

ANNEXE
MODALITÉS DE PRISE EN COMPTE DES APPAREILS ÉLECTRIQUES DE PRODUCTION
D'EAU CHAUDE SANITAIRE THERMODYNAMIQUE DANS LA RÉGLEMENTATION
THERMIQUE « GLOBALE » DES BÂTIMENTS EXISTANTS

1. Définition d'un appareil électrique de production d'eau chaude sanitaire thermodynamique

Au sens du présent arrêté, ces appareils de production d'eau chaude sanitaire sont des appareils :

- Dont le cycle thermodynamique est entraîné par un compresseur électrique ;
- Équipés à minima d'un thermostat de régulation ;
- Assurant soit uniquement la production d'eau chaude sanitaire, soit la production d'eau chaude sanitaire en plus d'une fonction de génération de chauffage;
- Conçus et fournis comme un ensemble ou qui peuvent être associés à un échangeur et/ou à un ballon de stockage, éventuellement équipé d'un système électrique ou hydraulique d'appoint ou de secours.

Les différentes technologies prises en compte par la présente méthode sont définies dans le chapitre suivant.

2. Domaine d'application

Le domaine d'application du présent arrêté couvre les appareils destinés aux bâtiments d'habitation individuels ou collectifs.

Les technologies prises en compte par la présente méthode sont les appareils équipés d'une pompe à chaleur avec une source froide qui est soit de l'air à température variable, soit de l'eau à température variable, soit le sol. Il s'agit des systèmes collectifs ou individuels pouvant être double ou simple service. Les systèmes fonctionnant au CO₂ sont eux aussi pris en compte dans la méthode.

Le système peut fonctionner soit pendant les heures creuses soit en continu.

Il s'agit d'un des types suivants :

- Air extrait / eau : la pompe à chaleur utilise les calories de l'air extrait du logement, extrait mécaniquement par un système de ventilation mécanique contrôlée simple flux. Le débit d'air extrait est conforme à la réglementation en vigueur et suffisant pour répondre à la totalité des besoins en eau chaude sanitaire ;
- Air extérieur / eau : la pompe à chaleur utilise les calories de l'air extérieur, directement ou en mélange avec l'air extrait. Ces systèmes sont équipés de techniques permettant de dégivrer l'échangeur sur l'air extérieur ou d'éviter son givrage. Si la ventilation est assurée par l'appareil et qu'il ne dispose que d'une vitesse pour la ventilation, l'étude thermique doit être faite avec un seul débit de ventilation, égal au débit de pointe ;
- Air ambiant non chauffé / eau : la pompe à chaleur utilise les calories de l'air ambiant non chauffé d'un local situé hors du volume chauffé (exemple : chaufferie, cave, garage), attenant au bâtiment chauffé ;
- Retour plancher chauffant : la pompe à chaleur puise les calories sur le retour d'un plancher chauffant. Hors période de chauffage le plancher chauffant sert de capteur et les calories captées sont gratuites. Durant la période de chauffage, les calories utilisées sont fournies par le système de chauffage du plancher chauffant. Si ce dernier utilise des calories gratuites, leur quote-part est prise en compte dans le calcul du COP_{ECS} ;
- Eau glycolée / eau par capteur enterré horizontal : la pompe à chaleur utilise les calories prélevées dans le sol à l'aide d'un réseau de capteurs enterrés horizontaux contenant de l'eau glycolée ;
- Eau glycolée / eau par capteur vertical : la pompe à chaleur utilise les calories prélevées dans le sol à l'aide d'une ou plusieurs sondes verticales contenant de l'eau glycolée ;

- Eau / eau : la pompe à chaleur puise les calories dans une nappe d'eau aquifère ;
- Sol / eau : la pompe à chaleur utilise les calories du sol prélevées par un capteur à détente directe enterré horizontalement qui joue le rôle de l'évaporateur.

Les systèmes semi-centralisés avec une production collective et un appoint individuel sont exclus du domaine d'application.

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

3.1. Méthodologie générale

Un premier calcul du projet est réalisé selon les règles Th-C-E ex, en modélisant le système de production d'eau chaude sanitaire du projet par un ballon de stockage électrique de volume identique au système de production d'eau chaude sanitaire thermodynamique prévue, avec une constante de refroidissement par défaut au sens des règles Th-C-E ex et une puissance correspondant à celle de la PAC en mode ECS.

Ce premier calcul permet d'obtenir le $Cep_{premier}$ du projet et le $Cep_{réf}$ correspondant. Ce calcul permet par ailleurs de produire la synthèse d'étude thermique visée à l'article 16 de l'arrêté du 13 juin 2008.

Le Cep_{projet_ECS} du projet est obtenu à partir du $Cep_{premier}$, en divisant la part du $Cep_{premier}$ liée à la consommation d'eau chaude sanitaire par un coefficient de conversion en eau chaude sanitaire thermodynamique, $COP_{equivalent}$.

$$Cep_{projet_ECS} = \frac{Cep_{premier_ECS}}{COP_{equivalent}} \quad (1)$$

Ce coefficient est déterminé comme suit :

$$COP_{equivalent} = \frac{C_{ECS-ballon-equivalent}}{C_{ECS-thermo-equivalent}} \quad (2)$$

Le calcul de $C_{ECS-thermo-equivalent}$ et de $C_{ECS-ballon-equivalent}$ est détaillé ci-après.

Deux catégories d'appareils sont identifiées pour l'approche calculatoire :

- **Catégorie 1** : Les appareils constitués d'une PAC et d'un ballon de stockage vendus ensemble de manière indissociable pour constituer un système de production d'ECS. La fonction ECS est caractérisée selon la norme NF EN 16147 avec un des profils de puisage M à 4XL.
- **Catégorie 2** : Les appareils constitués d'une PAC et d'un ballon de stockage, vendus ensemble de manière indissociable pour constituer un système de production d'ECS ne pouvant pas être caractérisés avec un des profils de la norme NF EN 16147 ou les PAC vendues indépendamment du ballon de stockage ECS. Ces appareils sont caractérisés par les performances de la PAC en mode chauffage selon la norme NF EN 14511 pour une température nominale et pour la température limite de fonctionnement de la PAC déclarée par le constructeur.

Afin de pouvoir réaliser le calcul de $COP_{equivalent}$ indépendamment du reste de la méthode de calcul et du moteur de calcul de la réglementation thermique, la méthode décrite ci-après utilise les moyennes mensuelles des données météorologiques de la réglementation thermique propres à chaque zone climatique. Le calcul des besoins, des pertes et des consommations liés à la production de l'eau chaude sanitaire s'effectue donc au pas

de temps mensuel.

3.1.1. Cas des solutions individuelles dans des bâtiments collectifs à usage d'habitation :

Afin de pouvoir intégrer les appareils individuels en habitat collectif et compte tenu du fait que leurs caractéristiques peuvent être différentes en fonction des configurations des logements, la méthodologie à employer est la suivante :

1. Calcul du coefficient de conversion en eau chaude sanitaire thermodynamique pour chaque type de logement ayant un ballon de production d'eau chaude sanitaire de caractéristiques identiques ;
 - Par exemple, on calculera le coefficient pour tous les studios, pour tous les T2... ayant un ballon identique ;
 - Si la surface des logements d'un groupe de calcul (même type de ballon et caractéristiques du ballon utilisé identiques) n'est pas identique, on fera la moyenne de la surface habitable ;
 - Dans le cas des logements de type duplex équipés de deux ballons, on les traitera comme deux logements différents avec, comme caractéristique de surface et de débit, les valeurs correspondantes à chacun des niveaux.
2. A partir des coefficients de conversion obtenus, on fera la moyenne des coefficients de conversion pondérée par la surface habitable des logements.

3.2. Génération d'eau chaude sanitaire

Les besoins d'eau chaude sanitaire du bâtiment sont calculés au pas de temps mensuel. La consommation énergétique, en énergie finale, des appareils de production d'eau chaude sanitaire thermodynamiques est alors calculée à partir d'un coefficient de performance énergétique corrigé.

$$C_{\text{ECS-ballon-equivalent}} = \sum_{i=1}^{12} C_{W_{\text{ballon}_i}} \quad (3)$$

$$C_{\text{ECS-thermo-equivalent}} = \sum_{i=1}^{12} C_{W_{\text{thermo}_i}} \quad (4)$$

$$C_{W_{\text{ballon}_i}} = \frac{Q_{w,i} + Q_{d,w,i}}{\text{COP}_i + Q_{g,w,i}} \quad (5)$$

$$C_{W_{\text{thermo}_i}} = \frac{Q_{w,i} + Q_{d,w,i}}{\text{COP}_{\text{ballon}} + Q_{g,w,i}} \quad (6)$$

$$\text{COP}_{\text{ballon}} = 1 \quad (7)$$

Avec :

- $Q_{w,i}$ besoins d'eau chaude sanitaire mensuels à 40°C (kW.h/m²) ;
- $Q_{d,w,i}$ pertes de distribution mensuelles (kW.h/m²) ;
- $Q_{g,w,i}$ pertes de stockage mensuelles (kW.h/m²),
- COP_i coefficient de performance mensuel de la pompe à chaleur, déterminé selon les modalités décrites ci-après ;
- $\text{COP}_{\text{ballon}}$ coefficient de performance du générateur effet Joule.

3.3. Besoins d'eau chaude sanitaire

Le calcul du besoin en eau chaude sanitaire $Q_{w,i}$, exprimé en kW.h/m², est basé sur le chapitre 8 de la méthode de calcul Th-C-E ex, définie par l'arrêté du 08 Août 2008.

Il est déterminé au pas mensuel à l'aide de la formule suivante :

$$Q_{w,i} = \frac{\rho_w * c_w * V_{uw,i} * (\theta_{uw} - \theta_{cw,i})}{Shon * 1000} \quad (8)$$

Avec :

- $\theta_{cw,i}$: moyenne mensuelle de la température d'eau froide en fonction de la zone climatique et de 5 relevés quotidiens (7 h, 8 h, 18 h, 20 h et 21 h), voir paragraphe 3.9.4 ;
- $V_{uw,i}$: volume mensuel puisé d'eau chaude mitigée à 40 °C.

Ce dernier volume, exprimé en litre, se calcule ainsi :

$$V_{uw,i} = a * ah_{moy} * Nu * 5 * nj \quad (9)$$

Avec :

- ah_{moy} : coefficient horaire moyen de la clé de répartition des besoins d'ECS, $ah_{moy} = 0,0286$;
- nj : nombre de jour par mois.

Les autres données sont reprises du chapitre 8 de la méthode de calcul Th-C-E ex, définie par l'arrêté du 08 Août 2008.

3.4. Pertes de distribution

Les pertes de distribution sont calculées conformément au chapitre 8 de la méthode de calcul Th-C-E ex, définie par l'arrêté du 08 Août 2008.

3.5. Pertes de stockage

3.5.1. Caractérisation des produits

3.5.1.1 Appareils électriques de la Catégorie 1

Pour ces appareils électriques, les performances sont déterminées conformément à la norme NF EN 16147, pour une température de référence $\theta'_{wh} \geq 52,5$ °C ou, pour les appareils avec ballon à eau technique pour une température de stockage de 52,5°C. La puissance électrique nécessaire pour compenser les pertes de stockage est P_{es} , exprimée en W.

La valeur de P_{es} à prendre en compte dans les calculs doit être précisée selon les règles suivantes :

- La valeur est 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 NF EN 16147 : la valeur de calcul est la valeur certifiée;
- La valeur est 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 16147 : la valeur de calcul est égale à 1,1* valeur justifiée ;

- En cas de valeur uniquement déclarative ou en l'absence de valeur, on utilise la valeur par défaut suivante pour une température de stockage de θ_{ecs} :

$$P_{es} = Q_{pr} * \frac{(\theta_{ecs} - 20)}{24 \cdot (65 - 20)} * 1000 \quad (10)$$

Avec Q_{pr} exprimé en kW.h/24 h suivant la formule :

$$Q_{pr} = 0,224 + 0,0663 * V^{\frac{2}{3}} \quad (11)$$

Avec V : le volume nominal du ballon en litre.

3.5.1.2 Appareils électriques de la Catégorie 2

Pour les ballons de stockage, les pertes statiques Q_{pr} sont données pour une température d'eau de 65°C dans une ambiance de 20 °C. Les pertes sont ramenées lors du calcul à la température de stockage :

$$Q_{pr_{ecs}} = Q_{pr} * \frac{(\theta_{ecs} - 20)}{(65 - 20)} \quad (122)$$

puis divisées par le COP final moyen pour la production d'eau chaude sanitaire.

La valeur de Q_{pr} à prendre en compte dans les calculs doit être précisée selon les règles suivantes :

- La valeur est 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 des normes européennes : la valeur de calcul est la valeur certifiée ;
- La valeur est justifiée 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 européennes : la valeur de calcul est égale à 1,1 * valeur justifiée ;
- En cas de valeur uniquement déclarative ou en l'absence de valeur, on utilise la valeur par défaut suivante pour un ballon de stockage couplé à une PAC exprimée en kW.h/24 h :

$$Q_{pr} = 0,189 * V^{0,55} \quad (133)$$

Avec V : volume nominal du ballon en litres.

3.5.2. Pertes brutes au pas horaire

Pour quantifier ces pertes brutes sur l'année en conditions de fonctionnement réel, il faut déterminer les pertes brutes d'énergie du ballon hors performance thermodynamique.

3.5.2.1 Appareils électriques de la Catégorie 1

Pour les appareils électriques testés selon la norme NF EN 16147, la puissance électrique nécessaire pour

compenser les pertes de stockage, P_{es} , doit être convertie en puissance thermique afin de déterminer si l'appareil a la puissance suffisante pour couvrir l'ensemble des besoins.

Si la puissance de réserve est prise par défaut, les pertes d'un ballon au pas horaire s'expriment en kW.h par :

$$Q_{g,w} = \frac{P_{es}}{1000} * 1 \quad (144)$$

Si la puissance de réserve est donnée, les pertes d'un ballon au pas horaire s'expriment en kW.h par :

$$Q_{g,w} = P_{es} * \frac{COP_{sans_pertes} * C_{corr}}{1000} \quad (15)$$

Avec :

- COP_{sans_pertes} , coefficient de performance corrigé des pertes par rapport au COP, le coefficient de performance aux conditions nominales de fonctionnement du système suivant la norme NF EN 16147 ;
- C_{corr} , coefficient à appliquer au COP_{sans_pertes} pour obtenir le COP s'appliquant à la PAC pour la compensation des pertes de stockage :
 - Air extrait : 0,38 ;
 - Air extérieur : 0,6 ;
 - Air ambiant : 0,49 ;
 - Géothermie eau de nappe : 0,56 ;
 - Géothermie eau glycolée : 0,67 ;
 - Géothermie à détente directe : 0,63 ;
 - Retour plancher : 0,24.

3.5.2.1 Appareils électriques de la Catégorie 2

Dans le cas du ballon de stockage dont les pertes brutes, Q_{pr_ecs} sont connues, les pertes au pas horaire s'expriment en kW.h ainsi :

$$Q_{g,w} = \frac{Q_{pr_ecs}}{24} \quad (16)$$

3.5.3. Pertes brutes mensuelles

Les pertes mensuelles en kW.h par m^2 Shon se déduisent ainsi :

$$Q_{g,w,i} = \frac{Q_{g,w} * 24 * n_j}{Shon} \quad (17)$$

3.5.4. Pertes nettes mensuelles

Pour les appareils électriques, testés selon la NF EN 16147, la puissance électrique nécessaire pour compenser les pertes de stockage est P_{es} , exprimée en W.

