

## AMÉNAGEMENT NATURE, LOGEMENT

MINISTÈRE DU LOGEMENT,  
DE L'ÉGALITÉ DES TERRITOIRES  
ET DE LA RURALITÉ

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

### **Arrêté du 13 octobre 2014 abrogeant et remplaçant l'arrêté du 29 octobre 2012 relatif à l'agrément de la demande de titre V relative à la prise en compte du système générateur hybride dans la réglementation thermique 2012**

NOR : ETLL1420812A

(Texte non paru au *Journal officiel*)

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

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 30 avril 2013 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,

Arrêtent:

#### Article 1<sup>er</sup>

Conformément à l'article 50 de l'arrêté du 26 octobre 2010 susvisé, le mode de prise en compte des générateurs hybrides dans la méthode de calcul Th-B-C-E 2012, définie par l'arrêté du 30 avril 2013 susvisé, est agréé selon les conditions d'application définies en annexe.

#### Article 2

L'arrêté du 29 octobre 2012 relatif à l'agrément de la demande de titre V relative à la prise en compte du système générateur hybride dans la réglementation thermique 2012 est abrogé et remplacé par le présent arrêté.

#### Article 3

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'écologie, du développement durable et de l'énergie et du ministère du logement, de l'égalité des territoires et de la ruralité.

Fait le 13 octobre 2014.

*La ministre du logement,  
de l'égalité des territoires  
et de la ruralité,*

Pour la ministre et par délégation :  
*La sous-directrice de la qualité  
et du développement durable  
dans la construction,*  
K. NARCY

*La ministre de l'écologie,  
du développement durable  
et de l'énergie,*

Pour la ministre 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 GÉNÉRATEURS HYBRIDES DANS LA RÉGLEMENTATION THERMIQUE 2012

#### 1. Définition du système

##### **1.1. Description du système**

Au sens du présent arrêté, un générateur hybride est un système de chauffage et de production d'eau chaude sanitaire composé :

- d'une chaudière à condensation à combustible liquide ou gazeux d'une puissance nominale inférieure à 70 kW;
- d'une pompe à chaleur électrique air extérieur/eau d'une puissance nominale utile inférieure à 5 kW ; d'un système de régulation permettant une commutation entre les deux générateurs en fonction de leurs performances en énergie primaire.
- dans le cas où la pompe à chaleur participe à la production accumulée d'eau chaude sanitaire, d'un ballon de stockage d'eau chaude sanitaire qui doit avoir un volume inférieur ou égale à 500 litres.

##### **1.2. Fonctionnement du système « générateur hybride »**

###### 1.2.1. Fonctionnement du système pour le chauffage

Pour la partie chauffage, le système de régulation compare les performances des deux générateurs en fonction des trois paramètres suivants :

- la température amont (température extérieure) ;
- la température aval (température départ chauffage) ;
- la fréquence du compresseur de la pompe à chaleur électrique.

Dans le cas où le système le plus performant n'a pas la puissance nécessaire pour assurer l'ensemble des besoins, la régulation fait appel à l'autre système pour la puissance manquante. Le paragraphe 3.1. présente la saisie du générateur hybride pour la partie chauffage.

###### 1.2.2. Fonctionnement du système pour l'eau chaude sanitaire

Il existe trois configurations pour la production d'eau chaude sanitaire avec les générateurs hybrides :

###### Production instantanée

La chaudière assure de manière instantanée l'ensemble de la production d'eau chaude sanitaire. La demande d'eau chaude sanitaire est prioritaire sur les besoins de chauffage. Le fonctionnement est identique à celui d'une chaudière à condensation seule. Dans ce cas, la modélisation se fera conformément aux règles TH-B-C-E.

###### Production accumulée par la chaudière seule

Le fonctionnement est identique à celui d'une chaudière à condensation seule associée à un ballon de stockage d'eau chaude sanitaire. La pompe à chaleur électrique n'intervient pas dans la

production d'eau chaude sanitaire. Dans ce cas, la modélisation se fera conformément aux règles TH-B-C-E.

### Production accumulée avec préchauffage par la pompe à chaleur et complément par la chaudière

La pompe à chaleur assure un préchauffage de l'eau du ballon de stockage, le complément d'énergie pour arriver à la température de consigne du ballon est apporté par la chaudière. La température de préchauffage est définie par le système de régulation en fonction des performances instantanées de la pompe à chaleur et de la chaudière. Le paragraphe 3.2. présente la saisie du générateur hybride dans le cas où la production d'eau chaude sanitaire fait l'objet d'un fonctionnement hybride.

## **2. Domaine d'application**

La méthode décrite dans le présent arrêté s'applique uniquement aux maisons individuelles ou accolées soumises aux exigences de l'arrêté du 26 octobre 2010 susvisé. Elle ne s'applique qu'aux générateurs hybrides associés à des radiateurs à eau chaude et/ou à des planchers chauffants sur vecteur eau.

