complétées :

Pour l'ign allant de 1 à N_aval,

si {ValGUEfr(3, lalign)} = 0
 {ValGUEfr(3, lalign)} = {ValGUEfr(4, lalign)} * Cnnam_GUEfr(25, 35)
 si {ValGUEfr(2, lalign)} = 0
 {ValGUEfr(2, lalign)} = {ValGUEfr(3, lalign)} * Cnnam_GUEfr(15, 25)
 si {ValGUEfr(1, lalign)} = 0
 {ValGUEfr(1, lalign)} = {ValGUEfr(2, lalign)} * Cnnam_GUEfr(5, 15)
 si {ValGUEfr(5, lalign)} = 0
 {ValGUEfr(5, lalign)} = {ValGUEfr(4, lalign)} * Cnnam_GUEfr(45, 35)

Détermination de la puissance absorbée

On obtient les valeurs pivot des puissances absorbées grâce aux formules :

$$P_{\text{abs_ch}} = \frac{P_{\text{calo}}}{GUE_{\text{ch}}}$$

Où :

- GUE_{ch} = rendement d'utilisation du gaz en mode chauffage défini ci-dessus ;
- P_{calo} = puissance calorifique

$$P_{\text{abs_fr}} = \frac{P_{\text{calo}}}{GUE_{\text{fr}}}$$

Où :

- GUE_{fr} = rendement d'utilisation du gaz en mode chauffage défini ci-dessus ;
- P_{calo} = puissance calorifique.

Les puissances absorbées mesurées doivent correspondre aux cas fournis pour les valeurs des GUE. En chauffage, la valeur $T_{\text{amont}} = 7\text{ °C}$, $T_{\text{aval}} = 32,5\text{ °C}$ est donc obligatoirement fournie. En refroidissement, la puissance gaz pour $T_{\text{amont}} = 35\text{ °C}$ et $T_{\text{aval}} = 9,5\text{ °C}$ est obligatoirement fournie.

À l'instar des GUE, les puissances absorbées en conditions non nominales à pleine charge peuvent résulter d'essais ou de valeurs par défaut calculées à partir des ratios suivants :

En mode chauffage :

T_{amont}	Cnnam_Pabsch
20/7	0,94
2/7	1,13
- 7/2	1,20
- 15/- 7	1,07

T_{aval}	Cnnav_Pabsch
30/35	0,96
35/45	0,86
50/45	1,07
60/50	1,12

Attention : les Cnn partent de la T amont ou aval pivot et évoluent de proche en proche. Ils ne sont donc pas toujours rapportés à cette dernière.

1. La colonne contenant la valeur pivot est complétée en premier :

si {ValPabsch(4,2)} = 0
 {ValPabsch (4,2)} = {ValPabsch (4,3)} * Cnnav_Pabsch(35, 45)
 si {ValPabsch (4,1)} = 0

$\{ValPabsch(4,1)\} = \{ValPabsch(4,2)\} * Cnnav_Pabsch(30, 35)$
 si $\{ValPabsch(4,4)\} = 0$
 $\{ValPabsch(4,4)\} = \{ValPabsch(4,3)\} * Cnnav_Pabsch(50, 45)$
 si $\{ValPabsch(4,5)\} = 0$
 $\{ValPabsch(4,5)\} = \{ValPabsch(4,4)\} * Cnnav_Pabsch(60, 50)$

2. Les lignes sont complétées :

Pour $lign$ allant de 1 à N_aval ,

si $\{ValPabsch(3,lign)\} = 0$
 $\{ValPabsch(3,lign)\} = \{ValPabsch(4,lign)\} * Cnnav_Pabsch(2, 7)$
 si $\{ValPabsch(2,lign)\} = 0$
 $\{ValPabsch(2,lign)\} = \{ValPabsch(3,lign)\} * Cnnav_Pabsch(- 7, 2)$
 si $\{ValPabsch(1,lign)\} = 0$
 $\{ValPabsch(1,lign)\} = \{ValPabsch(2,lign)\} * Cnnav_Pabsch(- 15, - 7)$
 si $\{ValPabsch(5,lign)\} = 0$
 $\{ValPabsch(5,lign)\} = \{ValPabsch(4,lign)\} * Cnnav_Pabsch(20, 7)$

Pour la matrice en refroidissement :

T_{amont}	$Cnnav_Pabsfr$
45/35	1,15
25/35	0,86
15/25	0,88
5/15	0,90

T_{aval}	$Cnnav_Pabsfr$
4/9,5	0,95
15/9,5	1,05
20,5/15	1,05
26/20,5	1,05

Attention : les Cnn partent de la T amont ou aval pivot et évoluent de proche en proche. Ils ne sont donc pas toujours rapportés à cette dernière. La méthode de détermination de la matrice de refroidissement est la même qu'en mode chauffage ci-dessus.

1. La colonne contenant la valeur pivot est complétée en premier :

si $\{ValPabs(4,1)\} = 0$
 $\{ValPabs(4,1)\} = \{ValPabs(4,2)\} * Cnnav_Pabs(4, 9.5)$
 si $\{ValPabs(4,3)\} = 0$
 $\{ValPabs(4,3)\} = \{ValPabs(4,2)\} * Cnnav_Pabs(15, 9.5)$
 si $\{ValPabs(4,4)\} = 0$
 $\{ValPabs(4,4)\} = \{ValPabs(4,3)\} * Cnnav_Pabs(20.5, 15)$
 si $\{ValPabs(4,5)\} = 0$
 $\{ValPabs(4,5)\} = \{ValPabs(4,4)\} * Cnnav_Pabs(26, 20.5)$

2. Les lignes sont complétées :

Pour $lign$ allant de 1 à N_aval ,

si $\{ValPabs(3,lign)\} = 0$
 $\{ValPabs(3,lign)\} = \{ValPabs(4,lign)\} * Cnnav_Pabs(25, 35)$
 si $\{ValPabs(2,lign)\} = 0$
 $\{ValPabs(2,lign)\} = \{ValPabs(3,lign)\} * Cnnav_Pabs(15, 25)$
 si $\{ValPabs(1,lign)\} = 0$
 $\{ValPabs(1,lign)\} = \{ValPabs(2,lign)\} * Cnnav_Pabs(5, 15)$
 si $\{ValPabs(5,lign)\} = 0$
 $\{ValPabs(5,lign)\} = \{ValPabs(4,lign)\} * Cnnav_Pabs(45, 35)$

Détermination de la puissance électrique absorbée

La valeur pivot des puissances des auxiliaires doit correspondre aux cas fournis pour les valeurs des GUE. En chauffage, la valeur $T_{\text{amont}} = 7\text{ °C}$, $T_{\text{aval}} = 32,5\text{ °C}$ est donc obligatoirement fournie. En refroidissement, la puissance gaz pour $T_{\text{amont}} = 35\text{ °C}$ et $T_{\text{aval}} = 9,5\text{ °C}$ est obligatoirement fournie.