Cette puissance, donnée pour des conditions nominales, doit être corrigée en fonction du COP mensuel calculé.

$$Pes_i = Pes * \frac{COP_{DHW}}{COP_{sans_pertes_i}} \quad (168)$$

Dans le cas de l'air ambiant, la puissance est également corrigée avec la température d'équilibre du local non chauffé.

3.6. Appareils thermodynamiques électriques de la Catégorie 1

3.6.1. Détermination des valeurs de COP hors pertes de stockage (COP_{sans_pertes})

Dans les calculs de consommation, les pertes de stockage sont dissociées du COP_{DHW} normatif pour être calculées au pas horaire. Ainsi, on utilisera pour les calculs le COP hors pertes de stockage, COP_{sans_pertes} exprimé ainsi :

$$COP_{sans_pertes} = COP_{DHW} * \frac{Besoins_{Cycle}}{\left(Besoins_{Cycle} - Pes * 24 * \frac{COP_{DHW}}{1000} \right)} \quad (179)$$

Avec, selon le cycle de soutirage utilisé :

- M : $Besoins_{Cycle} = 5,845 \text{ kW.h}$,
- L : $Besoins_{Cycle} = 11,655 \text{ kW.h}$,
- XL : $Besoins_{Cycle} = 19,07 \text{ kW.h}$,
- XXL : $Besoins_{Cycle} = 24.53 \text{ kW.h}$,
- 3XL : $Besoins_{Cycle} = 46.76 \text{ kW.h}$,
- 4XL : $Besoins_{Cycle} = 93.52 \text{ kW.h}$.

La valeur de COP_{DHW} à prendre en compte dans les calculs doit être précisée selon les règles suivantes :

- La valeur est 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 NF EN 16147 : la valeur de calcul est la valeur certifiée;
- La valeur est justifiée 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 de la norme NF EN 16147 : la valeur de calcul de COP est égale à 0,9* valeur justifiée. Cette règle n'est utilisable que pour calculer, à partir de l'équation (20), les COP_{sans_pertes} pour lesquels il est précisé pour chaque technologie qu'il s'agit d'une caractéristique obligatoire pour réaliser le calcul, les autres valeurs de COP_{sans_pertes} étant alors calculées selon les équations énoncées dans le paragraphe « Valeurs par défaut pour le COP hors pertes COP_{sans_pertes} » dans les parties relatives à chaque technologie ;
- En cas de valeur uniquement déclarative ou en l'absence de valeur du COP_{DHW} , l'équation (20) ne s'applique pas. On utilise directement une valeur par défaut pour le COP_{sans_pertes} égale à $0.8 * Val_{util_max}$, Val_{util_max} étant définie technologie par technologie. Cette règle n'est utilisable que pour les COP_{sans_pertes} pour lesquels il est précisé pour chaque technologie qu'il s'agit d'une caractéristique obligatoire pour réaliser le calcul, les autres valeurs de COP_{sans_pertes} étant alors calculées selon les équations énoncées dans le paragraphe « Valeurs par défaut pour le COP hors pertes COP_{sans_pertes} » dans les parties relatives à chaque technologie.

3.6.2. Appareils électriques de production d'eau chaude sanitaire thermodynamique sur air extrait

La pompe à chaleur utilise les calories de l'air extrait du logement à partir d'une ventilation mécanique contrôlée simple flux.

3.6.2.1 Données nécessaires au calcul

Les données nécessaires au calcul et le moyen de les obtenir sont listés ci-dessous.

Ventilation :

- $Q_{\text{pointe_rep}}$, débit d'air extrait de pointe (m^3/h), voir méthode Th-C-E ex ;
- $Q_{\text{base_rep}}$, débit d'air extrait de base (m^3/h), voir méthode Th-C-E ex ;
- $Q_{\text{varep_spec}}$, débit d'air extrait spécifique (m^3/h), voir méthode Th-C-E ex.

Essai à débit d'air extrait Q_{inf} inférieur au débit $Q_{\text{varep_spec}}$ (Les valeurs des quatre paramètres suivants sont obligatoires pour réaliser le calcul) :

- Q_{inf} , débit d'air extrait pour l'essai selon la norme NF EN 16147 ;
- $P_{\text{nominale_inf}}$, puissance nominale calorifique de l'appareil pour le débit Q_{inf} et un air extrait à 20°C ;
- $\text{COP}_{+20^\circ\text{C_inf}}$, coefficient de performance énergétique de l'appareil fonctionnant sur de l'air extrait à 20°C pour le débit Q_{inf} , mesuré selon la norme NF EN 16147 ;
- P_{esinf} , puissance de réserve mesurée selon la norme NF EN 16147.

Essai à débit d'air extrait Q_{sup} supérieur au débit $Q_{\text{varepspec}}$ (facultatif) :

- Q_{sup} , débit d'air extrait pour l'essai selon la norme NF EN 16147 ;
- $P_{\text{nominale_sup}}$, puissance nominale calorifique de l'appareil pour le débit Q_{sup} et un air extrait à 20°C ;
- $\text{COP}_{+20^\circ\text{C_sup}}$, coefficient de performance énergétique de l'appareil fonctionnant sur de l'air extrait à 20°C pour le débit Q_{sup} , mesuré selon la norme NF EN 16147 ;
- P_{esup} , puissance de réserve mesurée selon la norme NF EN 16147.

Valeurs de calcul :

- Si seules les données pour le débit d'air extrait inférieur à $Q_{\text{varepspec}}$ sont communiquées) :
 - $P_{\text{nominale_calc}} = P_{\text{nominal_inf}}$;
 - $Q_{\text{calc}} = Q_{\text{inf}}$;
 - $\text{COP}_{+20^\circ\text{C_calc}} = \text{COP}_{+20^\circ\text{C_inf}}$;
 - $P_{\text{escalcalc}} = P_{\text{esinf}}$.
- Si les données « débit d'air extrait inférieur à $Q_{\text{varep_spec}}$ » et « débit supérieur à $Q_{\text{varep_spec}}$ » sont communiquées :

$$P_{\text{nominale_calc}} = P_{\text{nominale_inf}} + \frac{(P_{\text{nominale_sup}} - P_{\text{nominale_inf}})}{(Q_{\text{sup}} - Q_{\text{inf}})} * (Q_{\text{varep_spec}} - Q_{\text{inf}}) \quad (20)$$

$$O_{\text{calc}} = O_{\text{varep_spec}} \quad (21)$$

$$\text{COP}_{+20^\circ\text{C_calc}} = \text{COP}_{+20^\circ\text{C_inf}} + \frac{(\text{COP}_{+20^\circ\text{C_sup}} - \text{COP}_{+20^\circ\text{C_inf}})}{(Q_{\text{sup}} - Q_{\text{inf}})} * (Q_{\text{varep_spec}} - Q_{\text{inf}}) \quad (22)$$

$$P_{\text{escalcalc}} = P_{\text{esinf}} + \frac{(P_{\text{esup}} - P_{\text{esinf}})}{(Q_{\text{sup}} - Q_{\text{inf}})} * (Q_{\text{varep_spec}} - Q_{\text{inf}}) \quad (23)$$

3.6.2.2 Détermination du coefficient de performance mensuel COP_i

Les besoins d'eau chaude sanitaire à 40 °C et les pertes de distribution sont assurés en totalité par la pompe à chaleur.

$$\text{COP}_i = \text{COP}_{\text{sans_pertes } +20^\circ\text{C}} \quad (24)$$

Avec : $\text{COP}_{\text{sans_pertes}+20^\circ\text{C}}$, coefficient de performance hors pertes déterminé à partir de $\text{COP}_{+20^\circ\text{C_calc}}$ et de Pe_{scal} .

3.6.2.3 Ventilation

La ventilation retenue pour le calcul des consommations de chauffage sera de type mécanique simple flux.

Pour la réalisation du calcul initial avec la méthode Th-C-E ex, les données d'entrée concernant la ventilation sont les valeurs de débits et de puissance de ventilateur de l'appareil électrique individuel de production d'eau chaude sanitaire thermodynamique correspondant à son fonctionnement en mode ventilation.

3.6.3. Appareils électriques de production d'eau chaude sanitaire thermodynamique sur air extérieur

La pompe à chaleur utilise les calories de l'air extérieur. Ces systèmes sont équipés d'une solution de dégivrage ou de prévention du givrage.

Dans le cas de mélange avec de l'air extrait, le système assure également la ventilation. Il doit être obligatoirement équipé d'un ventilateur à vitesse réglable, ainsi que d'un système de pilotage du mélange air extérieur/air extrait garantissant le respect des débits réglementaires d'extraction.

3.6.3.1 Données nécessaires au calcul

Les données nécessaires au calcul et le moyen de les obtenir sont listés ci-dessous.

COP de l'appareil :

- $\text{COP}_{\text{sans_pertes } +7^\circ\text{C}}$: coefficient de performance de l'appareil en fonctionnement sur l'air extérieur à 7°C, déterminé à partir de $\text{COP}_{+7^\circ\text{C}}$, mesuré selon la norme NF EN 16147, et de la puissance de réserve associée.

A défaut, la valeur par défaut est calculée avec $\text{Val}_{\text{util_max}} = 2,7$, soit $\text{COP}_{\text{sans_pertes } +7^\circ\text{C}} = 2,16$.

Cette caractéristique de l'appareil est obligatoire pour réaliser le calcul.

- $\text{COP}_{\text{sans_pertes } +20^\circ\text{C}}$: coefficient de performance de l'appareil en fonctionnement sur l'air extérieur à 20°C, déterminé à partir de $\text{COP}_{+20^\circ\text{C}}$, mesuré selon la norme NF EN 16147, et de la puissance de réserve associée. A défaut, la valeur par défaut.
- $\text{COP}_{\text{sans_pertes } +15^\circ\text{C}}$: coefficient de performance de l'appareil en fonctionnement sur l'air extérieur à 15°C, déterminé à partir de $\text{COP}_{+15^\circ\text{C}}$, mesuré selon la norme NF EN 16147, et de la puissance de réserve associée. A défaut, utilisation de la valeur par défaut.
- $\text{COP}_{\text{sans_pertes } +2^\circ\text{C}}$: coefficient de performance de l'appareil en fonctionnement sur l'air extérieur à 2°C, déterminé à partir de $\text{COP}_{+2^\circ\text{C}}$, mesuré selon la norme NF EN 16147, et de la puissance de réserve associée. A défaut, utilisation de la valeur par défaut.
- $\text{COP}_{\text{sans_pertes } -7^\circ\text{C}}$: coefficient de performance de l'appareil en fonctionnement sur l'air extérieur à -7°C, déterminé à partir de $\text{COP}_{-7^\circ\text{C}}$, mesuré selon la norme NF EN 16147, et de la puissance de réserve associée. A défaut, utilisation de la valeur par défaut.

- $COP_{\text{sans_pertes}\theta_{\text{mini}}}$: coefficient de performance de l'appareil en fonctionnement sur l'air extérieur à θ_{mini} , déterminé à partir de $COP_{\theta_{\text{mini}}}$, selon la norme NF EN 16147 et de la puissance de réserve associée. A défaut, utilisation de la valeur par défaut.

Avec :

- o θ_{mini} : température minimale de fonctionnement de la pompe à chaleur (°C),
- o si θ_{mini} est inférieur à -7°C , prendre $\theta_{\text{mini}} = -7^{\circ}\text{C}$.

Pour un mélange avec de l'air extrait, données de ventilation :

- $Q_{\text{pointe_rep}}$: débit d'air extrait de pointe (m^3/h), voir méthode Th-C-E ex
- $Q_{\text{base_rep}}$: débit d'air extrait de base (m^3/h), voir méthode Th-C-E ex
- $Q_{\text{varep_spec}}$: débit d'air extrait de base (m^3/h), voir méthode Th-C-E ex
- $Q_{\text{varep_nominal}}$: débit d'air extrait nominal de l'appareil dans les conditions d'essai.

3.6.3.2 Valeurs par défaut pour les COP hors pertes $COP_{\text{sans_pertes}}$

Si les COP à $+20^{\circ}\text{C}$, $+15^{\circ}\text{C}$, $+2^{\circ}\text{C}$ et -7°C sont inconnus, les valeurs par défaut des $COP_{\text{sans_pertes}}$ sont calculées à partir du $COP_{\text{sans_pertes}+7^{\circ}\text{C}}$, en utilisant les règles suivantes :

$$COP_{\text{sans_pertes}+20^{\circ}\text{C}} = 1,25 * COP_{\text{sans_pertes}+7^{\circ}\text{C}} \quad (185)$$

$$COP_{\text{sans_pertes}+15^{\circ}\text{C}} = COP_{\text{sans_pertes}+7^{\circ}\text{C}} + \frac{(COP_{\text{sans_pertes}+20^{\circ}\text{C}} - COP_{\text{sans_pertes}+7^{\circ}\text{C}}) * 8}{13} \quad (196)$$

$$COP_{\text{sans_pertes}+2^{\circ}\text{C}} = 0,8 * COP_{\text{sans_pertes}+7^{\circ}\text{C}} \quad (27)$$

$$COP_{\text{sans_pertes}-7^{\circ}\text{C}} = 0,5 * COP_{\text{sans_pertes}+7^{\circ}\text{C}} \quad (208)$$

3.6.3.3 Coefficient de performance mensuel COP_i

Les besoins d'eau chaude sanitaire à 40°C et les pertes de distribution sont assurés par la pompe à chaleur qui fonctionne avec un COP corrigé en fonction de la température extérieure.

3.6.3.3.1 Détermination du coefficient de performance, $COP_{\text{sans_pertes}\theta_{\text{ext}}}$, selon la température extérieure moyenne

Pour chaque zone climatique sont données les températures extérieures moyennes mensuelles. Ces températures θ_{airext} sont corrigées en fonction de l'altitude.