La régulation sur énergie primaire est définie comme un système assurant :

- la mise en marche/arrêt de la pompe à chaleur électrique et/ou de la chaudière indépendamment ; la mesure ou l'estimation du coefficient de performance de la pompe à chaleur et du rendement de la chaudière ;
- le fonctionnement du générateur le plus performant en énergie primaire sur un pas de temps horaire ou inférieur. La régulation n'empêche pas le fonctionnement simultané des générateurs si cela est nécessaire pour assurer le confort en chauffage ou en ECS.

Le champ d'application prend en compte la présence ou l'absence de système de dégivrage de l'échangeur sur l'air extérieur.

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

### **3.1 Partie chauffage : fonctionnement hybride entre la pompe à chaleur et la chaudière**

#### **3.1.1 Principe**

Le système de régulation en chauffage est modélisé en ajoutant des limites de fonctionnement sur les températures de source amont et aval pour la partie pompe à chaleur. Les deux générateurs du système sont caractérisés séparément selon les normes en vigueur.

La régulation sur énergie primaire sur le chauffage est modélisée par l'utilisation des températures limites de fonctionnement de la pompe à chaleur. En cas de dépassement des limites de fonctionnement, la méthode de calcul TH-B-C-E impose l'arrêt de la pompe à chaleur. Les besoins sont alors reportés sur la chaudière à condensation.

Une correction de la consommation d'énergie primaire du bâtiment est apportée en fonction du type de régulation proposé par le système :

$$C_{\text{ep-ch-corrige}} = \alpha * C_{\text{ep-ch}}$$

Avec  $C_{\text{ep-ch-corrige}}$  = Consommation conventionnelle d'énergie primaire de chauffage corrigée  
 $C_{\text{ep-ch}}$  = Consommation conventionnelle d'énergie primaire de chauffage définie au chapitre 7.2.3.5.4 de la méthode de calcul Th-BCE 2012 de l'annexe de l'arrêté du 20 juillet 2011 susvisé

- $\alpha$  = Coefficient de modulation selon le type de régulation proposé :
- $\alpha=1$  si le système permettant une commutation entre les deux générateurs propose uniquement une régulation sur énergie primaire,
  - $\alpha=1,03$  si le système permettant une commutation entre les deux générateurs propose, en plus d'une régulation sur énergie primaire, un autre type de régulation.

### 3.1.2. Modélisation dans la méthode TH-B-C-E

Au sens du présent arrêté, le système « générateur hybride » est défini par deux générateurs distincts saisis dans la même génération :

Pour la partie chauffage :

- une pompe à chaleur électrique air extérieur/eau non réversible assurant uniquement le chauffage est placée en priorité 1 ;
- une chaudière à condensation assure le chauffage en priorité 2.

Pour la partie eau chaude sanitaire, se référer au §3.2 si la production d'ECS fait l'objet d'un fonctionnement hybride entre la pompe à chaleur et la chaudière. Dans le cas contraire, la chaudière gaz assure seule la production d'ECS de manière accumulée ou instantanée en fonction du projet.

La gestion-régulation de la génération se fait selon le mode 2, en cascade : on sollicite les générateurs par ordre de priorité jusqu'à la limite de leur puissance utile. Le raccordement des générateurs entre eux est en mode 0, permanent.

L'indicateur pour la prise en compte des pertes par les parois à l'arrêt doit être sélectionné en mode 1, ce qui correspond à la présence de ventilateur ou d'autre dispositif de circulation dans le circuit de combustion.

La température limite de fonctionnement de la pompe à chaleur électrique air extérieure/eau est prise en compte selon la méthode proposée au paragraphe 3.1.3.

Les auxiliaires de génération sont renseignés uniquement au niveau de la chaudière.

### 3.1.3. Modélisation du système de régulation en mode chauffage par la température d'arrêt amont de la pompe à chaleur

Le système de régulation sur énergie primaire est modélisé à l'aide des températures d'arrêt amont et aval de la pompe à chaleur électrique. Les deux températures d'arrêt, Theta\_Max\_Av et Theta\_Min\_Am, imposent une commutation entre la pompe à chaleur et la chaudière.

Les paramètres de modélisation de la pompe à chaleur électrique prennent les valeurs suivantes :

- Lim\_Theta = 1 – Arrêt sur la limite de l'une ou l'autre température de source ;
- Theta\_Max\_Av = 100°C ;
- Theta\_Min\_Am = la température d'arrêt correspondant aux caractéristiques du produit hybride obtenue selon les formules suivantes :

$$\begin{array}{ll} \text{Si la PAC dégivre} & \text{Theta\_Min\_Am} = \text{MAX} \left( -5,75 * \text{COP}_{\text{pivot}} + 0,1 * \theta_{\text{dep\_dim\_ch}} + 17,75 ; -5 \right) \\ \text{Sinon} & \text{Theta\_Min\_Am} = \text{MAX} \left( -5,75 * \text{COP}_{\text{pivot}} + 0,1 * \theta_{\text{dep\_dim\_ch}} + 17,75 ; 3 \right) \end{array}$$

$$\begin{array}{ll} \text{Avec} & \theta_{\text{dep\_dim\_ch}} = \text{Température de départ de dimensionnement du chauffage} \\ & \text{COP}_{\text{pivot}} = \text{COP pivot de la PAC (voir 3.1.4)} \end{array}$$