À l'instar des GUE, les puissances des auxiliaires en conditions non nominales à pleine charge peuvent résulter d'essais ou de valeurs par défaut calculées à partir des ratios suivants :

En mode chauffage :

T_{amont}	Cnnav_Pauxch
20/7	1
2/7	1
- 7/2	1
- 15/- 7	1

T_{aval}	Cnnav_Pauxch
30/35	1
35/45	1
50/45	1
60/50	1

Attention : les Cnn partent de la T amont ou aval pivot et évoluent de proche en proche. Ils ne sont donc pas toujours rapportés à cette dernière.

1. La colonne contenant la valeur pivot est complétée en premier :

si $\{\text{ValPauxch}(4,2)\} = 0$

$\{\text{ValPauxch}(4,2)\} = \{\text{ValPauxch}(4,3)\} * \text{Cnnav_Pauxch}(35, 45)$

si $\{\text{ValPauxch}(4,1)\} = 0$

$\{\text{ValPauxch}(4,1)\} = \{\text{ValPauxch}(4,2)\} * \text{Cnnav_Pauxch}(30, 35)$

si $\{\text{ValPauxch}(4,4)\} = 0$

$\{\text{ValPauxch}(4,4)\} = \{\text{ValPauxch}(4,3)\} * \text{Cnnav_Pauxch}(50, 45)$

si $\{\text{ValPauxch}(4,5)\} = 0$

$\{\text{ValPauxch}(4,5)\} = \{\text{ValPauxch}(4,4)\} * \text{Cnnav_Pauxch}(60, 50)$

2. Les lignes sont complétées :

Pour l_{lign} allant de 1 à N_{aval},

si $\{\text{ValPauxch}(3,l_{\text{lign}})\} = 0$

$\{\text{ValPauxch}(3,l_{\text{lign}})\} = \{\text{ValPauxch}(4,l_{\text{lign}})\} * \text{Cnnav_Pauxch}(2, 7)$

si $\{\text{ValPauxch}(2,l_{\text{lign}})\} = 0$

$\{\text{ValPauxch}(2,l_{\text{lign}})\} = \{\text{ValPauxch}(3,l_{\text{lign}})\} * \text{Cnnav_Pauxch}(- 7, 2)$

si $\{\text{ValPauxch}(1,l_{\text{lign}})\} = 0$

$\{\text{ValPauxch}(1,l_{\text{lign}})\} = \{\text{ValPauxch}(2,l_{\text{lign}})\} * \text{Cnnav_Pauxch}(- 15, - 7)$

si $\{\text{ValPauxch}(5,l_{\text{lign}})\} = 0$

$\{\text{ValPauxch}(5,l_{\text{lign}})\} = \{\text{ValPauxch}(4,l_{\text{lign}})\} * \text{Cnnav_Pauxch}(20, 7)$

Pour la matrice en refroidissement :

T_{amont}	Cnnav_Pauxfr
45/35	1
25/35	0,92
15/25	0,61
5/15	1

T _{aval}	Cnnav_Pauxfr
4/9,5	1
15/9,5	1
20,5/15	1
26/20,5	1

Attention : les Cnn partent de la T_{amont} ou aval pivot et évoluent de proche en proche. Ils ne sont donc pas toujours rapportés à cette dernière. La méthode de détermination de la matrice de refroidissement est la même qu'en mode chauffage ci-dessus.

1. La colonne contenant la valeur pivot est complétée en premier :

- si {ValPaux(4,1)} = 0
 {ValPaux(4,1)} = {ValPaux(4,2)} * Cnnav_Paux(4, 9,5)
- si {ValPaux(4,3)} = 0
 {ValPaux(4,3)} = {ValPaux(4,2)} * Cnnav_Paux(15, 9,5)
- si {ValPaux(4,4)} = 0
 {ValPaux(4,4)} = {ValPaux(4,3)} * Cnnav_Paux(20,5, 15)
- si {ValPaux(4,5)} = 0
 {ValPaux(4,5)} = {ValPaux(4,4)} * Cnnav_Paux(26, 20,5)

2. Les lignes sont complétées :

Pour l_{lign} allant de 1 à N_{aval},

- si {ValPaux(3,l_{lign})} = 0
 {ValPaux(3,l_{lign})} = {ValPaux(4,l_{lign})} * Cnnam_Paux(25, 35)
- si {ValPaux(2,l_{lign})} = 0
 {ValPaux(2,l_{lign})} = {ValPaux(3,l_{lign})} * Cnnam_Paux(15, 25)
- si {ValPaux(1,l_{lign})} = 0
 {ValPaux(1,l_{lign})} = {ValPaux(2,l_{lign})} * Cnnam_Paux(5, 15)
- si {ValPaux(5, l_{lign})} = 0
 {ValPaux(5, l_{lign})} = {ValPaux(4,l_{lign})} * Cnnam_Paux(45, 35)

Détermination de la matrice de certification

COR_CH		T _{amont} (air extérieur)				
		15	- 7	2	7	20
T _{aval} (eau)	30	1	1	1	1	1
	35	1	1	1	1	1
	45	1	1	1	1	1
	50	1	1	1	1	1
	60	1	1	1	1	1

COR_FR		T _{amont} (air extérieur)				
		5	15	25	35	45
T _{aval} (eau)	4	1	1	1	1	1
	9,5	1	1	1	1	1
	15	1	1	1	1	1
	20,5	1	1	1	1	1
	26	1	1	1	1	1

Autres données d'entrée de l'objet « générateur thermodynamique gaz »

Les valeurs suivantes sont figées pour le calcul des consommations avec la GHP :

- rendement sur PCI de combustion du gaz en chauffage : 100 % ;
- pertes de la machine durant les phases arrêt en chauffage : 0 W ;
- rendement sur PCI de combustion du gaz en refroidissement : 100 % ;
- pertes de la machine durant les phases arrêt en refroidissement : 0 W.

Les autres valeurs nécessaires à la description de l'objet « générateur thermodynamique gaz » sont à renseigner par l'utilisateur.