Si l'appareil ne fonctionne que sur l'air extérieur :

$$\theta_{\text{ext}} = \theta_{\text{airext}} \quad (219)$$

Dans le cas de mélange air extrait/air extérieur la température d'air est corrigée en fonction de l'apport de l'air extrait :

- Si l'appareil dispose de deux vitesses de ventilation permettant d'assurer le débit de base et le débit de pointe :

$$\theta_{\text{ext}} = \theta_{\text{airext}} * \frac{(Q_{\text{vrep_nominal}} - Q_{\text{varep_spec}})}{Q_{\text{vrep_nominal}}} + 20 * \frac{Q_{\text{varep_spec}}}{Q_{\text{vrep_nominal}}} \quad (22)$$

- Si l'appareil ne dispose que d'une vitesse de ventilation, le calcul TH-C-E ex doit être fait avec un seul débit de ventilation, égal au débit de pointe :

$$\theta_{\text{ext}} = \theta_{\text{airext}} * \frac{(Q_{\text{vrep_nominal}} - Q_{\text{pointerep}})}{Q_{\text{vrep_nominal}}} + 20 * \frac{Q_{\text{pointerep}}}{Q_{\text{vrep_nominal}}} \quad (23)$$

Au-delà de 20°C :

$$COP_{\text{sans_pertes } \theta_{\text{ext}}} = COP_{\text{sans_pertes } +20^{\circ}\text{C}} \quad (2824)$$

De 15 °C à 20°C :

$$COP_{\text{sans_pertes } \theta_{\text{ext}}} = \frac{COP_{\text{sans_pertes } +20^{\circ}\text{C}} - COP_{\text{sans_pertes } +15^{\circ}\text{C}}}{5} * (\theta_{\text{ext}} - 15) + COP_{\text{sans_pertes } +15^{\circ}\text{C}} \quad (2925)$$

De 7 °C à 15°C :

$$COP_{\text{sans_pertes } \theta_{\text{ext}}} = \frac{COP_{\text{sans_pertes } +15^{\circ}\text{C}} - COP_{\text{sans_pertes } +7^{\circ}\text{C}}}{8} * (\theta_{\text{ext}} - 7) + COP_{\text{sans_pertes } +7^{\circ}\text{C}} \quad (3026)$$

De 2 °C à 7°C :

$$COP_{\text{sans_pertes } \theta_{\text{ext}}} = \frac{COP_{\text{sans_pertes } +7^{\circ}\text{C}} - COP_{\text{sans_pertes } +2^{\circ}\text{C}}}{5} * (\theta_{\text{ext}} - 2) + COP_{\text{sans_pertes } +2^{\circ}\text{C}} \quad (3127)$$

De θ_{mini} à 2°C :

$$COP_{\text{sans_pertes } \theta_{\text{ext}}} = \frac{COP_{\text{sans_pertes } +2^{\circ}\text{C}} - COP_{\text{sans_pertes } -7^{\circ}\text{C}}}{9} * (\theta_{\text{ext}} + 7) + COP_{\text{sans_pertes } -7^{\circ}\text{C}} \quad (3228)$$

Pour $\theta_{\text{ext}} < \theta_{\text{mini}}$:

$$COP_{\text{sans_pertes } \theta_{\text{ext}}} = 1 \quad (3329)$$

3.6.3.3.2 Détermination du COP corrigé, COP_i

Le COP corrigé prend en compte le nombre d'heures dans le mois où la température extérieure est inférieure à la température minimale de fonctionnement de la pompe à chaleur. Le fonctionnement est alors assuré par l'appoint, le COP pour l'appoint est pris égal à 1.

$$COP_i = \frac{(n_j \cdot 24 - h_{<\theta_{\text{mini}}}) \cdot COP_{\text{sans_pertes } \theta_{\text{ext}}} + h_{<\theta_{\text{mini}}} \cdot COP_{\text{sans_pertes } <\theta_{\text{mini}}}}{n_j \cdot 24} \quad (34)$$

Avec :

- n_j , nombre de jours par mois ;
- $h < \theta_{\text{mini}}$, nombre d'heures dans le mois pour lequel la température extérieure est inférieure à θ_{mini} .

$$COP_{\text{sans_pertes } <\theta_{\text{mini}}} = 1 \quad (35)$$

3.6.3.4 Ventilation

La ventilation retenue pour le calcul des consommations de chauffage sera de type mécanique simple flux. Pour la réalisation du premier calcul avec la méthode Th-C-E ex, les données d'entrée concernant la ventilation sont les valeurs de débits et de puissance de ventilateur de l'appareil électrique individuel de production d'eau chaude sanitaire thermodynamique correspondant à son fonctionnement en mode ventilation. Par exemple, pour un appareil ne disposant que d'une vitesse de ventilation, le débit à saisir, en base comme en pointe, sera le débit de pointe.

3.6.4. Appareils thermodynamiques électriques de production d'eau chaude sanitaire thermodynamique sur air ambiant d'un local non chauffé

La pompe à chaleur utilise les calories de l'air ambiant non chauffé d'un local situé hors du volume chauffé (chaufferie, cave, garage, etc.). Ce local est attenant au volume chauffé et ses parois donnant sur l'extérieur sont généralement non isolées. Ces systèmes peuvent être équipés d'une solution de dégivrage.

3.6.4.1 Données nécessaires au calcul

3.6.4.1.1 Caractéristiques du local non chauffé

Le local non chauffé est attenant à l'habitation selon trois types possibles : accolé, semi-enterré ou enterré. Il est par ailleurs caractérisé par :

- S_{LNC} , surface au sol du local non chauffé (m^2) ;
- H , la hauteur du local non chauffé (m) ;
- A_{iu} , aire intérieure de la paroi déperditive du bâtiment chauffé donnant sur le local non chauffé (m^2) ;
- U_{iu} , coefficient de déperditions par les parois entre l'habitation et le local non chauffé ($W/m^2.K$) ;
- U_{murs} , coefficient de déperditions par les murs entre local non chauffé et l'extérieur ($W/m^2.K$) ;
- $U_{plafond}$, coefficient de déperditions par le plafond entre le local non chauffé et l'extérieur ($W/m^2.K$) ;
- Q_{Renouv_air} , débit de renouvellement d'air du local non chauffé (m^3/h).

3.6.4.1.2 Caractéristiques de l'appareil électrique individuel de production d'eau chaude sanitaire thermodynamique

$COP_{sans_pertes +20^\circ C}$: coefficient de performance de l'appareil en fonctionnement sur l'air ambiant à $20^\circ C$, déterminé à partir de $COP_{+20^\circ C}$, mesuré selon la norme NF EN 16147, et de la puissance de réserve associée. A défaut, utilisation de la valeur par défaut.

$COP_{sans_pertes +15^\circ C}$: coefficient de performance de l'appareil en fonctionnement sur l'air ambiant à $15^\circ C$, déterminé à partir de $COP_{+15^\circ C}$, mesuré selon la norme NF EN 16147, et de la puissance de réserve associée. Cette caractéristique de l'appareil est obligatoire pour réaliser le calcul. A défaut, la valeur par défaut est calculée avec $V_{util_max} = 3,1$, soit $COP_{sans_pertes +15^\circ C} = 2,48$

$COP_{sans_pertes +7^\circ C}$: coefficient de performance sur l'air ambiant à $7^\circ C$, déterminé à partir de $COP_{+7^\circ C}$, mesuré selon la norme NF EN 16147, et de la puissance de réserve associée.

$COP_{sans_pertes \theta_{mini}}$: coefficient de performance de l'appareil en fonctionnement sur l'air ambiant à θ_{mini} déterminé à partir de $COP_{\theta_{mini}}$, mesuré selon la norme NF EN 16147, et de la puissance de réserve associée. A défaut, utilisation de la valeur par défaut.

θ_{mini} : température minimum de fonctionnement de la pompe à chaleur ($^\circ C$).

3.6.4.1.3 Consommation de chauffage de l'habitation

Besoin_Chauffage : besoin de chauffage selon l'étude Th-C-E ex, en kW.h/(m².an) ;

Cep_Chauffage : consommation de chauffage selon l'étude Th-C-E ex, en kW.h/(m².an).

3.6.4.2 Valeurs par défaut pour le COP hors pertes COP_{sans_pertes}

Les valeurs des COP_{sans_pertes} sont calculées à partir du COP_{sans_pertes +15°C}, en utilisant les règles suivantes :

$$\text{COP}_{\text{sans_pertes} +20^\circ\text{C}} = 1,1 * \text{COP}_{\text{sans_pertes} +15^\circ\text{C}} \quad (36)$$

$$\text{COP}_{\text{sans_pertes} +7^\circ\text{C}} = 0,85 * \text{COP}_{\text{sans_pertes} +15^\circ\text{C}} \quad (37)$$

$$\text{COP}_{\text{sans_pertes} -7^\circ\text{C}} = 0,5 * \text{COP}_{\text{sans_pertes} +7^\circ\text{C}} \quad (308)$$

3.6.4.3 Coefficient de performance mensuel COP_i

Les besoins d'eau chaude sanitaire à 40 °C et les pertes de distribution sont assurés par la pompe à chaleur qui fonctionne avec un COP corrigé en fonction de la température intérieure du local non chauffé.

3.6.4.3.1 Température ambiante d'un local non chauffé non équipé d'un appareil électrique individuel de production d'eau chaude sanitaire thermodynamique

Pour chaque zone climatique sont données les températures extérieures moyennes mensuelles. Ces températures θ_{ext} sont corrigées en fonction de l'altitude.

Les moyennes mensuelles de la température intérieure du local non chauffé sans influence d'un ballon thermodynamique, θ_{LNC} , sont déterminées de la façon suivante :

$$\theta_{\text{LNC}} = \frac{[\theta_{\text{LC}} * A_{\text{iu}} * U_{\text{iu}} + \theta_{\text{sol}} * A_{\text{sol}} * U_{\text{sol}} + \theta_{\text{ext}} * (A_{\text{ext}} * U_{\text{murs}} + S_{\text{LNC}} * U_{\text{plafond}} + 0,34 * Q_{\text{renouv_air}})]}{[A_{\text{iu}} * U_{\text{iu}} + A_{\text{sol}} * U_{\text{sol}} + A_{\text{ext}} * U_{\text{murs}} + S_{\text{LNC}} * U_{\text{plafond}} + 0,34 * Q_{\text{renouv_air}}]} \quad (319)$$

Avec :

- $\theta_{\text{LC}} = 19$ °C, température du local chauffé attenant au local non chauffé ;
- θ_{sol} , température du sol sous le local non chauffé = $\theta_{\text{cw_mensuel}}$ la température moyenne mensuelle d'eau froide ;
- θ_{ext} , température extérieure ;
- A_{totLNC} , surface totale des parois du local non chauffé avec largeur = 2/3 longueur.

$$A_{\text{totLNC}} = 2 * (S_{\text{LNC}} + \frac{5}{3} * H * (3 * \frac{S_{\text{LNC}}}{2})^{\frac{1}{2}}) \quad (4032)$$

Cas d'un local accolé :

$$A_{\text{ext}} = (A_{\text{totLNC}} - 2 * S_{\text{LNC}} - A_{\text{iu}}) \quad (4133)$$

$$A_{sol} * U_{sol} = 1,7 * S_{LNC} \quad (42)$$

Cas d'un local semi-enterré :

$$A_{ext} = \frac{A_{totLNC} - 2 * S_{LNC} - A_{iu}}{2} \quad (43)$$

$$A_{sol} * U_{sol} = S_{LNC} * 1,7 + \frac{A_{totLNC} - A_{iu}}{2} * U_{murs} \quad (44)$$

Cas d'un local enterré :

$$A_{ext} = 0 \quad (45)$$

$$A_{sol} * U_{sol} = S_{LNC} * 1,7 + \frac{A_{totLNC} - 2 * S_{LNC} - A_{iu}}{U_{murs}} \quad (46)$$

3.6.4.3.2 Température ambiante d'un local non chauffé équipé d'un appareil électrique individuel de production d'eau chaude sanitaire thermodynamique

L'abaissement de température provoqué par l'appareil électrique individuel de production d'eau chaude sanitaire thermodynamique est fonction des besoins énergétiques de celui-ci et des apports en provenance de l'habitation par l'intermédiaire des parois en contact avec le local non chauffé, du sol et de l'extérieur, auxquels on ajoute les pertes de stockage, récupérées à 48 %.

$$\theta_{amb} = \frac{\theta_{LC} * A_{iu} * U_{iu} + \theta_{sol} * A_{sol} * U_{sol} + \theta_{ext} * (A_{ext} * U_{murs} + S_{LNC} * U_{plafond} + 0,34 * Q_{renouv_air}) - Besoins_{frigo}}{A_{iu} * U_{iu} + A_{sol} * U_{sol} + A_{ext} * U_{murs} + S_{LNC} * U_{plafond} + 0,34 * Q_{renouv_air}} \quad (47)$$

Avec :

- $\theta_{LC} = 19 \text{ °C}$, température du local chauffé attendant au local non chauffé ;
- θ_{sol} , température du sol sous le local non chauffé = θ_{cw} -mensuel /la température moyenne mensuelle d'eau froide ;
- θ_{ext} , température extérieure.
- A_{totLNC} , la surface totale des parois du local non chauffé avec largeur = 2/3 longueur.

$$A_{totLNC} = 2 * (S_{LNC} + \frac{5}{3} * H * \left(3 * \frac{S_{LNC}}{2}\right)^{\frac{1}{2}}) \quad (348)$$

Cas d'un local accolé :

$$A_{ext} = (A_{totLNC} - 2 * S_{LNC} - A_{iu}) \quad (359)$$

$$A_{sol} * U_{sol} = 1,7 * S_{LNC} \quad (50)$$

Cas d'un local semi-enterré :

$$A_{ext} = \frac{A_{totLNC} - 2 * S_{LNC} - A_{iu}}{2} \quad (51)$$

$$A_{sol} * U_{sol} = S_{LNC} * 1,7 + \frac{A_{totLNC} - A_{iu}}{2} * U_{murs} \quad (52)$$

Cas d'un local enterré :

$$A_{ext} = 0 \quad (53)$$

$$A_{sol} * U_{sol} = S_{LNC} * 1,7 + (A_{totLNC} - 2 * S_{LNC} - A_{iu})/U_{murs} \quad (5436)$$

$$\text{Besoins}_{frigo} = \frac{Shon * 1000}{24 * nj} * \left[(Q_{w,mensuel} + Q_{d,w,mensuel} + Q_{g,w,mensuel}) * \left(1 - \frac{1}{COP_{+15^{\circ}C}} \right) - 0,48 * Q_{g,w,mensuel} \right] \quad (5537)$$

3.6.4.3 Détermination du COP

Le COP des appareils sur air ambiant non chauffé est calculé suivant la température ambiante du local non chauffé θ_{amb} .

Au-delà de 20°C:

$$COP_{sans_pertes_theta_{amb}} = COP_{sans_pertes+20^{\circ}C} \quad (5638)$$

De 15°C à 20°C:

$$COP_{sans_pertes_theta_{amb}} = \left(\frac{COP_{sans_pertes+20^{\circ}C} - COP_{sans_pertes+15^{\circ}C}}{5} \right) * (\theta_{amb} - 15) + COP_{sans_pertes+15^{\circ}C} \quad (397)$$

De 7°C à 15°C:

$$COP_{sans_pertes_theta_{amb}} = \left(\frac{COP_{sans_pertes+15^{\circ}C} - COP_{sans_pertes+7^{\circ}C}}{8} \right) * (\theta_{amb} - 7) + COP_{sans_pertes+7^{\circ}C} \quad (58)$$

De θ_{mini} à 7°C:

$$COP_{sans_pertes_theta_{amb}} = \frac{(COP_{sans_pertes+7^{\circ}C} - COP_{sans_pertes\theta_{mini}})}{(7 - \theta_{mini})} * (\theta_{mini} - \theta_{mini}) + COP_{sans_pertes\theta_{mini}} \quad (59)$$

Pour $\theta_{amb} < \theta_{mini}$:

$$COP_{sans_pertes_theta_{amb}} = COP_{sans_pertes\theta_{mini}} \quad (6040)$$

Si la température ambiante calculée est inférieure à la température d'arrêt de l'appareil, l'équilibre se fait à la température d'arrêt de l'appareil, le complément de puissance nécessaire étant fourni par l'appoint.

$$COP = * \frac{Q_{w,mensuel} + Q_{d,w,mensuel} + Q_{g,w,mensuel}}{\frac{P_{calomax}}{COP_{sans_pertes\theta_{mini}}} + P_{appoint}} \quad (61)$$

Avec :

$P_{calomax}$, puissance calorifique maximale pour un équilibre à θ_{mini} .

$$P_{calomax} = P_{frigomax} * \frac{COP_{\theta_{mini}}}{COP_{\theta_{mini}} - 1} \quad (62)$$

$$P_{frigomax} = 0,48 * Q_{g,w_{mensuel}} * \frac{Shon * 1000}{24 * nj} + (\theta_{LC} - \theta_{mini}) * A_{iu} * U_{iu} + (\theta_{sd} - \theta_{mini}) * A_{sol} * U_{sol} + (\theta_{ext} - \theta_{mini}) * (A_{ext} * U_{murs} + S_{LNC} * U_{plafond} + 0,34 * Q_{Renouv-air}) \quad (63)$$

$$P_{appoint} = (Q_{w_{mensuel}} + Q_{d,w_{mensuel}} + Q_{g,w_{mensuel}}) * \frac{Shon * 1000}{24 * nj} - P_{calomax} \quad (64)$$

3.6.4.4 Pertes de stockage corrigées

Les pertes de stockage sont fortement influencées par la température ambiante du local non chauffé. Il convient donc de recalculer la puissance électrique de réserve en fonction de l'évolution de θ_{amb} .

$$P_{es_i} = P_{es_{15^\circ C}} * \frac{24 * nj}{1000 * Shon} * \frac{COP_{sans_pertes+15^\circ C}}{COP_{sans_pertes \theta_{amb}}} * \frac{(50 - \theta_{amb})}{(50 - 15)} \quad (6541)$$

Avec :

- $COP_{sans_pertes+15^\circ C}$, coefficient de performance aux conditions nominales de fonctionnement du système, corrigé des pertes par rapport à $COP_{+15^\circ C}$, coefficient de performance déterminé suivant la norme NF EN 16147 ;
- $P_{es_{15^\circ C}}$, puissance de réserve associée ;
- θ_{amb} température du local où est situé le stockage.