### 3.1.4. Données d'entrée du générateur hybride

#### 3.1.4.1. La pompe à chaleur non réversible sans auxiliaire

La matrice de performance est construite autour d'une valeur pivot, valeur correspondant aux conditions nominales de sources. La matrice de la puissance absorbée pour la pompe à chaleur est la même que celle d'un système thermodynamique électrique défini selon la méthode Th-BCE. Elle prend en compte la puissance du ou des compresseur(s), celle des auxiliaires internes de la machine et tout ou partie de la puissance des auxiliaires affectés au déplacement des médiums en contact externe avec l'évaporateur et le condenseur.

La valeur 'pivot' à fournir systématiquement par l'utilisateur est la valeur pour Tam = 7°C et Tav = 32.5°C.

Elle peut être 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 de la norme NF EN 14511 ;
- justifiées : la valeur de calcul est égale à 0.9\* valeur justifiée 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 NF EN 14511 ;
- déclarée : la valeur utilisée dans le calcul est égale à min (0.8\*Valeur déclarée, Val\_util\_max) ;

- par défaut : la valeur utilisée dans le calcul est égale à  $(0.8 * Val\_util\_max)$ . Avec  $Val\_util\_max = 3,5$  selon le paragraphe 10.21.2 de la méthode de calcul Th-BCE.

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 de la norme NF EN 14511 ;
- justifiées : la valeur de calcul est égale à  $0.9 * valeur\ justifiée$  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 NF EN 14511 ;
- par défaut calculées à l'aide de coefficients suivants :

- o Coefficient Cnn\_COP :

Températures aval	Températures amont
Cnav_COP (42.5, 32.5) = 0.8	Cnam_COP (-7, 7) = 0.50
Cnav_COP (51, 42.5) = 0.8	Cnam_COP (2, 7) = 0.80
Cnav_COP (23.5, 32.5) = 1.10	Cnam_COP (20, 7) = 1.25
Cnav_COP (60, 51) = 0.8	Cnam_COP (-15, -7) = 0.80

- o Coefficients Cnn\_Pabs :

Températures aval	Températures amont
Cnav_Pabs (42.5, 32.5) = 0.9	Cnam_Pabs (-7, 7) = 0.86
Cnav_Pabs (51, 42.5) = 0.915	Cnam_Pabs (2, 7) = 0.95
Cnav_Pabs (23.5, 32.5) = 1.09	Cnam_Pabs (20, 7) = 1.13
Cnav_Pabs (60, 51) = 0.91	Cnam_Pabs (-15, -7) = 0.92

La justification du fonctionnement du compresseur de la partie pompe à chaleur est identique à celui d'une pompe à chaleur électrique classique :

- Type de fonctionnement :
  - o Fonctionnement par défaut : tout ou rien
  - o valeur déclarée
- Autres caractéristiques :

1) Valeurs certifiées 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 :

- valeurs de calcul = valeur certifiées,

2) Valeurs 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 :

- $LR_{contmin}$  de calcul =  $LR_{contmin}$  mesuré + 0.05
- $CpLR_{contmin}$  de calcul =  $0.9 * CpLR_{contmin}$  mesuré

3) Autres cas : valeur par défaut définies ci-après :

- $LR_{contmin}$  de calcul = 0.4
- $CpLR_{contmin}$  de calcul = 1

Dans la présente méthode, on retient Taux = 0

#### 3.1.4.2. La chaudière à condensation

La partie chaudière à condensation du générateur hybride entrant dans le champ d'application de la directive rendement 92/42/CEE (puissance nominale inférieure à 400 kW), la méthode de calcul offre une alternative dans la définition des valeurs de rendement :

- la saisie directe de 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 des normes harmonisées relatives aux exigences de la directive 92/42/CEE ;
- à défaut de valeur certifiée, les valeurs par défaut indiquées dans le paragraphe 10.18 de la méthode TH-B-C-E sont retenues. Elles correspondent aux valeurs minimales de la directive rendement 92/42/CEE.

Les pertes à charge nulle sont données pour un écart de 30°C entre l'eau chaude et l'air ambiant.

L'indicateur sur les propriétés de la ventilation du générateur à combustion,  $id_{pertes\_parois}$ , est fixé au mode 2 « présence de ventilateur ou d'autre dispositif de circulation dans le circuit de combustion ».

La puissance électrique de veille ( $W_{veille}$ ) à saisir dans la partie chaudière est la puissance de veille du générateur hybride à charge nulle dans son ensemble (PAC + chaudière).

La puissance électrique des auxiliaires à la puissance nominale ( $W_{aux,nom}$ ) est la somme de la puissance de veille définie ci-dessus et des autres auxiliaires mesurés à pleine charge de la partie chaudière.