3.2.2. Calcul des matrices de performance en chauffage
et refroidissement avec la récupération de chaleur sur le moteur

Lorsque le système thermodynamique à compression par moteur gaz permet la récupération de chaleur et est configuré pour que la chaleur récupérée du moteur améliore les performances en chauffage, les matrices de performances sont modifiées comme suit :

Fonction chauffage

L'énergie récupérable sur le moteur permet d'améliorer les performances de la PAC moteur gaz.

Soit $Maj_{GUE_pivot_ch}$ le gain de la récupération de chaleur sur les performances aux conditions pivot. $Maj_{GUE_pivot_ch}$ est une donnée d'entrée de la méthode proposée. Par défaut, on prend $Maj_{GUE_pivot_ch} = 0,09$. On a :

$$GUE'_{ch\ pivot} = GUE_{ch\ pivot} * (1 + \text{Min}(0,2; Maj_{GUE_pivot_ch}))$$

Pour déterminer les autres valeurs de la matrice, on utilise la méthode décrite au paragraphe 3.2.1 avec les nouveaux Cnn suivants :

T_{amont}	Cnn_GUE_ch amont
20/7	1,35
2/7	0,77
- 7/2	0,80
- 15/- 7	0,95

T_{aval}	Cnn_GUE_ch aval
30/35	1,08
35/45	1,22
50/45	0,90
60/50	0,84

Matrice des puissances gaz absorbées : Pabs

T_{amont}	Cnn_Pabs_ch amont
20/7	0,94
2/7	1,13
- 7/2	1,20
- 15/- 7	1,07

T_{aval}	Cnn_Pabs_ch aval
30/35	0,96
35/45	0,86
50/45	1,07
60/50	1,12

Matrice des puissances électriques absorbée des auxiliaires : Paux

T_{amont}	Cnn_Paux_ch amont
20/7	1
2/7	1
- 7/2	1
- 15/- 7	1

T_{aval}	Cnn_Paux_ch aval
30/35	1
35/45	1
50/45	1
60/50	1

Matrice des indicateurs de certification

COR_CH		T_{amont} (air extérieur)				
		- 15	- 7	2	7	20
T_{aval} (eau)	30	1	1	1	1	1
	35	1	1	1	1	1
	45	1	1	1	1	1
	50	1	1	1	1	1
	60	1	1	1	1	1

Fonction refroidissement

Il n'y a pas de modification des matrices de performances en mode refroidissement et du GUE pivot refroidissement. Les coefficients Cnn donnés du paragraphe 3.2.1 sont donc ceux à utiliser.

3.3. Calcul du taux de couverture annuel des besoins d'ECS par la récupération de chaleur pour l'ensemble des pompes à chaleur à compression par moteur gaz

Lorsque le moteur gaz de la PAC est en fonctionnement et que cette dernière est configurée pour la production d'ECS indirecte, de la chaleur est dissipée dans son circuit de refroidissement et est disponible sous certaines conditions pour faire de l'ECS. Cette production permet de réduire les besoins énergétiques.

Le mode de prise en compte de la production d'eau chaude sanitaire indirecte, avec stockage et appoint, par une pompe à chaleur à compression par moteur gaz naturel est donc effectué par une opération de prétraitement se décomposant de la façon suivante :

1. Un premier calcul est réalisé selon les règles Th-BCE non modifiées pour obtenir les besoins annuels de chauffage, de refroidissement et les besoins d'ECS en saison de chauffage et de refroidissement (étape 1').
2. Un prétraitement des données d'entrée permet de calculer, d'une part, le « taux de couverture des besoins d'ECS » par la récupération de chaleur et, d'autre part, le « ratio corrigé besoins d'ECS » assurés par un système de production aux besoins totaux de la zone (étape 2').
3. Un deuxième calcul est réalisé selon les règles Th-BCE modifiées selon le paragraphe 3.2 afin de calculer la consommation en énergie primaire et la production d'EnR du projet (étape 3' et étape 4').

4. Post traitement des consommations d'ECS (étape 5').

3.3.1. Premier calcul selon les règles Th-BCE non modifiées (étape 1')

Pour réaliser ce premier calcul, toutes les caractéristiques du projet de bâtiment, à l'exception des performances systèmes de génération, sont renseignées afin d'obtenir une génération de même type que celle du projet, mais sans pertes de génération.

Informations à renseigner pour réaliser le premier calcul

Pour le chauffage et/ou le refroidissement, est modélisé un système de chauffage et/ou de refroidissement par une pompe à chaleur sans perte de génération. Les systèmes d'émission et de distribution restent identiques à ceux du projet.

Génération :

- en cascade ;
- fonctionnement à la température moyenne de distribution des réseaux ;
- raccordement « avec isolement ».

Générateur :

- système : PAC à compression électrique réversible (ou non réversible si la ou les PAC moteur ne répondent qu'à un seul usage (1) : chauffage ou refroidissement), type air extérieur/eau ;
- source amont : type air extérieur et $P_{vent_gain} = 0 \text{ W}$;
- production stockage : ballon d'ECS alimenté par une résistance effet Joule.

Si la ou les pompes à chaleur à compression par moteur gaz ne répondent qu'à un seul des usages chauffage ou refroidissement, on choisira un profil de récupération de chaleur nul pour l'usage non rempli par la PAC moteur gaz (cf. § 3.3.2.5).

Chauffage

Matrice des performances : COP

COP		T_{amont} (air extérieur)				
		- 15	- 7	2	7	20
T_{aval} (eau)	30	1	1	1	1	1
	35	1	1	1	1	1
	45	1	1	1	1	1
	50	1	1	1	1	1
	60	1	1	1	1	1

Matrice des puissances électriques absorbées : Pabs

PUISSANCE ABSORBÉE		T_{amont} (air extérieur)				
		- 15	- 7	2	7	20
T_{aval} (eau)	30	$P_{n_ch_tot}$	$P_{n_ch_tot}$	$P_{n_ch_tot}$	$P_{n_ch_tot}$	$P_{n_ch_tot}$
	35	$P_{n_ch_tot}$	$P_{n_ch_tot}$	$P_{n_ch_tot}$	$P_{n_ch_tot}$	$P_{n_ch_tot}$
	45	$P_{n_ch_tot}$	$P_{n_ch_tot}$	$P_{n_ch_tot}$	$P_{n_ch_tot}$	$P_{n_ch_tot}$
	50	$P_{n_ch_tot}$	$P_{n_ch_tot}$	$P_{n_ch_tot}$	$P_{n_ch_tot}$	$P_{n_ch_tot}$
	60	$P_{n_ch_tot}$	$P_{n_ch_tot}$	$P_{n_ch_tot}$	$P_{n_ch_tot}$	$P_{n_ch_tot}$

(1) Si la ou les GHP ne répondent qu'à un seul des usages chauffage ou refroidissement, on choisira un profil de récupération de chaleur nul pour l'usage non rempli par la PAC moteur gaz.