3.6.4.5 Incidence sur la consommation de chauffage

Les apports non gratuits, exprimés en kW.h mensuels, sont les apports en provenance de l'habitation, ils sont comptabilisés pour chaque mois :

$$Apports(i)_{NonGratuits} = (\theta_{LNC} - \theta_{amb}) * A_{iu} * (U_{iu} + 0,6 * 0,34) * \frac{24 * nj}{1000} \quad (6642)$$

La surconsommation annuelle de chauffage, exprimée en kW.h ep/m².an est :

$$SurConsoChauffage = \sum Apports(i)_{NonGratuits} * \frac{Cep_{chauffage}}{Besoin_{Chauffage}} \quad (6743)$$

Cette consommation est ajoutée à la consommation de l'appareil électrique de production d'ECS thermodynamique pour déterminer le coefficient de conversion thermodynamique.

3.6.5. Appareils thermodynamiques électriques de production d'eau chaude sanitaire thermodynamique sur capteurs géothermiques enterrés horizontaux à eau glycolée

La pompe à chaleur utilise les calories prélevées dans le sol à l'aide d'un réseau de capteurs enterrés horizontaux contenant de l'eau glycolée.

3.6.5.1 Données nécessaires au calcul

$COP_{\text{sans_pertes } 0^{\circ}\text{C}}$, coefficient de performance de l'appareil en fonctionnement sur eau glycolée à 0°C , déterminé à partir de $COP_{0^{\circ}\text{C}}$, mesuré selon la norme NF EN 16147, et de la puissance de réserve associée. Cette caractéristique de l'appareil est obligatoire pour réaliser le calcul.

A défaut, la valeur par défaut est calculée avec $Val_util_max = 3,7$, soit $COP_{\text{sans_pertes } 0^{\circ}\text{C}} = 2,96$.

3.6.5.2 Valeurs par défaut pour le COP hors pertes $COP_{\text{sans_pertes}}$

Les valeurs par défaut des $COP_{\text{sans_pertes}}$ sont calculées à partir du $COP_{\text{sans_pertes } 0^{\circ}}$, en utilisant les règles suivantes :

$$COP_{\text{sans_pertes}+10^{\circ}\text{C}} = COP_{\text{sans_pertes } 0^{\circ}\text{C}} * 1,2 \quad (6844)$$

$$COP_{\text{sans_pertes}+5^{\circ}\text{C}} = COP_{\text{sans_pertes } 0^{\circ}\text{C}} * 1,3 \quad (459)$$

3.6.5.3 Coefficient de performance mensuel COP_i

3.6.5.3.1 Détermination du coefficient de performance, $COP_{\theta_{\text{eau glycolée}}}$, selon la température d'eau glycolée en sortie de capteurs géothermiques enterrés horizontaux

Pour chaque zone climatique sont données les températures mensuelles moyennes d'eau glycolée en sortie de capteurs géothermiques enterrés horizontaux. Ces températures $\theta_{\text{eau glycolée}}$ sont corrigées en fonction de l'altitude en appliquant la formule de calcul aux températures extérieures corrigées.

De 0°C à 5°C :

$$COP_{\text{sans_pertes } \theta_{\text{eau glycolée}}} = \left(\frac{COP_{\text{sans_pertes}+5^{\circ}\text{C}} - COP_{\text{sans_pertes } 0^{\circ}\text{C}}}{5} \right) * \theta_{\text{eau glycolée}} + COP_{\text{sans_pertes } 0^{\circ}\text{C}} \quad (70)$$

3.6.5.3.2 Détermination du COP corrigé mensuel, COP_i

Les besoins d'eau chaude sanitaire à 40°C et les pertes de distribution sont assurés en totalité par la pompe à chaleur.

$$COP_i = COP_{\text{sans_pertes } \theta_{\text{eau glycolée}}} \quad (7146)$$

3.6.6. Appareils électriques de production d'eau chaude sanitaire thermodynamique sur capteurs verticaux à eau glycolée

La pompe à chaleur utilise les calories prélevées dans le sol à l'aide de capteurs enterrés verticaux contenant de l'eau glycolée, de profondeur supérieure à 20 mètres.

3.6.6.1 Données nécessaires au calcul

$COP_{\text{sans_pertes } 0^{\circ}\text{C}}$: coefficient de performance de l'appareil en fonctionnement sur eau glycolée à 0°C , déterminé à partir de $COP_{0^{\circ}\text{C}}$, mesuré selon la norme NF EN 16147 et de la puissance de réserve associée. Cette caractéristique de l'appareil est obligatoire pour réaliser le calcul.

A défaut, la valeur par défaut est calculée avec $Val_util_max = 3,7$, soit $COP_{\text{sans_pertes } 0^{\circ}\text{C}} = 2,96$.

3.6.6.2 Valeurs par défaut pour le COP hors pertes $COP_{\text{sans_pertes}}$

Les valeurs par défaut des $COP_{\text{sans_pertes}}$ sont calculées à partir du $COP_{\text{sans_pertes } 0^{\circ}\text{C}}$, en utilisant les règles suivantes :

$$COP_{\text{sans_pertes}+10^{\circ}\text{C}} = COP_{\text{sans_pertes } 0^{\circ}\text{C}} * 1,2 \quad (72)$$

$$COP_{\text{sans_pertes}+5^{\circ}\text{C}} = COP_{\text{sans_pertes } 0^{\circ}\text{C}} * 1,1 \quad (7347)$$

3.6.6.3 Coefficient de performance mensuel COP_i

Les besoins d'eau chaude sanitaire à 40°C et les pertes de distribution sont assurés en totalité par la pompe à chaleur.

$$COP_i = COP_{\text{sans_pertes}+5^{\circ}\text{C}} \quad (74)$$

3.6.7. Appareils électriques de production d'eau chaude sanitaire thermodynamique sur eau de nappe aquifère

La pompe à chaleur utilise les calories prélevées dans l'eau d'une nappe aquifère.

3.6.7.1 Données nécessaires au calcul

$COP_{\text{sans_pertes}+10^{\circ}\text{C}}$: coefficient de performance de l'appareil en fonctionnement sur eau à 10°C , déterminé à partir de $COP_{10^{\circ}\text{C}}$, mesuré selon la norme NF EN 16147 et de la puissance de réserve associée.

Si la valeur de $COP_{\text{sans_pertes}+10^{\circ}\text{C}}$ est manquante, on utilise la valeur par défaut suivante :

$$COP_{\text{sans_pertes}+10^{\circ}\text{C}} = COP_{\text{sans_pertes } 0^{\circ}\text{C}} * 1,2 \quad (75)$$

Avec $COP_{\text{sans_pertes } 0^{\circ}\text{C}}$, coefficient de performance de l'appareil en fonctionnement sur eau glycolée à 0°C , déterminé à partir de $COP_{0^{\circ}\text{C}}$, mesuré selon la norme NF EN 16147, et de la puissance de réserve associée.

Cette caractéristique de l'appareil est obligatoire pour réaliser le calcul.

A défaut, la valeur par défaut est calculée avec $Val_util_max = 3,7$, soit $COP_{\text{sans_pertes}+10^{\circ}\text{C}} = 2,96$.

3.6.7.2 Coefficient de performance mensuel COP_i

Les besoins d'eau chaude sanitaire à 40°C et les pertes de distribution sont assurés en totalité par la pompe à chaleur.

$$COP_i = COP_{\text{sans pertes}+10^\circ\text{C}} \quad (76)$$

3.6.8. Appareils électriques de production d'eau chaude sanitaire thermodynamique sur retour plancher chauffant

La pompe à chaleur utilise les calories prélevées sur le retour du plancher chauffant.

3.6.8.1 Données nécessaires au calcul

$COP_{\text{sans_pertes}+25^\circ\text{C}}$: coefficient de performance de l'appareil en fonctionnement sur eau à 25°, déterminée à partir de $COP_{+25^\circ\text{C}}$, mesuré selon un essai reprenant le protocole de la norme NF EN 16147 en prenant une source d'eau à 25°C et la puissance de réserve associée. Cette caractéristique de l'appareil est obligatoire pour réaliser le calcul.

A défaut, la valeur par défaut est calculée avec $Val_util_max = 3.7$, soit $COP_{\text{sans_pertes}+25^\circ\text{C}} = 2.96$.

Pour la saisie des performances, il est uniquement possible de saisir le point pivot (COP et Puissance absorbée) et de choisir le statut des valeurs saisies (certifiées, justifiées, mesurées et par défaut).

La valeur par défaut du COP est égale à la valeur par défaut du COP de la PAC eau de nappe/eau en mode ECS de la méthode Th-BCE.

Figure 1 : Extrait du Titre V RT2012 sur retour plancher

Données étude thermique Th-C-E ex :

- Besoin Chauffage, besoin de chauffage selon l'étude Th-C-E ex en kW.h/(m².an).
- Cep_Chauffage, consommation de chauffage selon l'étude Th-C-E ex en kW.h/(m².an)

3.6.8.2 Valeurs par défaut pour le COP hors pertes $COP_{\text{sans_pertes}}$

Les valeurs par défaut des $COP_{\text{sans_pertes}}$ sont calculées à partir du $COP_{\text{sans_pertes}+25^\circ\text{C}}$, en utilisant les règles suivantes :

$$COP_{\text{sans pertes}+20^\circ\text{C}} = 0,9 * COP_{\text{sans pertes}+25^\circ\text{C}} \quad (487)$$

$$COP_{\text{sans pertes}+30^\circ\text{C}} = 1,1 * COP_{\text{sans pertes}+25^\circ\text{C}} \quad (78)$$

3.6.8.3 Coefficient de performance mensuel COP_i

Les besoins d'eau chaude sanitaire à 40° et les pertes de distribution sont assurés en totalité par la pompe à chaleur qui fonctionne avec un COP corrigé en fonction du générateur utilisé sur le retour plancher chauffant.

3.6.8.3.1 Boucle d'eau de chauffage : plancher chauffant

Durant la période de chauffage (octobre à avril, 7 mois), $COP_i = COP_{\text{sans_pertes} + 30^\circ\text{C}}$

En dehors de la période de chauffage (mai à septembre, 5 mois), $COP_i = COP_{\text{sans_pertes} + 20^\circ\text{C}}$

3.6.8.4 Surconsommation chauffage

Pour chaque mois en période de chauffage, on calcule la puissance frigorifique prélevée par l'appareil électrique autonome de production d'ECS thermodynamique.

$$\text{Apports}(i)_{\text{NonGratuits}} = \frac{(Q_{w_i} + Q_{d,w_i} + Q_{g,w_i}) * (1 - \beta_{\text{Gratuit}})}{1 - \frac{1}{COP_i}} \quad (79)$$

La surconsommation annuelle de chauffage, exprimée en kW.h ep/(m².an) est déterminée comme suit :

$$\text{SurConsoChauffage} = \sum \text{Apports}(i)_{\text{NonGratuits}} * \frac{Cep_{\text{Chauffage}}}{\text{Besoin}_{\text{Chauffage}}} \quad (8049)$$

Cette consommation est ajoutée à la consommation de l'appareil électrique de production d'ECS thermodynamique pour déterminer le coefficient de conversation thermodynamique.

3.7. Appareils électriques assurant la production d'eau chaude sanitaire thermodynamique de la Catégorie 2

Température de stockage θ_{ECS} : La température de stockage θ_{ECS} doit être supérieure ou égale à 52,5°C pour le calcul des consommations d'eau chaude sanitaire.

3.7.1. Pompe à chaleur Air/Eau

3.7.1.1 Données nécessaires au calcul

T_{MaxPAC} : température maximale de départ d'eau de la PAC.

$P_{+7^\circ\text{C}/+45^\circ\text{C}}$: puissance nominale sur l'air extérieur à 7 °C pour un départ PAC à 45 °C, déterminée selon la norme NF EN 14-511. Cette caractéristique de l'appareil est obligatoire pour réaliser le calcul (en kW).

$COP_{+7^\circ\text{C}/+45^\circ\text{C}}$: coefficient de performance sur l'air extérieur à 7 °C pour un départ PAC à 45 °C, déterminé selon la norme NF EN 14-511. Cette caractéristique de l'appareil est obligatoire pour réaliser le calcul.

$P_{+2^\circ\text{C}/+45^\circ\text{C}}$: puissance nominale sur l'air extérieur à 2 °C pour un départ PAC à 45 °C, déterminée selon la norme NF EN 14-511. A défaut, utiliser la valeur par défaut (en kW).

$COP_{+2^\circ\text{C}/+45^\circ\text{C}}$: coefficient de performance sur l'air extérieur à 2 °C pour un départ PAC à 45 °C, déterminé selon la norme NF EN 14-511. A défaut, utiliser la valeur par défaut.

$P_{-7^\circ\text{C}/+45^\circ\text{C}}$: puissance nominale sur l'air extérieur à -7 °C pour un départ PAC à 45 °C, déterminée selon la norme NF EN 14-511. A défaut, utiliser la valeur par défaut (en kW).

$COP_{-7^{\circ}C/+45^{\circ}C}$: coefficient de performance sur l'air extérieur à $-7^{\circ}C$ pour un départ PAC à $45^{\circ}C$, déterminé selon la norme NF EN 14-511. A défaut, utiliser la valeur par défaut.

$P_{+7^{\circ}C/T_{maxPAC}}$: puissance nominale sur l'air extérieur à $7^{\circ}C$ pour un départ PAC à T_{MaxPAC} , déterminée selon la norme NF EN 14-511. A défaut, utiliser la valeur par défaut.

$COP_{+7^{\circ}C/T_{maxPAC}}$: coefficient de performance sur l'air extérieur à $7^{\circ}C$ pour un départ PAC à T_{MaxPAC} , déterminé selon la norme NF EN 14-511. A défaut, utiliser la valeur par défaut.

