

## AMÉNAGEMENT NATURE, LOGEMENT

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

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

### **Arrêté du 17 avril 2015 relatif à l'agrément des modalités de prise en compte des systèmes R-Sun, R-Volt et R-Volt-Extension thermique dans la réglementation thermique 2012**

NOR : ETLL1506198A

(Texte non paru au *Journal officiel*)

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

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

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

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

Vu l'arrêté du 30 avril 2013 portant approbation de la méthode de calcul Th-B-C-E prévue aux articles 4, 5 et 6 de l'arrêté du 26 octobre 2010 relatif aux caractéristiques thermiques et aux exigences de performance énergétique des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiments;

Vu l'arrêté du 11 décembre 2014 relatif aux caractéristiques thermiques et aux exigences de performance énergétique applicables aux bâtiments nouveaux et aux parties nouvelles de bâtiment de petite surface et diverses simplifications;

Vu l'arrêté du 19 décembre 2014 modifiant les modalités de validation d'une démarche qualité pour le contrôle de l'étanchéité à l'air par un constructeur de maisons individuelles ou de logements collectifs et relatif aux caractéristiques thermiques et aux exigences de performance énergétique applicables aux bâtiments collectifs nouveaux et aux parties nouvelles de bâtiment collectif,

Arrêtent:

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

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

#### Article 2

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

Fait le 17 avril 2015.

Pour la ministre du logement,  
de l'égalité des territoires  
et de la ruralité et par délégation :

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

Pour la ministre de l'écologie,  
du développement durable  
et de l'énergie et par délégation :

*Le chef du service du climat  
et de l'efficacité énergétique,*

P. DUPUIS

## ANNEXE

### **1/ Définition du système**

Au sens du présent arrêté, les systèmes, désignés «R-Sun », « R-Volt » sont des systèmes de pré-chauffage de l'air insufflé dans le bâtiment, par récupération de la chaleur sous des panneaux solaires thermiques et/ou photovoltaïques en toiture, via un système de ventilation.

Le système se compose donc de capteurs solaires (thermiques et/ou photovoltaïques), de gaines qui se raccordent au module de ventilation (comportant un ventilateur) et de gaines qui vont du module aux bouches de soufflage vers les pièces du bâtiment. Le système comporte également une régulation.

En brassant l'air extérieur autour des panneaux photovoltaïques, le système améliore leur rendement.

Le système se décline sous 3 formes :

- Lorsque les panneaux sont des capteurs thermiques uniquement, le système porte la dénomination R-Sun
- Lorsque les panneaux sont des capteurs photovoltaïques uniquement, le système porte la dénomination R-Volt
- Lorsque la configuration est hybride capteurs thermique et panneaux photovoltaïques, le système porte la dénomination R-Volt + Extension thermique.

### **2/ Domaine d'application**

Le champ d'application se limite aux maisons individuelles, neuves, situées à une altitude inférieure à 900m, accolées ou non, avec ou sans combles.

Dans les cas de maisons avec combles perdus, les gaines du réseau sont toutes isolées.

Les gaines associées au module sont de diamètre Ø125 pour les petits piquages et Ø160 pour les collecteurs. Elles auront une isolation minimale de 25 mm

Elles sont composées de parois flexibles constituées :

- d'une paroi intérieure composée d'un film polyester contrecollé entre 3 feuilles d'aluminium micro perforées,
- d'une lame en laine de verre de 25 mm d'épaisseur, de densité 20 kg/m<sup>3</sup>
- d'une paroi extérieure composée d'un film polyester contrecollé de 2 films aluminium

Elles ont les caractéristiques suivantes :

- Classement au feu : M1 (gaine interne classé M0)
- Plage de température : -30°C / +140°C

Par défaut, ou sans connaissance de la classe d'étanchéité ni du ratio des conduits en volume chauffé des gaines, le réseau sera considéré comme classe D, E ou F (intitulé « autre – par défaut ») et le ratio des gaines en volume chauffé sera pris égal à zéro.

Le caisson est positionné à l'intérieur du bâti.

L'orientation des panneaux est similaire à une installation solaire classique et suit la pente toiture.

Le système de ventilation peut être une VMC simple ou double flux. La mise en place d'un clapet de surpression et d'une chatière d'évacuation d'air est nécessaire.