### **3.2 Partie eau chaude sanitaire : fonctionnement hybride entre la pompe à chaleur et la chaudière**

#### **3.2.1 Principe**

Un calcul initial est réalisé selon les règles Th-B-C-E en modélisant le système de production d'eau chaude sanitaire du projet par un ballon de stockage électrique de caractéristiques identiques au système de production d'eau chaude sanitaire hybride prévu. Dans le cas d'un générateur hybride pour la production d'eau chaude de chauffage, la partie chauffage est modélisée conformément au §3.1, dans le cas contraire, cette partie est modélisée conformément aux règles TH-B-C-E. Ce calcul initial a pour objectif d'obtenir les besoins d'ECS mensuels ainsi que les consommations des autres postes.

Les besoins d'ECS aux bornes du générateur (incluant les pertes de distribution et de stockage de l'ECS) sont considérés égaux aux consommations d'ECS mensuelles exprimées en énergie finale du calcul initial.

A partir des données météo horaires de la méthode TH-B-C-E, on calcule les COP horaires en énergie primaire du générateur hybride. Ces COP horaires sont ensuite moyennés mois par mois pour estimer les consommations d'ECS à partir des besoins d'eau chaude sanitaire mensuels provenant du calcul initial. Ces données permettent également de calculer la production d'énergie renouvelable, la part des consommations gaz et électrique du projet pour la partie ECS.

#### **3.2.2 Données climatiques**

Les données climatiques utilisées dans la présente méthode sont les données météorologiques horaires de chaque zone climatique utilisées dans la méthode Th-B-C-E.

Les températures extérieures horaires de chaque zone climatique sont corrigées selon l'altitude du projet.

Pour rappel, conformément au §5.1.3 de la méthode de calcul TH-B-C-E, la prise en compte de l'altitude sera effectuée par une diminution de la température extérieure,  $\theta_{ext}$ , égale à :

- Altitude inférieure ou égale à 400 mètres : correction =  $-0.5^{\circ}\text{C}$  ;
- Altitude supérieure à 400 mètres et inférieure ou égale à 800 mètres : correction =  $-2.5^{\circ}\text{C}$  ;
- Altitude supérieure à 800 mètres : correction =  $-4.5^{\circ}\text{C}$ .

#### **3.2.3 Modélisation dans la méthode TH-B-C-E pour le calcul initial**

Dans ce calcul initial, l'enveloppe du bâtiment, les émetteurs de chauffage, les émetteurs d'ECS, la distribution de chauffage et la distribution d'ECS sont saisi en fonction des caractéristiques réelles du projet.

Dans le cas où le générateur hybride remplit la fonction de chauffage des locaux, la modélisation du générateur se fait conformément au §3.1. Dans le cas contraire, le générateur de chauffage est saisi conformément à la méthode de calcul de la RT 2012.

La production d'ECS est modélisée dans ce calcul initial par un ballon électrique ayant les mêmes caractéristiques que le ballon ECS du générateur hybride :

- Ballon électrique : « Production\_Stockage »

- Type de production : base sans appoint
- Volume du ballon :  $V$  = valeur du projet
- Coefficient de pertes du ballon :  $UA\_S$  = valeur du projet
- Nature des données : valeur du projet
- Température maximale du ballon : valeur du projet
- Type de gestion du thermostat : permanent
- Nature de la valeur de l'hystérésis : valeur du projet
- Hauteur relative de l'échangeur : valeur du projet
- Numéro de la zone du ballon contenant le système de régulation : 1
- Résistance électrique : « Source\_Base\_Effet\_Joule »
  - Fonction du générateur = ECS
  - Puissance maximale du générateur électrique = puissance correspondant à la puissance thermique de la chaudière
  - $R_{dim} = 1$

Caractéristiques des réseaux et de l'émission : valeurs réelles du projet

#### 3.2.4. Calcul des besoins d'ECS

Le calcul initial, permet d'obtenir :

- Les consommations annuelles en énergie primaire du projet  $C_{ep_{initial}}$  ainsi que les consommations annuelles en énergie primaire par poste :
  - Chauffage :  $C_{ep_{CH\_initial}}$
  - ECS :  $C_{ep_{ECS\_initial}}$
  - Eclairage :  $C_{ep_{Ecl\_initial}}$
  - Auxiliaires de ventilation :  $C_{ep_{aux\_ventil\_initial}}$
  - Auxiliaires de distribution :  $C_{ep_{aux\_dist\_initial}}$
  - Production d'électricité photovoltaïque :  $E_{ep_{PV\_initial}}$
  - Production d'électricité par les cogénérations :  $E_{ep_{prelec\_initial}}$
- La production d'ENR  $A_{ep_{enr\_initial}}$  du projet
- La consommation de gaz en énergie finale :  $C_{EF\_Gaz\_initial}$
- La consommation de gaz en énergie primaire :  $C_{EP\_Gaz\_initial}$
- La consommation d'électricité en énergie finale :  $C_{EF\_Ele\_initial}$
- La consommation d'électricité en énergie primaire :  $C_{EP\_Ele\_initial}$