$P_{+2^{\circ}C/T_{maxPAC}}$: puissance nominale sur l'air extérieur à $2^{\circ}C$ pour un départ PAC à T_{MaxPAC} , déterminée selon la norme NF EN 14-511. A défaut, utiliser la valeur par défaut (en kW).

$COP_{+2^{\circ}C/T_{maxPAC}}$: coefficient de performance sur l'air extérieur à $2^{\circ}C$ pour un départ PAC à T_{MaxPAC} , déterminé selon la norme NF EN 14-511. A défaut, utiliser la valeur par défaut.

$P_{-7^{\circ}C/T_{maxPAC}}$: puissance nominale sur l'air extérieur à $-7^{\circ}C$ pour un départ PAC à T_{MaxPAC} , déterminée selon la norme NF EN 14-511. A défaut, utiliser la valeur par défaut.

$COP_{-7^{\circ}C/T_{maxPAC}}$: coefficient de performance sur l'air extérieur à $-7^{\circ}C$ pour un départ PAC à T_{MaxPAC} , déterminé selon la norme NF EN 14-511. A défaut, utiliser la valeur par défaut.

Q_{PAC} : débit nominal au condenseur de la PAC pour la production d'eau chaude sanitaire (en m^3/h).

Type d'échangeur : ballon à serpentin / ballon en bain marie / échangeur à plaques

$A_{Echangeur}$: surface d'échange de l'échangeur (en m^2)

Si le ballon de stockage est équipé d'un échangeur à plaques, les données suivantes sont obligatoires pour réaliser le calcul :

- Q_{ECS} : débit de la pompe de circulation ECS ;
- $P_{AbsPompeECS}$: puissance absorbée par la pompe de circulation ECS (W) ;
- $H_{manoECS}$: hauteur manométrique de la pompe de circulation ECS à débit nul (m) ;
- Δk : pincement entre la température moyenne primaire et secondaire pour les débits/puissances primaire (PAC) et secondaire (Eau chaude sanitaire).

La valeur de $COP_{+7^{\circ}C/+45^{\circ}C}$ à prendre en compte dans les calculs doit être précisée selon les règles suivantes :

- La valeur est 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 des normes européennes : la valeur de calcul est la valeur certifiée ;
- La valeur est 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 des normes européennes : la valeur de calcul est égale à $0,9 * \text{valeur justifiée}$;
- En cas de valeur uniquement déclarative ou en l'absence de valeur, on utilise la valeur par défaut suivante :
- $COP_{+7^{\circ}C/+45^{\circ}C} = 2,7$.

3.7.1.2 Valeurs par défaut

Les valeurs par défaut sont définies selon les règles de la RT2012.

A partir du point à +7°C et pour chaque température d'eau n le cas échéant, on applique :

- $P_{-7^{\circ}\text{C}/n} = 0,5 * P_{+7^{\circ}\text{C}/n}$
- $\text{COP}_{-7^{\circ}\text{C}/n} = 0,5 * \text{COP}_{+7^{\circ}\text{C}/n}$
- $P_{+2^{\circ}\text{C}/n} = 0,80 * P_{+7^{\circ}\text{C}/n}$
- $\text{COP}_{+2^{\circ}\text{C}/n} = 0,80 * \text{COP}_{+7^{\circ}\text{C}/n}$
- $P_{+20^{\circ}\text{C}/n} = 1,25 * P_{+7^{\circ}\text{C}/n}$
- $\text{COP}_{+20^{\circ}\text{C}/n} = 1,25 * \text{COP}_{+7^{\circ}\text{C}/n}$

Et pour chaque autre température extérieure n, on considère :

- $P_{n/35^{\circ}\text{C}} = P_{n/45^{\circ}\text{C}}$
- $P_{n/55^{\circ}\text{C}} = P_{n/45^{\circ}\text{C}}$
- $P_{n/65^{\circ}\text{C}} = P_{n/45^{\circ}\text{C}}$
- $\text{COP}_{n/35^{\circ}\text{C}} = 1,2 * \text{COP}_{n/45^{\circ}\text{C}}$
- $\text{COP}_{n/55^{\circ}\text{C}} = 0,8 * \text{COP}_{n/45^{\circ}\text{C}}$
- $\text{COP}_{n/65^{\circ}\text{C}} = 0,6 * \text{COP}_{n/45^{\circ}\text{C}}$

Si Tmax est comprise entre 45 et 55 °C,

$$\text{COP}_{n/\text{Tmax}} = \text{COP}_{n/45^{\circ}\text{C}} + \frac{\text{COP}_{n/55^{\circ}\text{C}} - \text{COP}_{n/45^{\circ}\text{C}}}{10} * (\text{Tmax} - 45) \quad (8150)$$

Si Tmax est comprise entre 55 et 65 °C,

$$\text{COP}_{n/\text{Tmax}} = \text{COP}_{n/55^{\circ}\text{C}} + \frac{\text{COP}_{n/65^{\circ}\text{C}} - \text{COP}_{n/55^{\circ}\text{C}}}{10} * (\text{Tmax} - 55) \quad (8251)$$

3.7.1.3 Coefficient de performance mensuel COP_i

Les besoins d'eau chaude sanitaire à 40°C et les pertes de distribution sont assurés par la pompe à chaleur qui fonctionne avec un COP corrigé en fonction de la température extérieure.

3.7.1.3.1 Détermination des performances de la PAC pour un départ à 35 °C et un départ à TMAXPAC selon la température extérieure moyenne

Pour chaque zone climatique sont données les températures extérieures moyennes mensuelles. Ces températures θ_{ext} sont corrigées en fonction de l'altitude.

Pour $\theta_{\text{ext}} > 20^{\circ}\text{C}$:

$$\text{COP}_{\theta_{\text{ext}}/+35^{\circ}\text{C}} = \text{COP}_{+20^{\circ}\text{C}/+35^{\circ}\text{C}} \quad (8352)$$

$$P_{\theta_{\text{ext}}/+35^{\circ}\text{C}} = P_{+20^{\circ}\text{C}/+35^{\circ}\text{C}} \quad (84)$$

$$\text{COP}_{\theta_{\text{ext}}/\text{TmaxPAC}} = \text{COP}_{+20^{\circ}\text{C}/\text{TmaxPAC}} \quad (8553)$$

$$P_{\theta_{\text{ext}}/\text{TmaxPAC}} = P_{+20^{\circ}\text{C}/\text{TmaxPAC}} \quad (86)$$

De 7 °C à 20 °C :

$$\text{COP}_{\theta_{\text{ext}}/+35^{\circ}\text{C}} = \frac{\text{COP}_{+20^{\circ}\text{C}/+35^{\circ}\text{C}} - \text{COP}_{+7^{\circ}\text{C}/+35^{\circ}\text{C}}}{13} * (\theta_{\text{ext}} - 7) + \text{COP}_{+7^{\circ}\text{C}/+35^{\circ}\text{C}} \quad (87)$$

$$P_{\theta_{\text{ext}}/+35^{\circ}\text{C}} = \frac{P_{+20^{\circ}\text{C}/+35^{\circ}\text{C}} - P_{+7^{\circ}\text{C}/+35^{\circ}\text{C}}}{13} * (\theta_{\text{ext}} - 7) + P_{+7^{\circ}\text{C}/+35^{\circ}\text{C}} \quad (88)$$

$$\text{COP}_{\theta_{\text{ext}}/T_{\text{maxPAC}}} = \frac{\text{COP}_{+20^{\circ}\text{C}/T_{\text{maxPAC}}} - \text{COP}_{+7^{\circ}\text{C}/T_{\text{maxPAC}}}{13} * (\theta_{\text{ext}} - 7) + \text{COP}_{+7^{\circ}\text{C}/T_{\text{maxPAC}}} \quad (8549)$$

$$P_{\theta_{\text{ext}}/T_{\text{maxPAC}}} = \frac{P_{+20^{\circ}\text{C}/T_{\text{maxPAC}}} - P_{+7^{\circ}\text{C}/T_{\text{maxPAC}}}{13} * (\theta_{\text{ext}} - 7) + P_{+7^{\circ}\text{C}/T_{\text{maxPAC}}} \quad (90)$$

De 2 °C à 7 °C :

$$\text{COP}_{\theta_{\text{ext}}/+35^{\circ}\text{C}} = \frac{\text{COP}_{+7^{\circ}\text{C}/+35^{\circ}\text{C}} - \text{COP}_{+2^{\circ}\text{C}/+35^{\circ}\text{C}}}{5} * (\theta_{\text{ext}} - 2) + \text{COP}_{+2^{\circ}\text{C}/+35^{\circ}\text{C}} \quad (9155)$$

$$P_{\theta_{\text{ext}}/+35^{\circ}\text{C}} = \frac{P_{+7^{\circ}\text{C}/+35^{\circ}\text{C}} - P_{+2^{\circ}\text{C}/+35^{\circ}\text{C}}}{5} * (\theta_{\text{ext}} - 2) + P_{+2^{\circ}\text{C}/+35^{\circ}\text{C}} \quad (92)$$

$$\text{COP}_{\theta_{\text{ext}}/T_{\text{maxPAC}}} = \frac{\text{COP}_{+7^{\circ}\text{C}/T_{\text{maxPAC}}} - \text{COP}_{+2^{\circ}\text{C}/T_{\text{maxPAC}}}{5} * (\theta_{\text{ext}} - 2) + \text{COP}_{+2^{\circ}\text{C}/T_{\text{maxPAC}}} \quad (9356)$$

$$P_{\theta_{\text{ext}}/T_{\text{maxPAC}}} = \frac{P_{+7^{\circ}\text{C}/T_{\text{maxPAC}}} - P_{+2^{\circ}\text{C}/T_{\text{maxPAC}}}{5} * (\theta_{\text{ext}} - 2) + P_{+2^{\circ}\text{C}/T_{\text{maxPAC}}} \quad (94)$$

De -7 °C à 2 °C :

$$\text{COP}_{\theta_{\text{ext}}/+35^{\circ}\text{C}} = \frac{\text{COP}_{+2^{\circ}\text{C}/+35^{\circ}\text{C}} - \text{COP}_{-7^{\circ}\text{C}/+35^{\circ}\text{C}}}{9} * (\theta_{\text{ext}} + 7) + \text{COP}_{-7^{\circ}\text{C}/+35^{\circ}\text{C}} \quad (95)$$

$$P_{\theta_{\text{ext}}/+35^{\circ}\text{C}} = \frac{P_{+2^{\circ}\text{C}/+35^{\circ}\text{C}} - P_{-7^{\circ}\text{C}/+35^{\circ}\text{C}}}{9} * (\theta_{\text{ext}} + 7) + P_{-7^{\circ}\text{C}/+35^{\circ}\text{C}} \quad (96)$$

$$\text{COP}_{\theta_{\text{ext}}/T_{\text{maxPAC}}} = \frac{\text{COP}_{+2^{\circ}\text{C}/T_{\text{maxPAC}}} - \text{COP}_{-7^{\circ}\text{C}/T_{\text{maxPAC}}}{9} * (\theta_{\text{ext}} + 7) + \text{COP}_{-7^{\circ}\text{C}/T_{\text{maxPAC}}} \quad (97)$$

$$P_{\theta_{\text{ext}}/T_{\text{maxPAC}}} = \frac{P_{+2^{\circ}\text{C}/T_{\text{maxPAC}}} - P_{-7^{\circ}\text{C}/T_{\text{maxPAC}}}{9} * (\theta_{\text{ext}} + 7) + P_{-7^{\circ}\text{C}/T_{\text{maxPAC}}} \quad (9857)$$

3.7.1.3.2 Détermination de la température maximale possible en thermodynamique pour θ_{ext}

$$T_{\text{MaxThermo}} = T_{\text{MaxPAC}} - \Delta k - \frac{\Delta T_{\text{PAC}}}{2} \quad (99)$$

Avec Δk , le pincement de l'échangeur :

$$- \text{Ballon à serpentin : } \Delta k = \max(-100 * \frac{P_{\theta_{\text{ext}}/T_{\text{maxPAC}}}}{A_{\text{Echangeur}}} + 31,5; 1) ;$$

- Ballon en bain marie : $\Delta k = 3$;
- Échangeur à plaques : $\Delta k =$ donnée d'entrée ;
- Valeur par défaut : $\Delta k = \max\left(-200 * \frac{P_{\theta_{ext}/T_{maxPAC}}}{A_{Echangeur}} + 31,5; 1\right)$.

$$\Delta T_{PAC} = \frac{P_{\theta_{ext}/T_{maxPAC}}}{1,163 * Q_{PAC}} \quad (100)$$

Pour les modèles inverser, $P_{\theta_{ext}/T_{maxPAC}}$ est minorée de 30%.

3.7.1.3.3 Détermination de la température d'eau froide dans l'échangeur au début de la charge

Ballon ≤ 400 L :

Si fonctionnement en heures creuses et soutirage quotidien $\leq 85\%$ volume ballon :

- Echangeur à plaques et ballon en bain marie :

$$T_{ECSDebutCharge} = \frac{V_{PreleveQuotidien} * \theta_{cw_{mensuel}} + (V_{Ballon} - V_{PreleveQuotidien}) * \theta_{ECS}}{V_{Ballon}} \quad (101)$$

Avec V_{Ballon} , le volume du ballon de stockage ECS

- Ballon à serpentins :

$$T_{ECSDebutCharge} = \frac{V_{PreleveQuotidien} * \theta_{cw_{mensuel}} + (A_{Echangeur} * 60 - V_{PreleveQuotidien}) * \theta_{ECS}}{60 * A_{Echangeur}} \quad (10258)$$

Si fonctionnement en heures pleines ou soutirage quotidien $> 85\%$ volume ballon :

- Echangeur à plaques et ballon en bain marie :

$$T_{ECSDebutCharge} = \frac{\frac{V_{PreleveQuotidien}}{5} * \theta_{cw_{mensuel}} + \left(V_{Ballon} - \frac{V_{PreleveQuotidien}}{5}\right) * \theta_{ECS}}{V_{Ballon}} \quad (10259)$$

- Ballon à serpentins :

$$T_{ECSDebutCharge} = \frac{\frac{V_{PreleveQuotidien}}{5} * \theta_{cw_{mensuel}} + \left(A_{Echangeur} * 60 - \frac{V_{PreleveQuotidien}}{5}\right) * \theta_{ECS}}{60 * A_{Echangeur}} \quad (103)$$

Ballon > 400 L :

$$T_{ECSDebutCharge} = 25^{\circ}\text{C} \quad (104)$$

$$V_{PreleveQuotidien} = a * ah_{moy} * Nu * 5 * \frac{40 - \theta_{cw_{mensuel}}}{\theta_{ECS} - \theta_{cw_{mensuel}}} \quad (105)$$

3.7.1.3.4 Détermination du coefficient de performance COP_{moyen_charge}

$$\text{COP}_{\text{moyen_charge}} = \frac{\text{COP}_{\theta_{\text{ext}}/\text{TPACDebutCharge}} + \text{COP}_{\theta_{\text{ext}}/\text{TPACFinCharge}}}{2} \quad (10660)$$

Avec :

- $T_{\text{PACDebutCharge}} = T_{\text{ECSDebutCharge}} + \Delta k + \frac{\Delta T_{\text{PAC}}}{2}$
- $T_{\text{PACFinCharge}} = \min(\theta_{\text{ECS}} + \Delta k + \frac{\Delta T_{\text{PAC}}}{2}; T_{\text{MaxThermo}})$
- θ_{ECS} la température de consigne de l'eau chaude sanitaire

3.7.1.3.5 Détermination du coefficient de performance COP_i

Le COP corrigé prend en compte l'appoint nécessaire si la température d'eau chaude demandée dépasse la température maximale possible en thermodynamique, ainsi que la pompe de circulation secondaire utilisé lorsque l'échangeur est un échangeur à plaques.

$$\text{COP}_i = \frac{Q_{w,i} + Q_{d,w,i} + Q_{g,w,i,\text{corr}}}{\frac{Q_{w,i} + Q_{d,w,i} + Q_{g,w,i,\text{corr}}}{\text{COP}_{\text{moyencharge}}} + Q_{\text{appoint},i} + P_{\text{AbsPompeECS}} * \text{nbheuresprod}} \quad (10761)$$

Avec:

- $Q_{\text{appoint},i} = \frac{\theta_{\text{ECS}} - T_{\text{MaxThermo}}}{\theta_{\text{ECS}} - \theta_{\text{Eaufroide}}} * (Q_{w,i} + Q_{d,w,i} + Q_{g,w,i,\text{corr}})$
- Si $\theta_{\text{ECS}} > T_{\text{MaxThermo}}$, $\text{nbheuresprod} = \frac{(Q_{w,i} + Q_{d,w,i} + Q_{g,w,i,\text{corr}}) * \text{Shon}}{2 * (P_{\theta_{\text{ext}}/+35^\circ\text{C}} + P_{\theta_{\text{ext}}/T_{\text{maxPAC}}})}$

3.7.1. Pompe à chaleur CO₂

3.7.1.1 Données nécessaires au calcul

T_{MaxPAC} : température maximale de départ d'eau de la PAC (ne peut être inférieure à 55°C).