Il est nécessaire de disposer d'un autre système de chauffage avec un dispositif de pilotage/régulation commun. Le système est utilisé en mode « insufflation chauffage » et « ventilation » uniquement.

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

Le système permettra de couvrir une partie des besoins en chauffage d'une maison, le reste de l'énergie sera fourni par le biais du chauffage principal.

#### 3.1. Méthodologie

La méthode de calcul de la **consommation de chauffage du projet** comprend plusieurs étapes :

- Calcul du besoin horaire en chauffage du projet (3.2)

Les besoins de chauffage du bâtiment sont déterminés au pas de temps horaire. Ces besoins sont déduits des calculs de consommations d'un système fictif par soufflage d'air chaud similaire au système « R-Volt » / « R-Sun » et d'un système fictif de chauffage similaire au « chauffage principal » pressenti sur le projet, selon la méthode réglementaire TH-BCE.

- Calcul de la puissance du système (3.3)

En tenant compte des performances des panneaux photovoltaïques, et/ou des capteurs thermiques, sont calculés la température et le débit de l'air en sortie du collecteur en tenant compte des pertes.

- Comparaison des besoins de chauffage à ce que peut produire le système (3.4)

On compare à chaque pas de temps la puissance requise et la puissance que peut fournir le système, pour voir ce qu'il fournit réellement.

- Calcul de la consommation annuelle de chauffage du projet (3.5)

La **consommation réglementaire pour la ventilation du projet** est calculée en ajoutant aux consommations réglementaires des auxiliaires de ventilation de la simulation des besoins la

consommations des ventilateurs du système pendant leur temps de fonctionnement au prorata du débit de fonctionnement du ventilateur. (3.6)

## 3.2. Calcul du besoin horaire en chauffage du projet

### 3.2.1. Consommation réglementaire - Simulation des systèmes :

#### 3.2.1.1. Système fictif de chauffage « système électrique, à air soufflé »

Le système fictif est renseigné comme suit :

#### Génération pour le chauffage

- Saisie de la génération :
  - o Services assurés : chauffage seul
  - o Type de chauffage : chauffage à effet joule direct
- Saisie du générateur
  - o Type de générateur : 500/ générateur à effet joule direct.
  - o Service du générateur : Chauffage seul  
Générateur effet joule.
  - o Puissance : 50 kW ou plus

#### Emission pour le chauffage

- Saisie du système d'émission
  - o Nom du système : à renseigner
  - o Type d'émetteur : chauffage seul
  - o Surface des pièces concernées : à définir selon le projet
  - o Ventilateurs liés aux émetteurs : Pas de ventilateurs
  - o Pertes au dos de l'émetteur (en%) : 0 ou rien
  - o Hauteur sous plafond : locaux de moins de 4m sous plafond.
- Émetteur chaud
  - o Type de chauffage : électrique direct
  - o Type d'émetteur chaud : Air soufflé
  - o Lié à la génération : définie auparavant.
  - o Part surface du groupe assurée par cette émission : 100 %
  - o Part des besoins assurée par ce système d'émission : 100 %
  - o Classe de variation spatiale : classe B2
  - o Variation temporelle : couple régulateur-émetteur permettant un arrêt total de l'émission
  - o Lien sur la ventilation : double-flux

Autres paramètres : conditions réelles.

#### Eau chaude sanitaire

- Production d'eau chaude sanitaire spécifique au projet (électrique, gaz, fioul, instantanée, accumulée... au choix)
  - o Génération ECS spécifique au projet
  - o Distribution d'ECS : spécifique au projet
  - o Emetteurs ECS : spécifique au projet

## Ventilation

- *Désignation* : à définir
- *Nom commercial* : \
- *Type de ventilation* : Ventilation Mécanique Double Flux
- *Lien vers la centrale de traitement d'air (CTA)* : à relier à la CTA définie ci-après
- *Composant de ventilation* : autres
- *Gestion de la ventilation* : selon le projet
- *Étanchéité du réseau* : selon le projet
- *Les débits à renseigner sont les suivants* :
  - *Extraction* : les débits règlementaires du projet
  - *Soufflages* : les mêmes débits que les débits d'extraction.