Où : Pn_{ch_tot} = puissance utile nominale en mode chauffage de la génération (somme des puissances utiles nominales de l'ensemble des générateurs de chauffage)

Matrice des indicateurs de certification

COR_CH		T_{amont} (air extérieur)				
		- 15	- 7	2	7	20
T_{aval} (eau)	30	1	1	1	1	1
	35	1	1	1	1	1
	45	1	1	1	1	1
	50	1	1	1	1	1
	60	1	1	1	1	1

Refroidissement

Matrice des performances : EER

EER		T_{amont} (air extérieur)				
		5	15	25	35	45
T_{aval} (eau)	4	1	1	1	1	1
	9,5	1	1	1	1	1
	15	1	1	1	1	1
	20,5	1	1	1	1	1
	26	1	1	1	1	1

Matrice des puissances électriques absorbées : Pabs

PUISSANCE ABSORBÉE		T_{amont} (air extérieur)				
		5	15	25	35	45
T_{aval} (eau)	4	Pn_{Fr_tot}	Pn_{Fr_tot}	Pn_{Fr_tot}	Pn_{Fr_tot}	Pn_{Fr_tot}
	9,5	Pn_{Fr_tot}	Pn_{Fr_tot}	Pn_{Fr_tot}	Pn_{Fr_tot}	Pn_{Fr_tot}
	15	Pn_{Fr_tot}	Pn_{Fr_tot}	Pn_{Fr_tot}	Pn_{Fr_tot}	Pn_{Fr_tot}
	20,5	Pn_{Fr_tot}	Pn_{Fr_tot}	Pn_{Fr_tot}	Pn_{Fr_tot}	Pn_{Fr_tot}
	26	Pn_{Fr_tot}	Pn_{Fr_tot}	Pn_{Fr_tot}	Pn_{Fr_tot}	Pn_{Fr_tot}

Où : Pn_{Fr_tot} = puissance utile nominale en mode refroidissement de la génération (somme des puissances utiles nominales de l'ensemble des générateurs de refroidissement)

Matrice des indicateurs de certification

COR_FR		T_{amont} (air extérieur)				
		5	15	25	35	45
T_{aval} (eau)	4	1	1	1	1	1
	9,5	1	1	1	1	1
	15	1	1	1	1	1

COR_FR		T _{amont} (air extérieur)				
		5	15	25	35	45
	20,5	1	1	1	1	1
	26	1	1	1	1	1

Limite sur les températures de sources : pas de limite par rapport aux températures de source.

Fonctionnement à charge partielle :

- fonctionnement continu du compresseur ou en cycles marche/arrêt ;
- valeurs certifiées ;
- taux de charge minimal en fonctionnement continu : 0,01 ;
- correction de performance à charge minimale : 1.

Auxiliaires : part de la puissance électrique des auxiliaires dans la puissance électrique totale :
taux = 0.

ECS : pour l'ECS, un ballon électrique de puissance équivalente à la puissance ECS réelle est modélisé avec un volume égal au volume réel du projet et une constante de refroidissement identique à celle du projet :

- production stockage avec base électrique effet Joule ;
- hystérésis = 1 K ;
- hauteur de l'échangeur = 0 ;
- zone de régulation = 1 ;
- volume de stockage = valeur du projet ;
- coefficient de perte thermique du ballon = valeur du projet ;
- puissance de la source = puissance ECS équivalente du projet.

Résultats issus du premier calcul

Ce premier calcul selon les règles Th-BCE non modifiées permet de déterminer les caractéristiques suivantes :

Les besoins de chauffage annuels aux bornes de la génération divisés par un coefficient de 2,58, notés après correction :

$$B_{CH_TOT} = \frac{C_{EP_CH}}{2,58}$$

Où : C_{EP_CH} = consommations en énergie primaire de chauffage [kWh_{EP}/an].

Les besoins de refroidissement annuels aux bornes de la génération divisés par un coefficient de 2,58, notés après correction :

$$B_{FR_TOT} = \frac{C_{EP_FR}}{2,58}$$

Où : C_{EP_FR} = consommations en énergie primaire de refroidissement [kWh_{EP}/an].

Les besoins d'ECS annuels aux bornes de la génération divisés par un coefficient de 2,58, notés après correction :

$$B_{ECS_TOT_ANNUEL} = \frac{C_{EP_ECS}}{2,58}$$

Où : C_{EP_ECS} = consommations en énergie primaire d'ECS [kWh_{EP}/an].

Les besoins d'ECS en saison de chauffage aux bornes de la génération divisés par un coefficient de 2,58, notés après correction :

$$B_{ECS_CH} = B_{ECS_TOT_ANNUEL} * \frac{5\,833}{8\,760} \text{ [kWh}_{EP}\text{/an]}$$

Les besoins d'ECS en saison de refroidissement aux bornes de la génération divisés par un coefficient de 2,58, notés après correction :

$$B_{\text{ECS_FR}} = B_{\text{ECS_TOT_ANNUEL}} * \frac{2\,927}{8\,760} \text{ [kWh}_{\text{EP}}/\text{an}]$$

3.3.2. Prétraitement des données (étape 2')

Afin de traduire les différentes conditions de température extérieure sur l'année, la méthode retenue dans cet arrêté titre V est une méthode de type « bin » (échantillonnage de la saison de chauffage en température degré par degré). Chaque bin représente un intervalle de température pour lequel est calculé un taux de couverture des besoins d'ECS par la récupération de chaleur sur le moteur gaz naturel.