$P_{+7^\circ\text{C}/+15^\circ\text{C}}$: puissance nominale sur l'air extérieur à 7 °C pour un départ PAC à 15 °C, déterminée selon la norme NF EN 14-511. Cette caractéristique de l'appareil est obligatoire pour réaliser le calcul (en kW).

$\text{COP}_{+7^\circ\text{C}/+15^\circ\text{C}}$: coefficient de performance sur l'air extérieur à 7 °C pour une température d'eau froide à 15°C, déterminé selon la norme EN 14511. Cette caractéristique de l'appareil est obligatoire pour réaliser le calcul.

$P_{+2^\circ\text{C}/+15^\circ\text{C}}$: puissance nominale sur l'air extérieur à 2 °C pour une température d'eau froide à 15°C, déterminée selon la norme NF EN 14-511. A défaut, utiliser la valeur par défaut (en kW).

$\text{COP}_{+2^\circ\text{C}/+15^\circ\text{C}}$: coefficient de performance sur l'air extérieur à 7 °C pour une température d'eau froide à 15°C, déterminé selon la norme NF EN 14511. A défaut, utiliser la valeur par défaut.

$P_{-7^\circ\text{C}/+15^\circ\text{C}}$: puissance nominale sur l'air extérieur à -7 °C pour une température d'eau froide à 15°C, déterminée selon la norme NF EN 14511. A défaut, utiliser la valeur par défaut (en kW).

$\text{COP}_{-7^\circ\text{C}/+15^\circ\text{C}}$: coefficient de performance sur l'air extérieur à -7 °C pour une température d'eau froide à 15°C, déterminé selon la norme NF EN 14511. A défaut, utiliser la valeur par défaut.

La valeur de $COP_{+7^{\circ}C/+15^{\circ}C}$ à prendre en compte dans les calculs doit être précisée selon les règles suivantes :

- La valeur est 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 des normes européennes : la valeur de calcul est la valeur certifiée ;
- La valeur est 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 des normes européennes : la valeur de calcul est égale à $0,9 * \text{valeur justifiée}$;
- En cas de valeur uniquement déclarative ou en l'absence de valeur, on utilise la valeur par défaut suivante : $COP_{+7^{\circ}C/+15^{\circ}C} = 2,2$.

3.7.1.2 Valeurs par défaut

A partir du point à $+7^{\circ}C$ et pour chaque température d'eau n le cas échant, on applique :

- $P_{-7^{\circ}C/n} = 0,5 * P_{+7^{\circ}C/n}$
- $COP_{-7^{\circ}C/n} = 0,5 * COP_{+7^{\circ}C/n}$
- $P_{+2^{\circ}C/n} = 0,80 * P_{+7^{\circ}C/n}$
- $COP_{+2^{\circ}C/n} = 0,80 * COP_{+7^{\circ}C/n}$
- $P_{+20^{\circ}C/n} = 1,25 * P_{+7^{\circ}C/n}$
- $COP_{+20^{\circ}C/n} = 1,25 * COP_{+7^{\circ}C/n}$

Et pour chaque autre température extérieure n, on considère :

- $P_{n/2^{\circ}C} = P_{n/15^{\circ}C}$
- $P_{n/10^{\circ}C} = P_{n/15^{\circ}C}$
- $P_{n/20^{\circ}C} = P_{n/15^{\circ}C}$
- $COP_{n/2^{\circ}C} = 1,26 * COP_{n/15^{\circ}C}$
- $COP_{n/10^{\circ}C} = 1,1 * COP_{n/15^{\circ}C}$
- $COP_{n/20^{\circ}C} = 0,9 * COP_{n/15^{\circ}C}$

Coefficient de performance mensuel COP_i

Les besoins d'eau chaude sanitaire à $40^{\circ}C$ et les pertes de distribution sont assurés par la pompe à chaleur qui fonctionne avec un COP corrigé en fonction de la température extérieure.

3.7.1.2.1 Détermination des performances de la PAC pour une température d'eau froide à $15^{\circ}C$ selon la température extérieure moyenne

Pour chaque zone climatique sont données les températures extérieures moyennes mensuelles. Ces températures θ_{ext} sont corrigées en fonction de l'altitude.

On interpole les COP suivant la température extérieure puis suivant la température aval pour obtenir le COP.

Pour chaque température d'eau froide n, on a :

- Pour $\theta_{ext} > 20^{\circ}C$:

$$COP_{\theta_{ext}/n} = COP_{+20^{\circ}C/n} \quad (108)$$

$$P_{\theta_{ext}/n} = P_{+20^{\circ}C/n} \quad (109)$$

- De 7 °C à 20 °C :

$$\text{COP}_{\theta_{\text{ext}}/n} = \frac{\text{COP}_{+20^\circ\text{C}/n} - \text{COP}_{+7^\circ\text{C}/n}}{13} * (\theta_{\text{ext}} - 7) + \text{COP}_{+7^\circ\text{C}/n} \quad (11062)$$

$$P_{\theta_{\text{ext}}/n} = \frac{P_{+20^\circ\text{C}/n} - P_{+7^\circ\text{C}/n}}{13} * (\theta_{\text{ext}} - 7) + P_{+7^\circ\text{C}/n} \quad (11163)$$

- De 2 °C à 7 °C :

$$\text{COP}_{\theta_{\text{ext}}/n} = \frac{\text{COP}_{+7^\circ\text{C}/n} - \text{COP}_{+2^\circ\text{C}/n}}{5} * (\theta_{\text{ext}} - 2) + \text{COP}_{+2^\circ\text{C}/n} \quad (112)$$

$$P_{\theta_{\text{ext}}/n} = \frac{P_{+7^\circ\text{C}/n} - P_{+2^\circ\text{C}/n}}{5} * (\theta_{\text{ext}} - 2) + P_{+2^\circ\text{C}/n} \quad (113)$$

- De -7 °C à 2 °C :

$$\text{COP}_{\theta_{\text{ext}}/n} = \frac{\text{COP}_{+2^\circ\text{C}/n} - \text{COP}_{-7^\circ\text{C}/n}}{9} * (\theta_{\text{ext}} + 7) + \text{COP}_{-7^\circ\text{C}/n} \quad (11464)$$

$$P_{\theta_{\text{ext}}/n} = \frac{P_{+2^\circ\text{C}/n} - P_{-7^\circ\text{C}/n}}{9} * (\theta_{\text{ext}} + 7) + P_{-7^\circ\text{C}/n} \quad (11565)$$

Puis on détermine le COP et la Puissance, en interpolant suivant la température d'eau froide :

- Pour $\theta_{\text{cw}} > 20$ °C :

$$\text{COP}_{\theta_{\text{ext}}/\theta_{\text{cw}}} = \text{COP}_{\theta_{\text{ext}}/+20^\circ\text{C}} \quad (11666)$$

$$P_{\theta_{\text{ext}}/\theta_{\text{cw}}} = P_{\theta_{\text{ext}}/+20^\circ\text{C}} \quad (11767)$$

- De 15 °C à 20 °C :

$$\text{COP}_{\theta_{\text{ext}}/\theta_{\text{cw}}} = \frac{\text{COP}_{\theta_{\text{ext}}/+20^\circ\text{C}} - \text{COP}_{\theta_{\text{ext}}/+15^\circ\text{C}}}{5} * (\theta_{\text{cw}} - 15) + \text{COP}_{\theta_{\text{ext}}/+15^\circ\text{C}} \quad (118)$$

$$P_{\theta_{\text{ext}}/\theta_{\text{cw}}} = \frac{P_{\theta_{\text{ext}}/+20^\circ\text{C}} - P_{\theta_{\text{ext}}/+15^\circ\text{C}}}{5} * (\theta_{\text{cw}} - 15) + P_{\theta_{\text{ext}}/+15^\circ\text{C}} \quad (11968)$$

- De 10 °C à 15 °C :

$$\text{COP}_{\theta_{\text{ext}}/\theta_{\text{cw}}} = \frac{\text{COP}_{\theta_{\text{ext}}/+15^\circ\text{C}} - \text{COP}_{\theta_{\text{ext}}/+10^\circ\text{C}}}{5} * (\theta_{\text{ext}} - 10) + \text{COP}_{\theta_{\text{ext}}/10^\circ\text{C}} \quad (12069)$$

$$P_{\theta_{\text{ext}}/\theta_{\text{cw}}} = \frac{P_{\theta_{\text{ext}}/+15^\circ\text{C}} - P_{\theta_{\text{ext}}/+10^\circ\text{C}}}{5} * (\theta_{\text{ext}} - 10) + P_{\theta_{\text{ext}}/10^\circ\text{C}} \quad (12170)$$

- De 2°C à 10 °C :

$$\text{COP}_{\theta_{\text{ext}}/\theta_{\text{cw}}} = \frac{\text{COP}_{\theta_{\text{ext}}/n} - \text{COP}_{\theta_{\text{ext}}/n}}{8} * (\theta_{\text{ext}} - 2) + \text{COP}_{\theta_{\text{ext}}/n} \quad (12271)$$

$$P_{\theta_{\text{ext}}/\theta_{\text{cw}}} = \frac{P_{\theta_{\text{ext}}/n} - P_{\theta_{\text{ext}}/n}}{8} * (\theta_{\text{ext}} - 2) + P_{\theta_{\text{ext}}/n} \quad (12372)$$

- Pour $\theta_{\text{cw}} < 2$ °C :

$$\text{COP}_{\theta_{\text{ext}}/\theta_{\text{cw}}} = \text{COP}_{\theta_{\text{ext}}/+2^{\circ}\text{C}} \quad (12473)$$

$$P_{\theta_{\text{ext}}/\theta_{\text{cw}}} = P_{\theta_{\text{ext}}/+2^{\circ}\text{C}} \quad (12574)$$

3.7.1.2.2 Détermination du coefficient de performance $\text{COP}_{\text{moyen_charge}}$

$$\text{COP}_{\text{moyen_charge}} = \text{COP}_{\theta_{\text{ext}}/\theta_{\text{cw_mensuel}}} \quad (12675)$$

3.7.1.2.3 Détermination du coefficient de performance COP_i

Le COP corrigé prend en compte l'appoint nécessaire si la température d'eau chaude demandée dépasse la température maximale possible en thermodynamique, ainsi que la pompe de circulation secondaire utilisé lorsque l'échangeur est un échangeur à plaques.

$$\text{COP}_i = \frac{Q_{w,i} + Q_{d,w-i} + Q_{g,w-i\text{-corr}}}{\frac{Q_{w,i} + Q_{d,w-i} + Q_{g,w-i\text{corr}}}{\text{COP}_{\text{moyen_charge}}} + Q_{\text{appoint},i} + P_{\text{AbsPompeECS}} * \text{nbheuresprod}} \quad (127)$$

Avec:

- $Q_{\text{appoint},i} = \frac{\theta_{\text{ECS}} - T_{\text{MaxThermo}}}{\theta_{\text{ECS}} - \theta_{\text{Eaufroide}}} * (Q_{w,i} + Q_{d,w,i} + Q_{g,w,i\text{corr}})$
- si $\theta_{\text{ECS}} > T_{\text{MaxThermo}}$, $\text{nbheuresprod} = \frac{(Q_{w,i} + Q_{d,w,i} + Q_{g,w,i\text{corr}}) * \text{Shon}}{2 * (P_{\theta_{\text{ext}}/+35^{\circ}\text{C}} + P_{\theta_{\text{ext}}/T_{\text{maxPAC}}})}$

3.7.2. Pompe à chaleur Eau (glycolée)/Eau et Sol/eau en production alternée d'ECS via un échangeur hydraulique

3.7.2.1 Données nécessaires au calcul

T_{MaxPAC} : température maximale de la PAC

Pour une pompe à chaleur Sol / Eau :

- $P_{\text{E4}/+45^{\circ}\text{C}}$: puissance nominale pour une température de bain de 4°C et un départ PAC à 45 °C, déterminée selon la norme NF EN 15879-1. Cette caractéristique de l'appareil est obligatoire pour réaliser le calcul (en kW)
- $\text{COP}_{\text{-E4}/+45^{\circ}\text{C}}$: coefficient de performance pour une température de bain de 4°C et un départ PAC à 45°C, déterminé selon la norme NF EN 15879-1. Cette caractéristique de l'appareil est obligatoire pour réaliser le calcul.
- $P_{\text{E4}/T_{\text{MaxPAC}}}$: puissance nominale pour une température de bain de 4°C et un départ PAC à la température maximale produite par la PAC, déterminée selon la norme NF EN 15879-1. A défaut, utiliser la valeur par défaut.
- $\text{COP}_{\text{E4}/T_{\text{MaxPAC}}}$: coefficient de performance pour une température de bain de 4°C et un départ PAC à la température maximale produite par la PAC, déterminé selon la norme NF EN 15879-1. A défaut, utiliser la valeur par défaut.

La valeur de $\text{COP}_{\text{E4}/T_{\text{MaxPAC}}}$ à prendre en compte dans les calculs doit être précisée selon les règles suivantes :

- La valeur est certifiée par un organisme indépendant 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 15879-1: la valeur de calcul est la valeur certifiée ;

- La valeur est justifiée 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 de la norme NF EN 15879-1 : la valeur de calcul est égale à $0,9 * \text{valeur justifiée}$;
- En cas de valeur uniquement déclarative ou en l'absence de valeur, on utilise la valeur par défaut suivante : $\text{COP}_{\text{E4/TMaxPAC}} = 3.7$.