## Centrale de traitement d'air (CTA)

- La CTA associée est de type double flux hygiénique
  - *Liaison au puits climatique* : aucun lien
  - *Liaison à l'espace tampon* : Sans liaison
  - *Puissances des ventilateurs de reprise* : spécifiques au projet
  - *Puissances des ventilateurs de soufflage* : égale à 0
- Caractéristiques de la CTA
  - *Échangeur de type simplifié*,
  - *Efficacité de l'échangeur* : 0
  - *Puissance électrique des auxiliaires* : 0
  - *Génération associée antigel* : pas de sécurité antigel.

## Panneaux photovoltaïques.

- *Nombre de capteurs identiques* : spécifique au projet
  - *Surface d'un module* : 1,69 m<sup>2</sup>
  - *Technologie du capteur* : Mono-cristallin ou poly-cristallin (selon le modèle de panneau sélectionné)
  - *Puissance crête nominale d'un module* :
    - 250 W pour des panneaux mono-cristallins
    - 245 W pour des panneaux poly-cristallins.
  - *Temp. D'équilibre du module NOCT* : 47°C : Valeur certifiée
  - *Coeff de température de la puissance crête* :
    - 0,41 % pour des panneaux poly-cristallins
    - 0,47% pour des panneaux mono-cristallins
  - *Type de confinement* : autre
  - *Orientation* : selon le projet.
  - *Inclinaison du module* : selon projet.
- Caractéristiques des onduleurs
    - *Marque* : selon projet
    - *Dénomination* : selon projet
    - *Nombre d'onduleurs identiques* : selon dimensionnement
    - *Puissance nominale AC de sortie d'un onduleur* : valeur par défaut
    - *Valeurs connues du rendement de l'onduleur* : selon projet
    - *Présence de masques* : selon projet

Le renseignement des mètres est conforme au projet.

La consommation réglementaire en énergie finale issue de cette simulation est désignée :

$C_{\text{SYSTEME AIR}}$

La consommation réglementaire de chauffage issue de cette simulation est désignée :  $C_{\text{ch. air}}$

### 3.2.1.2. Définition du système fictif « chauffage principal »

Le système est renseigné comme suit :

- Génération : spécifique au chauffage principal (exemple : chaudière gaz condensation, spécifique au projet)
- Emission : avec classe de variation spatiale et temporelle spécifique au chauffage principal, la part de surface et des besoins est de 100%
- Ventilation : spécifique au logement
- ECS : spécifique au projet
- Rafraîchissement et production d'énergie renouvelable, le cas échéant.

On déduit de cette simulation :

- La consommation de chauffage issue de cette simulation est appelée :  $C_{\text{ch. principal}}$
- La consommation de refroidissement éventuel  $C_{\text{ref. principal}}$
- La consommation d'ECS :  $C_{\text{ECS. principal}}$
- La consommation d'éclairage :  $C_{\text{éclairage. principal}}$
- La consommation des auxiliaires de distribution :  $C_{\text{aux. d. principal}}$
- La consommation réglementaire des auxiliaires de ventilation issue de cette simulation est désignée par  $C_{\text{ventil. principal}}$

### 3.2.2. Besoin de puissance de chauffage du projet

On détermine le besoin de chauffage noté  $B_{\text{chauffage}}(h)$  à chaque pas de temps :

$$B_{\text{chauffage}}(h) = \frac{1000 \cdot C_{\text{Ch. air}} \cdot S_{\text{RT}}}{\text{NbDegrés.Heure.Chaud.}(base14)} (14 - Te(h))$$

Avec :

$S_{\text{RT}}$  : surface hors œuvre nette du projet au sens de la RT (en m<sup>2</sup>)

Nb.Degré.Heure.Chaud : somme des degrés.heure en chauffage, base 14 (en °C.h/an)

Cette somme des degrés heure est calculée en fonction de la zone climatique, en tenant compte de la période de chauffage des systèmes saisonniers

$Te(h)$  : température extérieure (en °C), variable selon le pas de temps horaire

## 3.3. Calcul de la puissance du système

### 3.3.1. Puissance de chauffage du système

A chaque pas de temps horaire est calculée la puissance de chauffage du système. Elle est fonction des données météorologiques (température extérieure, vent).