Les consommations mensuelles d'ECS du mois  $i$  obtenues par le calcul initial sont exprimées en énergie primaire, elles sont notées  $C_{ep_{ECS\_i}}$ . Elles sont divisées par 2,58 pour obtenir les besoins mensuels d'ECS notés :  $B_{ECS\_i}$ .

$$B_{ECS_i} = \frac{Cep_{ECS_i}}{2,58}$$

### 3.2.5 Caractérisation des performances du produit

Les performances des générateurs hybrides en fonctionnement ECS sont justifiées par des essais réalisés conformément aux conditions décrites dans le projet de norme prEN 13203-5.

Le tableau suivant présente les résultats fournis par le projet de norme prEN 13203-5 :

Résultats	Symbole	Unité
Puissance absorbée en régime stabilité	Pes	W
Cycle de soutirage utilisé	N°	N°
Energie calorifique utile pendant la totalité du cycle de soutirage	Q <sub>TC</sub>	Wh
Consommation d'énergie électrique mesurée pendant la totalité du cycle	W <sub>EL-M</sub>	Wh
Consommation d'énergie gaz mesurée pendant la totalité du cycle	W <sub>Gaz-M</sub>	Wh
Consommation d'énergie des ventilateurs/pompe	W <sub>EL-CORR</sub>	Wh
Consommation quotidienne en EP	W <sub>gaz-EL TC</sub>	Wh
Température d'eau chaude de référence	θ <sub>ref</sub>	°C

Il est possible de fournir des essais pour différentes conditions de températures extérieures. Les valeurs fournies par l'utilisateur doivent respecter l'ordre de priorité défini dans le tableau ci-dessous :

Text :	-7°C	+2°C	+7°C	+20°C	+35°C
Ordre de priorité	5	3	1	2	4

Tous les essais doivent obligatoirement être réalisés avec le même cycle de puisage.

#### 3.2.5.1 Calcul des consommations d'énergie primaire du cycle de puisage

Pour un cycle de puisage, la consommation quotidienne en énergie primaire est calculée selon l'équation suivante :

$$E_{EP-TC} = E_{elecco} \times prim_{ei} + (Q_{gaz} + Q_{gaz-tc}) \times prim_{gaz} + (24 - t_{TTC}) \times P_{es}$$

Où :

- E<sub>EP-TC</sub> est la consommation quotidienne en énergie primaire en kWh ;

- $E_{\text{elec}}$  est l'énergie électrique totale corrigée de la consommation des ventilateurs/pompes ;
- $Q_{\text{gaz}}$  est l'énergie totale gaz consommée ;
- $Q_{\text{gaz-tc}}$  est l'énergie gaz consommée complémentaire pour les puisages avec un  $\Delta T_{\text{requis}}$  de 45K ;
- $t_{\text{TTC}}$  est la durée du cycle d'essai, en heures ;
- $P_{\text{es}}$  est la puissance absorbée en énergie primaire en régime stabilisé ;
- $\text{prim}_{\text{ei}} = 2,58 \text{prim}_{\text{gaz}} = 1$

Les valeurs calculées des consommations quotidiennes en énergie primaire,  $E_{\text{EP-TTC}}$ , pour les différentes conditions de températures extérieures 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 de la norme NF EN 13203-5,
- **Justifiées** : 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 NF EN 13203-5 : la valeur de calcul est égale à 1,1\* valeur justifiée,
- **Déclarées** : la valeur utilisée dans le calcul est égale à 1,2 \* valeur déclarée. Une valeur utile max est introduite au §3.2.5.2. au niveau du COP hors pertes de stockage.
- **Par défaut** : Les consommations énergétiques étant dépendantes du besoin d'ECS et donc du cycle de puisage, il n'est pas possible de définir des valeurs par défaut au niveau des consommations. En revanche, la présente méthode propose des valeurs par défaut au niveau du calcul du COP hors pertes de stockage et sont présentée au §3.2.5.3.

### 3.2.5.2 Calcul du COP cycle

Le coefficient de performance en énergie primaire, pour le cycle de puisage retenu pour les essais, est calculé comme suit :

$$COP_{\text{ECS-EP}} = \frac{Q_{\text{TC}}}{E_{\text{EP-TC}}}$$

$Q_{\text{TC}}$  est l'énergie récupérée par l'eau, en kWh.