3.3.2.1. Taux de couverture des besoins d'ECS par la récupération de la chaleur sur le moteur thermique de la GHP pendant la période de chauffage

Profil des besoins d'ECS sur la saison de chauffage

Pour un bin donné, le calcul des besoins d'ECS sur la saison de chauffage aux bornes de la génération est défini selon la formule suivante :

$$B_{\text{ECS_bin } j} = B_{\text{ECS_CH}} * k_{\text{ECS_CH_bin } j}$$

Où :

- $B_{\text{ECS_CH}}$ = besoins d'ECS en saison de chauffage aux bornes de la génération calculés au paragraphe 3.3.1
- $k_{\text{ECS_CH_bin } j}$ = coefficient de répartition des besoins d'ECS selon le bin j , calculé selon la formule suivante :

$$k_{\text{ECS_CH_bin } j} = \frac{t_{\text{bin } j}}{t_{\text{tot_CH}}}$$

Où :

- $t_{\text{tot_CH}}$ = durée totale de la saison de chauffage
= 5 833 heures
- $t_{\text{bin } j}$ = durée du bin j donnée dans le tableau ci-dessous :

T ext	H1a	H1b	H1c	H2a	H2b	H2c	H2d	H3
- 10°C	0 h	0 h	0 h	0 h	0 h	0 h	0 h	0 h
- 9°C	0 h	0 h	0 h	0 h	0 h	0 h	0 h	0 h
- 8°C	0 h	0 h	0 h	0 h	0 h	0 h	0 h	0 h
- 7°C	0 h	0 h	2 h	0 h	0 h	0 h	0 h	0 h
- 6°C	0 h	7 h	4 h	0 h	0 h	0 h	0 h	0 h
- 5°C	0 h	17 h	2 h	0 h	0 h	0 h	1 h	0 h
- 4°C	0 h	36 h	4 h	0 h	1 h	0 h	25 h	0 h
- 3°C	11 h	42 h	18 h	0 h	6 h	6 h	48 h	0 h
- 2°C	19 h	71 h	37 h	7 h	26 h	18 h	69 h	0 h
- 1°C	48 h	163 h	92 h	41 h	56 h	71 h	49 h	0 h
0°C	105 h	184 h	147 h	93 h	66 h	93 h	72 h	0 h
1°C	159 h	266 h	177 h	167 h	97 h	120 h	112 h	0 h
2°C	176 h	362 h	243 h	201 h	140 h	174 h	152 h	0 h

T ext	H1a	H1b	H1c	H2a	H2b	H2c	H2d	H3
3 °C	237 h	316 h	283 h	193 h	136 h	186 h	191 h	6 h
4 °C	301 h	262 h	317 h	220 h	173 h	203 h	243 h	33 h
5 °C	337 h	296 h	317 h	235 h	232 h	275 h	280 h	153 h
6 °C	367 h	261 h	289 h	334 h	237 h	324 h	297 h	282 h
7 °C	426 h	339 h	395 h	371 h	346 h	387 h	294 h	407 h
8 °C	474 h	406 h	392 h	503 h	461 h	466 h	331 h	474 h
9 °C	613 h	439 h	442 h	544 h	447 h	372 h	295 h	375 h
10 °C	423 h	329 h	312 h	543 h	481 h	443 h	322 h	376 h
11 °C	458 h	349 h	399 h	530 h	600 h	361 h	330 h	430 h
12 °C	416 h	305 h	365 h	472 h	510 h	351 h	373 h	464 h
13 °C	290 h	259 h	277 h	331 h	388 h	382 h	334 h	472 h
14 °C	245 h	239 h	245 h	269 h	335 h	342 h	299 h	439 h
15 °C	208 h	188 h	208 h	228 h	329 h	272 h	247 h	404 h
16 °C	148 h	132 h	176 h	167 h	283 h	224 h	224 h	337 h
17 °C	119 h	127 h	164 h	96 h	157 h	195 h	193 h	235 h
18 °C	79 h	88 h	126 h	93 h	91 h	151 h	197 h	217 h
19 °C	62 h	86 h	104 h	43 h	66 h	120 h	200 h	225 h
20 °C	49 h	71 h	72 h	39 h	50 h	71 h	117 h	146 h
21 °C	33 h	36 h	53 h	16 h	30 h	62 h	151 h	126 h
22 °C	13 h	32 h	32 h	19 h	32 h	51 h	99 h	89 h
23 °C	13 h	22 h	27 h	15 h	29 h	53 h	106 h	58 h
24 °C	1 h	25 h	19 h	20 h	16 h	24 h	65 h	50 h
25 °C	3 h	16 h	21 h	14 h	6 h	12 h	49 h	23 h
26 °C	0 h	14 h	18 h	15 h	4 h	6 h	29 h	7 h
27 °C	0 h	10 h	22 h	6 h	2 h	6 h	16 h	4 h
28 °C	0 h	7 h	22 h	4 h	0 h	5 h	10 h	1 h
29 °C	0 h	3 h	3 h	1 h	0 h	4 h	8 h	0 h
30 °C	0 h	8 h	2 h	3 h	0 h	3 h	2 h	0 h
31 °C	0 h	9 h	2 h	0 h	0 h	0 h	3 h	0 h
32 °C	0 h	10 h	2 h	0 h	0 h	0 h	0 h	0 h
33 °C	0 h	1 h	1 h	0 h	0 h	0 h	0 h	0 h
34 °C	0 h	0 h	0 h	0 h	0 h	0 h	0 h	0 h
35 °C	0 h	0 h	0 h	0 h	0 h	0 h	0 h	0 h
36 °C	0 h	0 h	0 h	0 h	0 h	0 h	0 h	0 h
37 °C	0 h	0 h	0 h	0 h	0 h	0 h	0 h	0 h

Détermination de la température de conception

La température de conception en hiver est déterminée à partir des températures moyennes des mois de début et de fin de la saison de chauffage. Les mois de début et de fin des saisons de chauffage et de refroidissement peuvent être obtenus à partir des consommations mensuelles de chauffage et de refroidissement de l'étape 1 et être définis de la façon suivante :

- Mois_{Début fr} = mois de début de la saison de refroidissement : premier mois de l'année durant lequel il y a des consommations de climatisation ;
- Mois_{Fin fr} = mois de fin de la saison de refroidissement : dernier mois de l'année durant lequel il y a des consommations de climatisation ;
- Mois_{Début ch} = mois de fin de la saison de chauffage : mois précédant le premier mois de consommation nulle de chauffage ;
- Mois_{Fin ch} = mois de reprise de la saison de chauffage : mois suivant le dernier mois de consommation nulle de chauffage.

La température de conception est alors égale à :

- en chauffage : la moyenne mensuelle des mois Mois_{Début ch} et Mois_{Fin ch}. Si la saison de chauffage ne s'arrête pas durant l'année alors la température de conception est prise égale à 17 °C.

$$T_{\text{int ch}} = \text{Min} \left(\frac{T_{\text{moyenne}} (\text{Mois}_{\text{Début ch}}) + T_{\text{moyenne}} (\text{Mois}_{\text{Fin ch}})}{2}; 17 \right)$$

- en refroidissement : la moyenne mensuelle des mois Mois_{Début fr} et Mois_{Fin fr}. Si la saison de refroidissement ne s'arrête pas durant l'année alors la température de conception est prise égale à 16 °C.

$$T_{\text{int fr}} = \text{Max} \left(\frac{T_{\text{moyenne}} (\text{Mois}_{\text{Début fr}}) + T_{\text{moyenne}} (\text{Mois}_{\text{Fin fr}})}{2}; 16 \right)$$

Où : $T_{\text{moyenne}} (\text{Mois})$ = température extérieure moyenne d'un mois donné pour une zone climatique. Sa valeur est donnée dans le tableau suivant.