Pour Eau (glycolée) / Eau :

- $P_{0^{\circ}\text{C}/+45^{\circ}\text{C}}$: puissance nominale pour une eau glycolée à 0°C et un départ PAC à 45°C , déterminée selon la norme NF EN 14-511. Cette caractéristique de l'appareil est obligatoire pour réaliser le calcul (en kW)
- $\text{COP}_{0^{\circ}\text{C}/+45^{\circ}\text{C}}$: coefficient de performance pour une eau glycolée à 0°C et un départ PAC à 45°C , déterminé selon la norme NF EN 14-511. Cette caractéristique de l'appareil est obligatoire pour réaliser le calcul.
- $P_{10^{\circ}\text{C}/+45^{\circ}\text{C}}$: puissance nominale pour une eau glycolée à 10°C et un départ PAC à 45°C , déterminée selon la norme NF EN 14-511. A défaut, utiliser la valeur par défaut.
- $\text{COP}_{10^{\circ}\text{C}/+45^{\circ}\text{C}}$: coefficient de performance pour une eau glycolée à 10°C et un départ PAC à 45°C , déterminé selon la norme NF EN 14-511. A défaut, utiliser la valeur par défaut.
- $P_{0^{\circ}\text{C}/\text{TMaxPAC}}$: puissance nominale pour une eau glycolée à 0°C et un départ PAC à la température maximale produite par la PAC, déterminée selon la norme NF EN 14-511. A défaut, utiliser la valeur par défaut.
- $\text{COP}_{0^{\circ}\text{C}/\text{TMaxPAC}}$: coefficient de performance pour une eau glycolée à 0°C et un départ PAC à la température maximale produite par la PAC, déterminé selon la norme NF EN 14-511. A défaut, utiliser la valeur par défaut.
- $P_{10^{\circ}\text{C}/\text{TMaxPAC}}$: puissance nominale pour une eau glycolée à 10°C et un départ PAC à la température maximale produite par la PAC, déterminée selon la norme NF EN 14-511. A défaut, utiliser la valeur par défaut.
- $\text{COP}_{10^{\circ}\text{C}/\text{TMaxPAC}}$: coefficient de performance pour une eau glycolée à 10°C et un départ PAC à la température maximale produite par la PAC, déterminé selon la norme NF EN 14-511. A défaut, utiliser la valeur par défaut.

Q_{PAC} : débit nominal au condenseur de la PAC pour la production d'eau chaude sanitaire (en m^3/h)

Type de captage : capteurs horizontaux / sonde(s) verticale(s) / nappe aquifère

Type d'échangeur : ballon à serpentins / ballon en bain marie / échangeur à plaques

$A_{\text{Echangeur}}$, surface d'échange de l'échangeur (en m^2).

Si la PAC puise les calories dans une nappe aquifère, les données suivantes sont obligatoires pour réaliser le Calcul : $P_{\text{absPompePuit}}$, puissance absorbée par la pompe de puits (en W).

Si le ballon de stockage est équipé d'un échangeur à plaques, les données suivantes sont obligatoires pour réaliser le calcul :

- Q_{ECS} , débit de la pompe de circulation ECS ;
- $P_{\text{absPompeECS}}$, puissance absorbée par la pompe de circulation ECS (W) ;
- H_{manoECS} , hauteur manométrique de la pompe de circulation ECS à débit nul (m) ;
- Δk , pincement entre la température moyenne primaire et secondaire pour les débits/puissances primaire (PAC) et secondaire (Eau chaude sanitaire).

La valeur de $COP_{0^{\circ}C/+45^{\circ}C}$ à prendre en compte dans les calculs doit être précisée selon les règles suivantes :

- La valeur est 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 NF EN 14-511 : la valeur de calcul est la valeur certifiée ;
- La valeur est justifiée 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 de la norme NF EN 14-511 : la valeur de calcul est égale à $0,9 * \text{valeur justifiée}$;
- En cas de valeur uniquement déclarative ou en l'absence de valeur, on utilise la valeur par défaut suivante : $COP_{0^{\circ}C/+45^{\circ}C} = 2,89$.

3.7.2.2 Valeurs par défaut

$$P_{+5^{\circ}C/+45^{\circ}C} = 1,074 * P_{0^{\circ}C/+45^{\circ}C}$$

$$COP_{+5^{\circ}C/+45^{\circ}C} = 1,074 * COP_{0^{\circ}C/+45^{\circ}C}$$

A partir du point à $0^{\circ}C$ et pour chaque température d'eau n le cas échéant, on applique :

- $P_{+10^{\circ}C/n} = P_{0^{\circ}C/n} * 1,2$
- $COP_{+10^{\circ}C/n} = COP_{0^{\circ}C/n} * 1,2$
- $P_{+5^{\circ}C/n} = 0,9 * P_{+10^{\circ}C/n}$
- $COP_{+5^{\circ}C/n} = 0,9 * COP_{+10^{\circ}C/n}$

Et pour chaque autre température amont n, on considère :

- $P_{n/35^{\circ}C} = P_{n/45^{\circ}C}$
- $P_{n/55^{\circ}C} = P_{n/45^{\circ}C}$
- $P_{n/65^{\circ}C} = P_{n/45^{\circ}C}$
- $COP_{n/35^{\circ}C} = 1,2 * COP_{n/45^{\circ}C}$
- $COP_{n/55^{\circ}C} = 0,8 * COP_{n/45^{\circ}C}$
- $COP_{n/65^{\circ}C} = 0,6 * COP_{n/45^{\circ}C}$
- Si Tmax est comprise entre 45 et 55 °C,

$$COP_{n/max} = COP_{n/45^{\circ}C} + \frac{COP_{n/55^{\circ}C} - COP_{n/45^{\circ}C}}{10} * (Tmax - 45)$$
- Si Tmax est comprise entre 55 et 65 °C,

$$COP_{n/max} = COP_{n/55^{\circ}C} + \frac{COP_{n/65^{\circ}C} - COP_{n/55^{\circ}C}}{10} * (Tmax - 55)$$

3.7.2.3 Coefficient de performance mensuel COPi

Les besoins d'eau chaude sanitaire à $40^{\circ}C$ et les pertes de distribution sont assurés par la pompe à chaleur qui fonctionne avec un COP mensuel corrigé en fonction de la température extérieure.

3.7.2.3.1 Détermination des performances de la PAC pour un départ à $45^{\circ}C$ et un départ à T_{MAXPAC}

Capteurs géothermiques enterrés horizontaux à détente directe :

Les calculs seront menés sur la base d'une température moyenne de bain de $4^{\circ}C$

Capteurs géothermiques enterrés horizontaux à eau glycolée :

Pour chaque zone climatique sont données les températures mensuelles moyennes d'eau glycolée en sortie de capteurs géothermiques enterrés horizontaux. Ces températures $\theta_{\text{eau glycolée}}$ sont corrigées en fonction de l'altitude en appliquant la formule de calcul aux températures extérieures corrigées.

$$\text{COP}_{\theta_{\text{eau glycolée}}/+45^{\circ}\text{C}} = \frac{\text{COP}_{+5^{\circ}\text{C}/+45^{\circ}\text{C}} - \text{COP}_{+0^{\circ}\text{C}/+45^{\circ}\text{C}}}{5} * \theta_{\text{eau glycolée}} + \text{COP}_{+0^{\circ}\text{C}/+45^{\circ}\text{C}} \quad (12876)$$

$$P_{\theta_{\text{eau glycolée}}/+45^{\circ}\text{C}} = \frac{P_{+5^{\circ}\text{C}/+45^{\circ}\text{C}} - P_{+0^{\circ}\text{C}/+45^{\circ}\text{C}}}{5} * \theta_{\text{eau glycolée}} + P_{+0^{\circ}\text{C}/+45^{\circ}\text{C}} \quad (129)$$

$$\text{COP}_{\theta_{\text{eau glycolée}}/\text{TMaxPAC}} = \frac{\text{COP}_{+5^{\circ}\text{C}/\text{TMaxPAC}} - \text{COP}_{+0^{\circ}\text{C}/\text{TMaxPAC}}}{5} * \theta_{\text{eau glycolée}} + \text{COP}_{+0^{\circ}\text{C}/\text{TMaxPAC}} \quad (13077)$$

$$P_{\theta_{\text{eau glycolée}}/\text{TMaxPAC}} = \frac{P_{+5^{\circ}\text{C}/\text{TMaxPAC}} - P_{+0^{\circ}\text{C}/\text{TMaxPAC}}}{5} * \theta_{\text{eau glycolée}} + P_{+0^{\circ}\text{C}/\text{TMaxPAC}} \quad (13178)$$

Capteurs géothermiques enterrés verticaux :

Les calculs seront menés sur la base d'une température moyenne de 5 °C, représentative de la température moyenne d'eau glycolée dans des capteurs géothermiques verticaux.

Nappe aquifère :

Les calculs seront menés sur la base d'une température moyenne de 10 °C, représentative de la température moyenne d'eau dans une nappe aquifère.

3.7.2.3.2 Détermination de la température maximale possible en thermodynamique pour θ_{eau}

$$T_{\text{MaxThermo}} = T_{\text{MaxPAC}} - \Delta k - \frac{\Delta T_{\text{PAC}}}{2} \quad (13279)$$

Avec Δk , le pincement de l'échangeur :

- Ballon à serpentins : $\Delta k = \max(-100 * \frac{P_{\theta_{\text{eau}}/\text{TmaxPAC}}}{A_{\text{Echangeur}}} + 31,5; 1)$;
- Ballon en bain marie : $\Delta k = 3$;
- Échangeur à plaques : $\Delta k = \text{donnée d'entrée}$;
- Valeur par défaut : $\Delta k = \max(-200 * \frac{P_{\theta_{\text{eau}}/\text{TmaxPAC}}}{A_{\text{Echangeur}}} + 31,5; 1)$.

$$\Delta T_{\text{PAC}} = \frac{P_{\theta_{\text{eau}}/\text{TmaxPAC}}}{1,163 * Q_{\text{PAC}}} \quad (133)$$

Pour les modèles inverter, $P_{\theta_{\text{eau}}/\text{TmaxPAC}}$ est minorée de 30%.

3.7.2.3 Détermination de la température d'eau froide dans l'échangeur au début de la charge

Ballon ≤ 400 L

Si fonctionnement en heures creuses et soutirage quotidien ≤ 85% volume ballon :

- Echangeur à plaques et ballon en bain marie :

$$T_{ECSDebutCharge} = \frac{V_{PreleveQuotidien} * \theta_{cw_{mensuel}} + (V_{Ballon} - V_{PreleveQuotidien}) * \theta_{ECS}}{V_{Ballon}} \quad (13480)$$

- Ballon à serpentins :

$$T_{ECSDebutCharge} = \frac{V_{PreleveQuotidien} * \theta_{cw_{mensuel}} + (A_{Echangeur} * 60 - V_{PreleveQuotidien}) * \theta_{ECS}}{A_{Echangeur} * 60} \quad (13581)$$

Si fonctionnement en heures pleines ou soutirage quotidien > 85% volume ballon :

- Echangeur à plaques et ballon en bain marie :

$$T_{ECSDebutCharge} = \frac{V_{PreleveQuotidien}/5 * \theta_{cw_{mensuel}} + (V_{Ballon} - V_{PreleveQuotidien}/5) * \theta_{ECS}}{V_{Ballon}} \quad (13682)$$

- Ballon à serpentins :

$$T_{ECSDebutCharge} = \frac{V_{PreleveQuotidien}/5 * \theta_{cw_{mensuel}} + (A_{Echangeur} * 60 - V_{PreleveQuotidien}/5) * \theta_{ECS}}{A_{Echangeur} * 60} \quad (137)$$

Ballon > 400 L

$$T_{ECSDebutCharge} = 25^{\circ}\text{C} \quad (8338)$$

Avec V_{Ballon} : le volume du ballon de stockage ECS

$$V_{PreleveQuotidien} = \frac{a * ah_{moy} * Nu * 5 * (40 - \theta_{cw_{mensuel}})}{\theta_{ECS} - \theta_{cw_{mensuel}}} \quad (139)$$

3.7.2.3.4 Détermination du coefficient de performance COP_{moyen}

$$COP_{moyen} = \frac{COP_{\theta_{eau}/TPACDebutCharge} + COP_{\theta_{eau}/TPACFinCharge}}{2} \quad (8440)$$

Avec :

- $T_{PACDebutCharge} = T_{ECSDebutCharge} + \Delta k + \frac{\Delta T_{PAC}}{2}$;
- $T_{PACFinCharge} = \min(\theta_{ECS} + \Delta k + \frac{\Delta T_{PAC}}{2}; T_{MaxThermo})$;
- θ_{ECS} la température de consigne de l'eau chaude sanitaire ;
- $T_{ECSDebutCharge} = 25^{\circ}\text{C}$ si l'appareil fonctionne en heures creuses et le volume journalier prélevé dans le ballon est inférieur à 85% du volume de stockage, sinon $T_{ECSDebutCharge} = 40^{\circ}\text{C}$.

3.7.2.3.5 Détermination du coefficient de performance COP_i

Le COP corrigé prend en compte l'appoint nécessaire si la température d'eau chaude demandée dépasse la température maximale possible en thermodynamique, ainsi que la pompe de circulation secondaire utilisée lorsque l'échangeur est un échangeur à plaques.

$$\text{COP}_i = \frac{Q_{w,i} + Q_{d,w-i} + Q_{g,w-i-corr}}{\frac{Q_{w,i} + Q_{d,w-i} + Q_{g,w-i-corr}}{\text{COP}_{\text{moyen}}} + Q_{\text{appoint},i} + P_{\text{AbsPompeECS}} * \text{nbheuresprod}} \quad (851)$$

Avec :

- $Q_{\text{appoint},i} = \frac{\theta_{\text{ECS}} - T_{\text{MaxThermo}}}{\theta_{\text{ECS}} - \theta_{\text{Eaufroide}}} * (Q_{w,i} + Q_{d,w-i} + Q_{g,w-i-corr})$
- si $\theta_{\text{ECS}} > T_{\text{MaxThermo}}$, $\text{nbheuresprod} = \frac{(Q_{w,i} + Q_{d,w-i} + Q_{g,w-i-corr}) * \text{Shon}}{2 * (P_{\theta_{\text{ext}}/+35^{\circ}\text{C}} + P_{\theta_{\text{ext}}/T_{\text{maxPAC}}})}$

3.7.3. Pompe à chaleur Sol/Eau en production simultanée d'ECS par désurchauffe

3.7.3.1 Données nécessaires au calcul

$Q_{\text{Chauffage_annuel}}$: les besoins de chauffage annuels déterminés selon la méthode TH-C-E ex

$P_{+4^{\circ}\text{C}/\text{nominale}}$: puissance de chauffage nominale de la machine aux conditions d'essais de la NF EN 15879-1. Cette caractéristique de l'appareil est obligatoire pour réaliser le calcul (en kW)

$P_{+4^{\circ}\text{C}/\text{desurchauffe}}$: puissance de désurchauffe « gratuite » utilisable pour la production simultanée d'ECS en mode chauffage. Cette caractéristique de l'appareil est obligatoire pour réaliser le calcul (en kW)

Les valeurs de $P_{+4^{\circ}\text{C}}$ désurchauffe à prendre en compte dans les calculs doivent être précisées selon les règles suivantes :

- La valeur est 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 des normes européennes : la valeur de calcul est la valeur certifiée ;
- La valeur est justifiée 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 européennes : la valeur de calcul est égale à $0,9 * \text{valeur justifiée}$;
- En cas de valeur uniquement déclarative ou en l'absence de valeur, on utilise la valeur par défaut suivante : la puissance de désurchauffe est prise égale à 10 % de la puissance de chauffage nominale.