$Q_{\text{TC}}$	Volume d'eau à 60°C (en m <sup>3</sup> )	kWh
S	0,036	2,1 kWh
M	0,1002	5,8 kWh
L	0,1998	11,6 kWh
XL	0,325	18,9 kWh
XXL	0,42	24,4 kWh

$E_{\text{EP-TC}}$  est la consommation quotidienne en énergie primaire en kWh ;

### 3.2.5.3 Calcul des parts gaz et électrique

Le calcul de la part des consommations électriques se fait de la manière suivante :

$$Part_{Elec_{EP}} = \frac{(W_{EL-M} + W_{EL-CORR}) \times 2,58}{(W_{EL-M} + W_{EL-CORR}) \times 2,58 + W_{Gaz-M}}$$

Avec :

- $W_{EL-M}$  [Wh] : Consommation d'énergie électrique mesurée pendant la totalité du cycle
- $W_{EL-CORR}$  [Wh] : Consommation d'énergie électrique des ventilateurs/pompe
- $W_{Gaz-M}$  [Wh] : Consommation d'énergie gaz mesurée pendant la totalité du cycle

Et

$$Part_{gaz} = 1 - Part_{Elec_{EP}}$$

Ces parts de gaz et d'électricité sont calculées pour les différentes températures extérieures  $-7^{\circ}\text{C}$ ,  $+2^{\circ}\text{C}$ ,  $+7^{\circ}\text{C}$ ,  $+20^{\circ}\text{C}$  et  $+35^{\circ}\text{C}$  pour lesquelles des essais sont disponibles. Elles sont notées  $Part_{Gaz_{-7}}$ ,  $Part_{Gaz_{+2}}$ ,  $Part_{Gaz_{+7}}$ ,  $Part_{Gaz_{+20}}$ ,  $Part_{Gaz_{+35}}$ ,  $Part_{Elec_{EP_{-7}}}$ ,  $Part_{Elec_{EP_{+2}}}$ ,  $Part_{Elec_{EP_{+7}}}$ ,  $Part_{Elec_{EP_{+20}}}$  et  $Part_{Elec_{EP_{+35}}}$ .

### 3.2.6 Calcul du COP hors pertes de stockage : COP<sub>cycle\_HP\_EP</sub>

Dans les calculs de consommation, les pertes de stockage sont dissociées du COP<sub>ECS-EP</sub> global pour être calculées au pas horaire. Ainsi, on utilisera pour les calculs le COP hors pertes de stockage, noté COP<sub>cycle\_HP\_EP</sub>.

#### 3.2.6.1 Pour les températures extérieures faisant l'objet d'un essai certifié ou justifié

Les données d'essai étant disponibles, le COP hors pertes de stockage est exprimé ainsi :

$$COP_{cycle_{HP_{EP}}} = COP_{ECS-EP} \times \frac{Q_{TC}}{Q_{TC} - \frac{Pes}{1000} \times 24 \times COP_{ECS-EP}}$$

Avec selon le cycle de soutirage :

$Q_{TC}$	Volume d'eau à $60^{\circ}\text{C}$ (en $\text{m}^3$ )	kWh
S	0,036	2,1 kWh
M	0,1002	5,8 kWh
L	0,1998	11,6 kWh
XL	0,325	18,9 kWh
XXL	0,42	24,4 kWh

On calcule le COP hors pertes pour les différentes températures extérieures pour lesquelles des données d'essai sont disponibles :  $-7^{\circ}\text{C}$ ,  $+2^{\circ}\text{C}$ ,  $+7^{\circ}\text{C}$ ,  $+20^{\circ}\text{C}$  ou  $+35^{\circ}\text{C}$ . Ils sont alors dénommés respectivement  $\text{COP}_{\text{cycle\_HP\_EP-7}}$ ,  $\text{COP}_{\text{cycle\_HP\_EP+2}}$ ,  $\text{COP}_{\text{cycle\_HP\_EP+7}}$ ,  $\text{COP}_{\text{cycle\_HP\_EP+20}}$  et  $\text{COP}_{\text{cycle\_HP\_EP+35}}$ .

$\text{COP}_{\text{ECS-EP}}$  est calculé à partir des données de consommations pendant le cycle, corrigées selon la nature des valeurs (certifiées ou justifiées).

### 3.2.6.2 Cas des valeurs déclarées

Pour les valeurs d'essai d'origine déclarée, le calcul du COP hors pertes de stockage se fait de la manière suivante :

$$\text{COP}_{\text{cycle\_HP}} = \text{MIN} \left( \text{COP}_{\text{ECS-EP}} \times \frac{Q_{TC}}{Q_{TC} - \frac{P_{es}}{1000} \times 24 \times \text{COP}_{\text{ECS-EP}}}; Val_{\text{util-max-COP}} \right)$$

La valeur utile max pour les 5 températures d'essai correspond à :

$$Val_{\text{util-max-COP}} = \frac{R_{pn}}{0,8}$$

**Le rendement ECS d'une chaudière gaz à condensation,  $R_{pn}$** , est défini comme le rendement à pleine charge pour une température de fonctionnement de  $70^{\circ}\text{C}$ . Selon le §10.17.3.6.1 de la méthode TH-B-C-E, ce rendement peut être soit :