MOIS	TEMPÉRATURE EXTÉRIEURE MOYENNE – RT 2012							
	H1a	H1b	H1c	H2a	H2b	H2c	H2d	H3
Janvier	5,6	4,5	4,4	7,9	7,8	6,3	6,1	8,8
Février	7,1	5,6	6,9	6,7	7,2	7,1	8,8	9,2
Mars	8,0	6,5	8,9	9,2	9,2	11,3	10,7	11,7
Avril	11,1	11,3	12,2	9,9	10,9	11,7	13,7	13,5
Mai	14,4	15,2	17,1	14,6	15,3	15,3	18,1	17,8
Juin	18,1	18,7	18,3	16,8	19,0	19,4	22,0	21,0
Juillet	19,5	20,6	22,2	18,3	20,9	21,2	24,0	23,3
Août	19,8	19,7	22,5	19,6	20,3	22,2	23,0	25,0
Septembre	15,6	15,1	16,7	17,4	16,9	16,8	19,1	21,8
Octobre	11,9	12,9	13,1	13,0	14,5	14,7	16,3	17,9
Novembre	8,0	7,1	7,6	7,9	9,3	10,1	9,4	12,2
Décembre	5,5	3,9	4,5	6,6	7,5	5,5	5,7	9,1

Profil des besoins de chauffage

Pour un bin donné, le calcul des besoins de chauffage est défini selon la formule suivante :

$$B_{\text{CH bin } j} = B_{\text{CH tot}} * k_{\text{CH bin } j}$$

Où :

- $B_{\text{CH tot}}$ = besoins de chauffage annuels aux bornes de la génération calculés au paragraphe 3.3.1 ;

- $k_{CH_bin\ j}$ = coefficient de répartition des besoins de chauffage selon le bin j , calculé selon la formule suivante :

$$k_{CH_bin\ j} = \frac{DH_{CH_bin\ j} - DH_{CH_bin\ j-1}}{DH_{CH_bin20}}$$

Où :

- $DH_{CH_bin\ j-1}$ = degrés-heures de chauffage cumulés jusqu'à la température du bin $j-1$;
- DH_{CH_bin20} = degrés-heures de chauffage cumulés jusqu'à la température de conception d'hiver ;
- $DH_{CH_bin\ j}$ = degrés-heures de chauffage cumulés jusqu'à la température du bin j , coefficient calculé selon la formule suivante :

$$DH_{CH_bin\ j} = \sum_1^j t_{bin\ j} * (T_{int\ ch} - T_{ext\ bin\ j})$$

Où :

- $t_{bin\ j}$ = durée du bin j ;
- $T_{int\ ch}$ = température de conception d'hiver ;
- $T_{ext\ bin\ j}$ = température extérieure au bin j .

Taux de charge en mode chauffage

Pour un bin donné, le calcul du taux de charge en mode chauffage, pour chaque GHP, est défini selon la formule suivante :

1. Dans le cas où il y a uniquement une seule GHP ou plusieurs GHP raccordées en cascade :

$$Tx_{CH_bin\ j} = \frac{B_{CH_bin\ j}}{Pn_{CH} * t_{bin\ j}}$$

Où :

- $B_{CH_bin\ j}$ = besoins de chauffage aux bornes de la génération pour un bin donné, issus du paragraphe « profil des besoins de chauffage » ;
- $t_{bin\ j}$ = durée du bin j ;
- Pn_{CH} = puissance nominale en mode chauffage de la GHP
= $GUE_{ch\ pivot} * Pabs_{ch\ pivot}$;
- $GUE_{ch\ pivot}$ = GUE de la GHP aux conditions pivot en mode chauffage ;
- $Pabs_{ch\ pivot}$ = puissance gaz absorbée de la GHP aux conditions pivot en mode chauffage.

2. Dans le cas où plusieurs GHP sont raccordées en parallèle :

$$Tx_{CH_bin\ j} = \frac{B_{CH_bin\ j}}{Pn_{CH\ tot} * t_{bin\ j}}$$

Où :

- $B_{CH_bin\ j}$ = besoins de chauffage aux bornes de la génération pour un bin donné, issus du paragraphe « profil des besoins de chauffage » ;
- $t_{bin\ j}$ = durée du bin j (voir paragraphe 3.3.2.1) ;
- $Pn_{CH\ tot}$ = puissance nominale en mode chauffage de la GHP (somme des puissances utiles nominales de l'ensemble des générateurs de chauffage)

$$= \sum_{GHP} GUE_{ch\ pivot} * Pabs_{ch\ pivot}$$

Taux de couverture pendant la période de chauffe pour chaque bin

Pour un bin donné, le calcul du taux de couverture des besoins d'ECS par la récupération de chaleur sur le moteur thermique d'une PAC, pendant la période de chauffe, est défini selon la formule suivante :

$$f_{ECS_saison_cheuffe_bin} = \frac{P_{ECS_CH_bin\ j} * Tx_{CH_bin\ j} * t_{bin\ j}}{B_{ECS_bin\ j}}$$

Où :

- $B_{ECS_bin\ j}$ = besoins d'ECS sur la saison de chauffage aux bornes de la génération pour un bin donné (voir le paragraphe « profil des besoins d'ECS de la saison de chauffage ») ;
- $Tx_{CH_bin\ j}$ = taux de charge en mode chauffage ;
- $t_{bin\ j}$ = durée du bin j (voir paragraphe 3.3.2.1) ;
- $P_{ECS_CH_bin\ j}$ = puissance disponible en mode chauffage pour produire de l'ECS à un bin donné par :
= $\text{Min} (P_{ECS_CH_bin\ j} ; P_{recup_max})$;
- $P_{ECS_CH_bin\ j}$ = puissance disponible en mode chauffage pour produire de l'ECS définie au paragraphe 3.1.1.5 ;
- P_{recup_max} = puissance maximale récupérable sur le ou les moteurs des PAC à compression par moteur gaz [kW] calculée selon :

$$P_{recup_max} = \frac{\rho_w * c_w * \Delta T * V_{stockage\ ECS}}{9\ 000}$$

Où :

- ρ_w = masse volumique de l'eau
= 1 ;
- c_w = capacité calorifique de l'eau
= 1,163 ;
- $V_{stockage\ ECS}$ = somme des capacités de stockage d'ECS reliées aux PAC à compression par moteur gaz [L] – données issues du projet saisi par l'utilisateur ;
- ΔT = écart de température entre la température d'eau froide et la température de consigne des ballons de stockage d'ECS [K] donné dans le tableau suivant :