3.7.3.2 Coefficient de performance mensuel COP_i

Les besoins d'eau chaude sanitaire à 40 °C et les pertes de distribution sont assurés par la pompe à chaleur qui fonctionne avec un COP corrigé en fonction des heures de fonctionnement en mode chauffage.

3.7.3.2.1 Détermination des besoins de chauffage mensuels et du nombre d'heures de fonctionnement de la PAC par jour

$$Q_{\text{chauffage}_i} = nj * \frac{19 - \theta_{\text{ext}}}{\sum_{k=1}^{12} (19 - \theta_k) * \text{nbjoursmois}_k} * Q_{\text{chauffage}_{\text{anuel}}} \text{ pour } \theta_{\text{ext}} < 19 \quad (8642)$$

$$\text{NbHeuresPAC} = \frac{Q_{\text{chauffage}_i}}{P_{E4^\circ\text{C}/\text{nominale}}} \quad (8743)$$

3.7.3.2.2 Détermination du coefficient de performance COP_{mensuel}

$$\text{COP}_i = \frac{Q_{w_i} + Q_{d,w_i} + Q_{g,w_i}}{Q_{w_i} + Q_{d,w_i} + Q_{g,w_i} - \text{NbHeuresPAC} * P_{E4^\circ\text{C}/\text{desurchauffe}}} \quad (14488)$$

3.8. Part des consommations assurées par la pompe à chaleur

Ce chapitre a pour objet de vérifier chaque mois la couverture des besoins d'eau chaude sanitaire quotidiens par le fonctionnement de la pompe à chaleur sur 12 heures consécutives maximum. Il permet donc de rectifier le COP_i de chaque système par un coefficient β_{PAC} représentant la part des consommations assurée par la pompe à chaleur.

Part assurée par la pompe à chaleur :

- β_{PAC} = $\frac{P_i}{P_{12}}$ (valeur maximale 1)
- P₁₂ = $\frac{Q_{w_i} + Q_{d,w_i} + Q_{g,w_i}}{nj * 12}$

Avec :

- P₁₂, puissance quotidienne nécessaire à la production d'eau chaude sanitaire répartie sur 12 heures consécutives ;
- Q_{w_i}, besoins d'eau chaude sanitaire à 40 °C (kW.h/m²) ;
- Q_{d,w_i}, pertes de distribution mensuelles (kW.h/m²) ;
- Q_{g,w_i}, pertes de stockage mensuelles (kW.h/m²).

$$P_i = P_n * \frac{\text{COP}_i}{\text{COP}_{\text{sans}_\text{pertes}}} \quad (14589)$$

Avec :

- P_i, puissance fournie par la pompe à chaleur en conditions réelles ;
- P_n, puissance nominale fournie par la pompe à chaleur ;
- COP_i coefficient de performance mensuel de la pompe à chaleur ;
- COP_{sans_pertes} coefficient de performance aux conditions nominales de fonctionnement du système, déterminé à partir de COP.

Le coefficient de performance mensuel de la pompe à chaleur, COP_i , est corrigé en fonction de la part assurée par la pompe à chaleur, la part restante étant produite par l'appoint avec le rendement de l'appoint.

$$COP_i = COP_i * \beta_{PAC} + (1 - \beta_{PAC}) * Eff_{appoint} \quad (9046)$$

3.9. Données climatiques

Les données climatiques utilisées dans la présente méthode sont des moyennes mensuelles issues des fichiers des données météorologiques horaires de chaque zone climatique utilisés dans la méthode Th-C-E ex.

3.9.1. Température extérieure mensuelle

θ_{ext} : moyenne mensuelle des températures extérieures par zone climatique ($^{\circ}C$).

	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
H1a	3,909	4,441	7,545	9,657	13,708	16,474	18,981	19,109	15,407	11,976	6,956	4,753
H1b	2,120	2,924	6,437	9,095	13,630	16,639	19,172	19,069	14,937	10,959	5,395	3,252
H1c	2,761	4,227	7,888	10,353	14,918	18,080	20,870	20,593	16,447	12,317	6,406	3,829
H2a	5,856	6,221	8,640	10,285	14,135	16,750	19,117	19,194	16,438	13,092	8,620	6,631
H2b	6,575	7,281	9,701	11,481	15,424	18,098	20,512	20,624	17,933	14,750	9,884	7,423
H2c	5,492	7,093	9,696	11,678	15,858	18,740	21,283	21,437	18,185	14,593	9,263	6,374
H2d	6,126	7,267	9,790	13,863	17,064	20,651	24,037	22,609	18,248	14,473	8,063	6,120
H3	9,256	9,805	11,669	13,308	17,238	20,479	23,562	24,020	20,790	17,383	12,790	10,099

Pour l'ensemble des zones, les valeurs correspondent au niveau de la mer (altitude égale à zéro). La prise en compte de l'altitude sera effectuée par une diminution de la température extérieure, θ_{ext} , égale à :

- Altitude inférieure ou égale à 400 m : correction = 0 $^{\circ}C$;
- Altitude supérieure à 400 m et inférieure ou égale à 800 m : correction = - 2 $^{\circ}C$;
- Altitude supérieure à 800 m : correction = - 4 $^{\circ}C$.

3.9.2. Températures mensuelles moyennes d'eau glycolée en sortie de capteurs géothermiques enterrés horizontaux

Les températures moyennes d'eau glycolée (en sortie de capteurs géothermiques) sont déduites des températures extérieures mensuelles moyennes par la formule de la norme NF EN 15316-4-2 :

- $\theta_{\text{sortie capteur}} = \max(0 ; \min(0.15 \times \theta_{\text{ext}} ; 4.5))$
- $\theta_{\text{sortie capteur}}$: moyenne mensuelle des températures de retour capteur par zone climatique (°C).

	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
H1a	0,6	0,7	1,1	1,4	2,1	2,5	2,8	2,9	2,3	1,8	1	0,7
H1b	0,3	0,4	1	1,4	2	2,5	2,9	2,9	2,2	1,6	0,8	0,5
H1c	0,4	0,6	1,2	1,6	2,2	2,7	3,1	3,1	2,5	1,8	1	0,6
H2a	0,9	0,9	1,3	1,5	2,1	2,5	2,9	2,9	2,5	2	1,3	1
H2b	1	1,1	1,5	1,7	2,3	2,7	3,1	3,1	2,7	2,2	1,5	1,1
H2c	0,8	1,1	1,5	1,8	2,4	2,8	3,2	3,2	2,7	2,2	1,4	1
H2d	0,9	1,1	1,5	2,1	2,6	3,1	3,6	3,4	2,7	2,2	1,2	0,9
H3	1,4	1,5	1,8	2	2,6	3,1	3,5	3,6	3,1	2,6	1,9	1,5

3.9.3. Nombre d'heures par mois concernant des températures basses

Dénommée ci-après $h_{<\theta_{\text{mini}}}$, cette information est essentielle pour déterminer la limite de fonctionnement des systèmes sur air extérieur dont la température minimum de fonctionnement est supérieure aux températures froides atteintes en hiver.

3.9.3.1 Nombre d'heures par mois à des températures inférieures à 7 °C

	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
H1a	657	550	360	143	31	6	0	0	0	64	367	545
H1b	705	596	438	258	50	10	0	0	11	116	484	515
H1c	676	570	325	175	7	0	0	0	0	57	435	568
H2a	458	335	288	110	25	15	0	0	2	48	223	368
H2b	408	282	105	44	0	0	0	0	0	16	142	313
H2c	459	331	177	82	10	0	0	0	0	37	228	405
H2d	440	319	219	61	6	0	0	0	0	49	282	434
H3	136	77	14	3	0	0	0	0	0	0	26	88

3.9.3.2 Nombre d'heures par mois à des températures inférieures à 6°C

	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
H1a	599	483	285	97	13	3	0	0	0	30	294	456
H1b	685	559	337	197	33	5	0	0	5	76	408	495
H1c	642	457	239	132	0	0	0	0	0	27	330	524
H2a	366	281	229	67	10	8	0	0	0	21	149	287
H2b	332	219	54	22	0	0	0	0	0	7	107	241
H2c	367	268	119	50	3	0	0	0	0	15	180	324
H2d	374	259	170	31	1	0	0	0	0	30	229	359
H3	72	39	5	0	0	0	0	0	0	0	15	46

3.9.3.3 Nombre d'heures par mois à des températures inférieures à 5°C

	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
H1a	514	396	201	45	5	0	0	0	0	7	227	363
H1b	643	512	245	129	14	0	0	0	0	52	316	462
H1c	591	376	136	72	0	0	0	0	0	13	229	468
H2a	281	242	166	32	3	4	0	0	0	9	87	245
H2b	273	139	33	11	0	0	0	0	0	1	92	188
H2c	294	191	66	29	0	0	0	0	0	5	141	263
H2d	299	192	112	17	0	0	0	0	0	18	181	281
H3	21	16	0	0	0	0	0	0	0	0	5	28

3.9.3.4 Nombre d'heures par mois à des températures inférieures à 4°C

	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
H1a	396	312	140	16	2	0	0	0	0	2	151	274
H1b	571	439	162	83	7	0	0	0	0	34	229	418
H1c	510	294	77	25	0	0	0	0	0	9	162	375
H2a	169	190	106	8	2	0	0	0	0	7	58	202
H2b	205	83	15	4	0	0	0	0	0	0	74	124
H2c	249	137	33	15	0	0	0	0	0	1	92	203
H2d	219	124	63	8	0	0	0	0	0	12	123	226
H3	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11

3.9.3.5 Nombre d'heures par mois à des températures inférieures à 3°C

	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
H1a	285	212	88	3	0	0	0	0	0	0	86	219
H1b	471	367	93	56	2	0	0	0	0	10	173	380
H1c	419	246	37	10	0	0	0	0	0	7	113	298
H2a	113	140	66	2	0	0	0	0	0	6	35	150
H2b	132	41	6	0	0	0	0	0	0	0	45	98
H2c	208	97	25	10	0	0	0	0	0	0	60	159
H2d	148	88	40	5	0	0	0	0	0	6	83	176
H3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

3.9.3.6 Nombre d'heures par mois à des températures inférieures à 2°C

	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
H1a	141	133	55	0	0	0	0	0	0	0	56	157
H1b	368	271	61	30	0	0	0	0	0	4	134	324
H1c	309	181	20	0	0	0	0	0	0	3	54	230
H2a	76	114	40	0	0	0	0	0	0	2	20	87
H2b	50	22	1	0	0	0	0	0	0	0	26	62
H2c	168	50	20	6	0	0	0	0	0	0	31	108
H2d	105	57	27	0	0	0	0	0	0	2	66	129
H3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

3.9.3.7 Nombre d'heures par mois à des températures inférieures à 1°C

	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
H1a	63	67	19	0	0	0	0	0	0	0	30	103
H1b	254	187	41	6	0	0	0	0	0	0	96	283
H1c	188	109	6	0	0	0	0	0	0	2	22	165
H2a	57	97	21	0	0	0	0	0	0	1	15	55
H2b	15	9	0	0	0	0	0	0	0	0	16	41
H2c	109	18	10	1	0	0	0	0	0	0	21	88
H2d	80	30	8	0	0	0	0	0	0	0	47	91
H3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

3.9.3.8 Nombre d'heures par mois à des températures inférieures à 0°C

	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
H1a	41	29	7	0	0	0	0	0	0	0	19	70
H1b	158	118	24	0	0	0	0	0	0	0	66	230
H1c	97	60	0	0	0	0	0	0	0	0	14	117
H2a	33	69	7	0	0	0	0	0	0	0	12	44
H2b	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	12	25
H2c	59	0	6	0	0	0	0	0	0	0	10	53
H2d	49	18	2	0	0	0	0	0	0	0	33	70
H3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

3.9.3.9 Nombre d'heures par mois à des températures inférieures à -1°C

	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
H1a	32	14	2	0	0	0	0	0	0	0	11	56
H1b	102	89	4	0	0	0	0	0	0	0	42	182
H1c	50	33	0	0	0	0	0	0	0	0	7	80
H2a	17	32	4	0	0	0	0	0	0	0	10	37
H2b	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	11
H2c	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	19
H2d	28	14	0	0	0	0	0	0	0	0	26	47
H3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

3.9.3.10 Nombre d'heures par mois à des températures inférieures à - 2°C

	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
H1a	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	46
H1b	47	58	0	0	0	0	0	0	0	0	20	142
H1c	25	18	0	0	0	0	0	0	0	0	6	42
H2a	9	17	0	0	0	0	0	0	0	0	5	20
H2b	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	7
H2c	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	15
H2d	11	9	0	0	0	0	0	0	0	0	20	41
H3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

3.9.3.11 Nombre d'heures par mois à des températures inférieures à - 3°C

	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
H1a	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	31
H1b	22	22	0	0	0	0	0	0	0	0	15	109
H1c	14	7	0	0	0	0	0	0	0	0	3	25
H2a	4	8	0	0	0	0	0	0	0	0	3	4
H2b	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
H2c	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	11
H2d	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	14	24
H3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

3.9.3.12 Nombre d'heures par mois à des températures inférieures à - 4 °C

	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
H1a	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11
H1b	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	74
H1c	11	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
H2a	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
H2b	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H2c	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
H2d	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	20
H3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

3.9.3.13 Nombre d'heures par mois à des températures inférieures à - 5 °C

	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
H1a	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
H1b	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	46
H1c	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H2a	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H2b	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H2c	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
H2d	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	11
H3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

3.9.3.14 Nombre d'heures par mois à des températures inférieures à - 6°C

	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
H1a	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H1b	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35
H1c	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H2a	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H2b	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H2c	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
H2d	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	9
H3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

3.9.3.15 Nombre d'heures par mois à des températures inférieures à - 7°C

	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
H1a	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H1b	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27
H1c	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H2a	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H2b	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H2c	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H2d	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
H3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

3.9.4. Température de l'arrivée d'eau froide

θ_{cw} est la moyenne mensuelle des températures d'arrivée d'eau froide par zone climatique à 7 h, 8 h, 18 h, 20 h et 21 h (horaires de puisage pour les bâtiments à usage d'habitation) :

	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
H1a	5,831	5,865	7,191	9,348	11,866	13,960	15,165	15,102	13,818	11,632	9,153	7,030
H1b	5,831	5,865	7,191	9,348	11,866	13,960	15,165	15,102	13,818	11,632	9,153	7,030
H1c	5,831	5,865	7,191	9,348	11,866	13,960	15,165	15,102	13,818	11,632	9,153	7,030
H2a	7,331	7,365	8,691	10,848	13,366	15,460	16,665	16,602	15,318	13,132	10,653	8,530
H2b	7,331	7,365	8,691	10,848	13,366	15,460	16,665	16,602	15,318	13,132	10,653	8,530
H2c	7,331	7,365	8,691	10,848	13,366	15,460	16,665	16,602	15,318	13,132	10,653	8,530
H2d	7,331	7,365	8,691	10,848	13,366	15,460	16,665	16,602	15,318	13,132	10,653	8,530
H3	9,831	9,865	11,191	13,348	15,866	17,960	19,165	19,102	17,818	15,632	13,153	11,030