- **Certifié** : La saisie directe de 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 des normes harmonisées
- **Justifié** : La saisie de la valeur justifiée, diminuée de 10%, 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 des normes harmonisées.
- **Déclaré** : Pour la valeur déclarée, la valeur utilisée dans le calcul est égale à :

Rendement à pleine charge :

$R_{pn} = \text{Min} (0.8 \times R_{pn\text{decl}}, R_{pn\text{utile max}})$ ,  $R_{pn\text{decl}}$  étant la valeur déclarée par le fabricant, et  $R_{pn\text{utile max}}$  étant égale à 90%. »

- **Par défaut** : « Les valeurs par défaut indiquées dans le paragraphe 10.18 de la méthode TH-B-C-E sont retenues, soit :

$$R_{pn} = A + B \cdot \text{Log } P_n (\%)$$

Avec, pour les chaudières à condensation :

$$A = 91$$

$$\text{Et } B = 1$$

Pour les valeurs d'essai d'origine déclarée, le calcul de la part électrique se fait de la manière suivante :

$$Part_{Elec_{EP}} = MIN \left( \frac{(W_{EL-M} + W_{EL-CORR}) \times 2,58}{(W_{EL-M} + W_{EL-CORR}) \times 2,58 + W_{Gaz-M}} ; Val_{util-max-Partelec} \right)$$

La valeur utile max pour les 5 températures d'essai correspond à :

$$Val_{util-max-Partelec} = 0,02$$

### 3.2.6.3 Cas des valeurs par défaut

#### **Pour les essais correspondant aux températures extérieures de -7, +2 et +7°C**

Si les performances du générateur hybride ne sont pas connues à -7°C, +2°C ou +7°C, on retient par défaut :

$$COP_{cycle_{hp-EP-\theta_{ext}}} = Rpn$$

Avec :

Rpn, le rendement PCI à puissance nominale de la chaudière condensation. Conformément à la méthode de calcul TH-B-C-E, ce rendement est issu de données certifiées, justifiées ou par défaut (Cf. §3.3.5.2).

Les parts des consommations gaz et électrique par défaut sont prises respectivement égales :

$$Part_{Elec_{EP,ext}} = 0,02$$

$$Part_{Gaz_{\theta_{ext}}} = 0,98$$

#### **Pour l'essai correspondant à la température extérieure de +20°C**

En cas d'absence d'essai pour la température amont de +20°C, on retient les valeurs suivantes :

- $COP_{cycle_{HP_{EP+20}}} = COP_{cycle_{HP_{EP+7}}}$
- $Part_{Gaz_{20}} = Part_{Gaz_7}$
- $Part_{Elec-EP_{20}} = Part_{Elec-EP_7}$

#### **Pour l'essai correspondant à la température extérieure de +35°C**

En cas d'absence d'essai pour la température amont de +35°C, on retient les valeurs suivantes :

- $COP_{cycle_{HP_{EP+35}}} = COP_{cycle_{HP_{EP+20}}}$
- $Part_{Gaz_{35}} = Part_{Gaz_{20}}$

### 3.2.7 Calcul du COP hors pertes de stockage à la température extérieure $\theta_{ext}$ :

Pour chaque température horaire corrigée, le COP a été calculé comme suit :

#### 1- Calcul du COP horaire :

Soit h une heure dans l'année, la température extérieure moyenne horaire  $\theta_{ext\_h}$ , le COP est calculé de la manière suivante :

Au-delà de 35°C :

$$COP_{HP_{Ep_i}ext} = COP_{HP_{Ep_{i3}}}$$

Entre 20 et 35°C:

$$COP_{HP_{Ep_i}ext_h} = \frac{COP_{HP_{Ep_{i3}}} - COP_{HP_{Ep_{i20}}}}{15} \times (\theta_{ext_h} - 20) + COP_{HP_{Ep_{i20}}}$$

Entre 7 et 20°C:

$$COP_{HP_{Ep_i}ext_h} = \frac{COP_{HP_{Ep_{i20}}} - COP_{HP_{Ep_{i7}}}}{13} \times (\theta_{ext_h} - 7) + COP_{HP_{Ep_{i7}}}$$

Entre 2 et 7°C:

$$COP_{HP_{Ep_i}ext_h} = \frac{COP_{HP_{Ep_{i7}}} - COP_{HP_{Ep_{i2}}}}{5} \times (\theta_{ext_h} - 2) + COP_{HP_{Ep_{i2}}}$$

Entre -7 et 2°C:

$$COP_{HP_{Ep_i}ext_h} = \frac{COP_{HP_{Ep_{i2}}} - COP_{HP_{Ep_{i-7}}}}{9} \times (\theta_{ext_h} + 7) + COP_{HP_{Ep_{i-7}}}$$

En deçà de -7°C :

$$COP_{HP_{Ep_i}ext} = COP_{HP_{Ep_{i-7}}}$$

## 2- Calcul du COP moyen mensuel

Les COP horaires sont ensuite moyennés mois par mois car les besoins d'eau chaude sanitaire provenant de la méthode de calcul TH-B-C-E sont estimés mensuellement.