	H1a	H1b	H1c	H2a	H2b	H2c	H2d	H3
ΔT	42.4	43.3	42.0	41.4	40.4	40.4	38.7	37.8

Taux de couverture pour la saison de chauffage entière

Le calcul du taux de couverture besoins d'ECS par la récupération de chaleur sur le moteur gaz naturel d'une PAC pour la saison de chauffage entière est défini selon la formule suivante :

$$f_{ECS_saison_cheuffe_PAC} = \sum_{bin=1}^{bin=N} f_{ECS_saison_cheuffe_bin} * \frac{t_{bin\ j}}{t_{tot_CH}}$$

où :

- $f_{ECS_saison_cheuffe_bin}$ = taux de couverture des besoins d'ECS par la récupération de chaleur sur le moteur thermique d'une PAC pendant la période de chauffe pour un bin donné ;
- $t_{bin\ j}$ = durée du bin j (voir paragraphe 3.3.2.1) ;
- t_{tot_CH} = durée totale de la saison de chauffage
= 5 833 heures.

3.3.2.2. Taux de couverture des besoins d'ECS par la récupération de la chaleur sur le moteur thermique de la GHP pendant la période de refroidissement

Profil des besoins d'ECS sur la saison de refroidissement

Pour un bin donné, le calcul des besoins d'ECS sur la saison de refroidissement aux bornes de la génération est défini selon la formule suivante :

$$B_{ECS_bin\ j} = B_{ECS_FR} * k_{ECS_FR_bin\ j}$$

Où :

- B_{ECS_FR} = besoins d'ECS en saison de refroidissement aux bornes de la génération calculés au paragraphe 3.3.1 ;

- $k_{ECS_FR_bin\ j}$ = coefficient de répartition des besoins d'ECS selon le bin j , calculé selon la formule suivante :

$$k_{ECS_FR_bin\ j} = \frac{t_{bin\ j}}{t_{tot_FR}}$$

Où :

- $t_{bin\ j}$ = durée du bin j (voir paragraphe 3.3.2.1) ;
- t_{tot_CH} = durée totale de la saison de refroidissement
= 2 927 heures.

Profil des besoins de refroidissement

Pour un bin donné, le calcul des besoins de refroidissement est défini selon la formule suivante :

$$B_{FR_bin\ j} = B_{FR_tot} * k_{FR_bin\ j}$$

Où :

- B_{FR_tot} = besoins de refroidissement annuels aux bornes de la génération calculés au paragraphe 3.3.1 ;
- $k_{FR_bin\ j}$ = coefficient de répartition des besoins de refroidissement selon le bin j , calculé selon la formule suivante :

$$k_{FR_bin\ j} = \frac{DH_{FR_bin\ j} - DH_{FR_bin\ j-1}}{DH_{FR_bin20}}$$

Où :

- $DH_{FR_bin\ j-1}$ = degrés-heures de refroidissement cumulés jusqu'à la température du bin $j-1$;
- DH_{FR_bin20} = degrés-heures de refroidissement cumulés jusqu'à la température de conception d'hiver ;
- $DH_{FR_bin\ j}$ = degrés-heures de refroidissement cumulés jusqu'à la température du bin j , coefficient calculé selon la formule suivante :

$$DH_{CH_bin\ j} = \sum_1^j t_{bin\ j} * (T_{int\ fr} - T_{ext\ bin\ j})$$

Où :

- $t_{bin\ j}$ = durée du bin j (voir paragraphe 3.3.2.1) ;
- $T_{int\ fr}$ = température de conception d'été ;
- $T_{ext\ bin\ j}$ = température extérieure au bin j .

Taux de charge en mode refroidissement

Pour un bin donné, le calcul du taux de charge en mode refroidissement, pour chaque GHP, est défini selon la formule suivante :

1. Dans le cas où il y a uniquement une seule GHP ou plusieurs GHP raccordées en cascade :

$$Tx_{FR_bin\ j} = \frac{B_{FR_bin\ j}}{Pn_{FR} * t_{bin\ j}}$$

Où :

- $B_{FR_bin\ j}$ = besoins de refroidissement aux bornes de la génération pour un bin donné, issus du paragraphe « profil des besoins de refroidissement » ;
- $t_{bin\ j}$ = durée du bin j (voir paragraphe 3.3.2.1) ;
- Pn_{FR} = puissance nominale en mode refroidissement de la GHP
= $GUE_{fr\ pivot} * Pabs_{fr\ pivot}$

Où :

- $GUE_{fr\ pivot}$ = GUE de la GHP aux conditions pivot en mode refroidissement ;
- $Pabs_{ch\ pivot}$ = puissance gaz absorbée de la GHP aux conditions pivot en mode refroidissement.

2. Dans le cas où plusieurs GHP sont raccordées en parallèle :

$$Tx_{FR_bin\ j} = \frac{B_{FR_bin\ j}}{Pn_{FR\ tot} * t_{bin\ j}}$$

Où :

- $B_{FR_bin\ j}$ = besoins de refroidissement aux bornes de la génération pour un bin donné, issus du paragraphe « profil des besoins de refroidissement » ;
- $t_{bin\ j}$ = durée du bin j (voir paragraphe 3.3.2.1) ;
- $P_{nFR\ tot}$ = puissance nominale en mode refroidissement de la GHP (somme des puissances utiles nominales de l'ensemble des générateurs de refroidissement)

$$= \sum_{GHP} GUE_{fr\ pivot} * Pabs_{fr\ pivot}$$

Taux de couverture pendant la période de refroidissement pour chaque bin

Pour un bin donné, le calcul du taux de couverture des besoins d'ECS par la récupération de chaleur sur le moteur thermique d'une PAC, pendant la période de refroidissement, est défini selon la formule suivante :

$$f_{ECS_saison_refroi_bin} = \frac{P_{ECS_FR_bin\ j} * Tx_{FR_bin\ j} * t_{bin\ j}}{B_{ECS_bin\ j}}$$

Où :

- $B_{ECS_bin\ j}$ = besoins d'ECS sur la saison de refroidissement aux bornes de la génération pour un bin donné (voir le paragraphe « profil des besoins d'ECS de la saison de refroidissement ») ;
- $Tx_{FR_bin\ j}$ = taux de charge en mode refroidissement ;
- $t_{bin\ j}$ = durée du bin j (voir paragraphe 3.3.2.1) ;
- $P_{ECS_FR_bin\ j}$ = puissance disponible en mode refroidissement pour produire de l'ECS à un bin donné par :
= Min ($P_{ECS_FR_bin\ j}$, P_{recup_max}) ;
- $P_{ECS_FR_bin\ j}$ = puissance disponible en mode refroidissement pour produire de l'ECS définie au paragraphe 3.1.1.5 ;
- P_{recup_max} = puissance maximale récupérable sur le ou les moteurs des PAC à compression par moteur gaz [kW] calculée au paragraphe « Taux de couverture pendant la période de chauffe pour chaque bin ».

Taux de couverture pour la saison de refroidissement entière

Le calcul du taux de couverture besoins d'ECS par la récupération de chaleur sur le moteur gaz naturel d'une PAC pour la saison de refroidissement entière est défini selon la formule suivante :

$$f_{ECS_saison_refroidissement_PAC} = \sum_{bin=1}^{bin=N} f_{ECS_saison_refroi_bin} * \frac{t_{bin\ j}}{t_{tot_FR}}$$

où :

- $f_{ECS_saison_refroi_bin}$ = taux de couverture des besoins d'ECS par la récupération de chaleur sur le moteur thermique d'une PAC pendant la période de refroidissement pour un bin donné ;
- $t_{bin\ j}$ = durée du bin j (voir paragraphe 3.3.2.1) ;
- t_{tot_FR} = durée totale de la saison de refroidissement
= 2 927 heures.

3.3.2.3. Taux de couverture annuel des besoins d'ECS par la récupération de chaleur sur le moteur thermique d'une GHP

Pour chaque GHP, le calcul du taux de couverture des besoins d'ECS par la récupération de chaleur sur le moteur gaz naturel sur la saison de chauffage et sur la saison de refroidissement est défini selon la formule suivante :

$$f_{annuel_PAC} = \frac{B_{ECS_CH} * f_{ECS_saison_chauffe_PAC} + B_{ECS_FR} * f_{ECS_saison_refroidissement_PAC}}{B_{ECS_tot_annuels}}$$

où :

- $f_{ECS_saison_chauffe_PAC}$ = taux de couverture des besoins d'ECS par la récupération de chaleur pour la saison de chauffage ;
- $f_{ECS_saison_refroidissement_PAC}$ = taux de couverture des besoins d'ECS par la récupération de chaleur pour la saison de refroidissement ;
- B_{ECS_CH} = besoins d'ECS en saison de chauffage aux bornes de la génération ;
- B_{ECS_FR} = besoins d'ECS en saison de refroidissement aux bornes de la génération ;
- $B_{ECS_tot_annuels}$ = besoins d'ECS annuels aux bornes de la génération.

3.3.2.4. Taux de couverture annuel des besoins d'ECS, par la récupération de la chaleur pour l'ensemble des GHP de la génération

Le calcul du taux de couverture annuel des besoins d'ECS, par la récupération de la chaleur pour l'ensemble des GHP de la génération est défini selon la formule suivante :

$$f_{annuel} = \sum_{PAC\ n^{\circ}1}^{PAC\ n^{\circ}N} f_{annuel_PAC}$$

où : f_{annuel_PAC} = taux de couverture des besoins d'ECS par la récupération de chaleur sur le moteur gaz naturel d'une PAC sur la saison de chauffage et sur la saison de refroidissement.

3.3.2.5. Profil de puissance ECS récupérable sur le moteur thermique

Les profils de puissance disponible en ECS en mode chauffage et refroidissement, $P_{ECS_CH_bin\ j}$ et $P_{ECS_FR_bin\ j}$, sont des données d'entrée qui peuvent soit être renseignés directement soit définis par défaut à partir des puissances gaz absorbées aux conditions pivot en chauffage et en froid par les formules :

$$P_{ECS_FR_bin\ j} = \alpha * P_{abs\ fr}$$

$$P_{ECS_CH_bin\ j} = \beta * P_{abs\ ch}$$

Si la ou les PAC à compression par moteur gaz ne font que le chauffage (respectivement refroidissement), alors $\alpha = 0$ (respectivement $\beta = 0$).

Profil de puissance ECS en mode chauffage par défaut

Text (°C)	- 15	- 14	- 13	- 12	- 11	- 10	- 9	- 8	- 7
β	0,53	0,50	0,47	0,44	0,41	0,38	0,35	0,32	0,29
Text (°C)	- 6	- 5	- 4	- 3	- 2	- 1	0	1	2
β	0,26	0,23	0,20	0,17	0,14	0,11	0,08	0,06	0,03
Text (°C)	3	4	5	6	7	8	9	10	11
β	0,04	0,05	0,07	0,08	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
Text (°C)	12	13	14	15	16	17	18	19	20
β	0,09	0,08	0,07	0,06	0,05	0,04	0,02	0,01	0,00

Profil de puissance ECS en mode refroidissement par défaut

Text (°C)	14	15	16	17	18	19	20	21	22
α	0	0	0,04	0,08	0,11	0,15	0,19	0,22	0,26

Text (°C)	23	24	25	26	27	28	29	30	31
α	0,30	0,34	0,37	0,38	0,40	0,41	0,42	0,43	0,45

Text (°C)	32	33	34	35	36	37	38	39	40
α	0,46	0,47	0,48	0,49	0,50	0,51	0,51	0,52	0,52

Text (°C)	41	42	43	44	45
α	0,53	0,53	0,54	0,55	0,55

3.3.3. Deuxième calcul selon les règles Th-BCE modifiées selon § 4.2 (étape 4')

Un second calcul selon Th-BCE est réalisé en renseignant des données de performances des PAC à compression par moteur gaz dans les objets « générateur thermodynamique gaz » obtenues conformément au paragraphe 3.2.1. La production d'ECS est quant à elle saisie dans le moteur comme si les générateurs d'appoints ECS du projet assuraient 100 % des besoins d'ECS.

3.3.3.1. Calcul des consommations d'ECS avec la récupération de chaleur (étape 5')

Après le second calcul par la méthode Th-BCE, la nouvelle consommation d'ECS est calculée de la manière suivante :

$$Cep_{ECS_Titre\ V} = Cep_{ECS} * (1 - f_{annuel})$$

Où :

- Cep_{ECS} = consommations d'ECS en énergie primaire issues du deuxième calcul Th-BCE ;
- f_{annuel} = taux de couverture des besoins d'ECS par la récupération de chaleur pour la saison de chauffage.

Le Cep du projet est ensuite obtenu par :

$$Cep = Cep - Cep_{ECS} + Cep_{ECS_Titre\ V}$$