Calcul du COP hors pertes de stockage moyen mensuel :

$$COP_{HP_{Ep_i}} = \frac{\sum_{h_i} COP_{HP_{Ep_i}ext_h}}{Nbi}$$

$COP_{HP_{Ep_i}}$  = COP hors pertes de stockage moyen mensuel

Avec :

- Nbi = nombre d'heures dans le mois i
- h = variable horaire
- i = variable mensuelle

### 3.2.8 Détermination des parts gaz et électrique mensuelles à la température $\theta_{ext}$ :

Pour chaque température horaire corrigée, la part des consommations électriques est calculée comme suit :

#### 1- Calcul de la part des consommations électriques horaires

Soit  $h$  une heure dans l'année, la température extérieure moyenne horaire  $\theta_{ext\_h}$ , la part des consommations électriques dans les consommations d'ECS est calculée de la manière suivante :

Au-delà de 35°C :

$$Part_{Elec-EP_{\theta_{ext\_h}}} = Part_{Elec+35}$$

Entre 20 et 35°C :

$$Part_{Elec-EP_{\theta_{ext\_h}}} = \frac{Part_{Elec+35} - Part_{Elec+20}}{15} \times (\theta_{ext\_h} - 20) + Part_{Elec+20}$$

Entre 7 et 20°C :

$$Part_{Elec-EP_{\theta_{ext\_h}}} = \frac{Part_{Elec+20} - Part_{Elec+7}}{13} \times (\theta_{ext\_h} - 7) + Part_{Elec+7}$$

Entre 2 et 7°C :

$$Part_{Elec-EP_{\theta_{ext\_h}}} = \frac{Part_{Elec+7} - Part_{Elec+2}}{5} \times (\theta_{ext\_h} - 2) + Part_{Elec+2}$$

Entre -7 et 2°C :

$$Part_{Elec-EP_{\theta_{ext\_h}}} = \frac{Part_{Elec+2} - Part_{Elec-7}}{9} \times (\theta_{ext\_h} + 7) + Part_{Elec-7}$$

En deçà de -7°C :

## 2- Calcul de la part des consommations électriques moyenne mensuelle

La consommation d'ECS étant évaluée mois par mois en fonction des besoins et des COP mensuels, la part des consommations électriques est donc tout simplement moyennée sur le mois.

Calcul de la part d'électricité moyenne mensuelle dans les consommations d'ECS :

$$Part_{Elec_i} = \frac{\sum_{h_i} Part_{Elec-EP_{\theta_{ext\_h}}}}{N_{bi}}$$

$Part_{Elec_i}$  = Part d'électricité moyenne mensuelle dans les consommations d'ECS

Avec :

- $N_{bi}$  = nombre d'heures dans le mois  $i$
- $h$  = variable horaire
- $i$  = variable mensuelle

La part de gaz moyenne mensuelle dans les consommations d'ECS s'obtient alors de la manière suivante :

$$Part_{Gaz_i} = 1 - Part_{Elec_i}$$

### 3.2.9 Calcul des nouvelles consommations d'ECS

Les nouvelles consommations mensuelles d'ECS du mois  $i$ , notées  $C_{ECS\_TITRE\ V\_i}$  sont obtenues de la manière suivante :

$$C_{ECS_{TitreV_i}} = \frac{B_{ECS_i}}{COP_{HP_{EP,ext_i}}}$$

Les nouvelles consommations annuelles d'ECS, notées  $C_{ECS\_TITRE\ V}$  sont égales à :

$$C_{ECS_{TitreV}} = \sum_i C_{ECS_{TitreV_i}}$$

Le Cep du projet est alors :

$$C_{EP} = Cep_{initial} - Cep_{ECS_{initial}} + C_{ECS_{TitreV}}$$

### 3.2.10 Calcul de la nouvelle production d'ENR en mode ECS

Le calcul de la production d'ENR liée au générateur hybride en mode ECS, notée  $A_{epenr\_TITRE\ V}$  est calculé de la manière suivante :

$$A_{epenr_{TitreV}} = \sum_i C_{ECS_{TitreV_i}} \times (COP_{HP_{EP,ext_i}} - 1)$$

L' $A_{epenr}$  du projet est alors :

$$A_{epenr} = A_{epenr_{initial}} + A_{epenr_{TitreV}}$$

### 3.2.11 Calcul des nouvelles consommations annuelles de gaz et d'électricité

Les nouvelles consommations annuelles de gaz et d'électricité sont obtenues de la manière suivante :

$$C_{EP_{Gaz\_TitreV}} = Cep_{i,Gaz_{initial}} + \sum_i Part_{Gaz_i} \times C_{ECS_{TitreV_i}}$$

$$C_{EP_{Elec\_TitreV}} = Cep_{i,Elec_{initial}} - \frac{Cep_{i,ECS_{initial}}}{2,58} + \frac{\sum_i Part_{Elec_i} \times C_{ECS_{TitreV_i}}}{2,58}$$