### 3.3.2. Gain thermique dû aux panneaux photovoltaïques

Le gain thermique dû aux panneaux photovoltaïques est calculé comme suit :

$$T_{\text{sortie\_capteurs\_PV}} = T_{\text{entrée\_capteurs\_PV}} + \frac{3600 * \eta_{\text{capteur\_PV}} * G}{C_{p,\text{thermique\_air}} * \rho_{\text{air}} * Q_{\text{colonne}}}$$

Avec :  $G$  = le flux solaire surfacique en  $W/m^2$

$C_{p,\text{thermique,air}}$  = la capacité thermique massique de l'air (en  $J/kg.K$ )

$\rho_{\text{air}}$  = la masse volumique de l'air à la température du moment

$Q_{\text{colonne}}$  = le débit d'air par colonne (en  $m^3/h$  par colonne)

$\eta_{\text{capteur\_PV}}$  = le rendement du capteur sous panneau photovoltaïque

Le rendement du capteur est calculé selon la formule

$$\eta_{\text{capteur\_PV}} = 0,2332 + 0,002256 * Q_{\text{colonne}} - 0,0541 * V_{\text{vent}}$$

Avec :  $\eta_{\text{capteur\_PV}}$  compris entre 0 et 1 et sans dimension

$V_{\text{vent}}$ , la vitesse du vent en  $m/s$

Si le système comporte plusieurs capteurs empilés de sorte que l'air parcourt les capteurs en série, le calcul sera réalisé plusieurs fois.

### 3.3.3. Gain thermique dû aux capteurs thermiques

Le gain thermique dû aux capteurs thermiques est calculé comme suit :

$$T_{\text{sortie\_capteurs\_thermique}} = T_{\text{entrée\_capteurs\_thermique}} + \frac{3600 * \eta_{\text{capteur\_thermique}} * G}{C_{p,\text{thermique\_air}} * \rho_{\text{air}} * Q_{\text{colonne}}}$$

Avec :  $G$  = le flux solaire surfacique en  $W/m^2$

$C_{p,\text{thermique,air}}$  = la capacité thermique massique de l'air (en  $J/kg.K$ )

$\rho_{\text{air}}$  = la masse volumique de l'air à la température du moment

$Q_{\text{colonne}}$  = le débit d'air par colonne (en  $m^3/h$  par colonne)

$\eta_{\text{capteur\_thermique}}$  = le rendement du capteur sous capteur thermique

Le rendement du capteur est calculé selon la formule

$$\eta_{\text{capteur\_thermique}} = 0,385 + 0,001433 * Q_{\text{colonne}}$$

Avec :  $\eta_{\text{capteur\_thermique}}$  compris entre 0 et 1 et sans dimension

$Q_{\text{colonne}}$  en  $m^3/h$  par colonne

### 3.3.4. Pertes thermiques par les gaines

Le calcul des pertes thermiques par les gaines pendant la circulation de l'air se fait, selon la méthode TH-BCE (« pertes des gaines vers volume non chauffé » paragraphe 8.4.3.7.2, équation 728).

Les pertes par les gaines sont calculées deux fois dans le sens de parcours de l'air :

- une fois entre les panneaux et le collecteur (une gaine par colonne)
- une fois après le module collecteur (gaine unique pour soufflage).

Les combles sont assimilés à un milieu non chauffé.

### Température après les pertes du réseau de soufflage situé hors volume chauffé

$$T_{air\_soufflé}^{g,s} = T_{Air\_souffléCCTA}^s - (T_{Air\_souffléCCTA}^s - T_{LNC}) \times \left( 1 - \exp\left( -\frac{3600 \times H_{cond,souf,ext}^{g,s}}{C_{pa} \times q_{soufflécond}^{g,s} \times \rho_{air\_souffléCCTA}^{g,s}} \right) \right)$$

Avec :

$$H_{cond,souf,ext}^{g,s} = \frac{A_{cond,souf,ext}^{g,s}}{R_{soufflé}^{g,s} + 0,02}$$

$$A_{cond,souf,ext}^{g,s} = (1 - Rat_{fuitevc}) \times A_{cond,souf}^{g,s}$$

- Conductivité thermique du conduit de soufflage

La conductivité thermique du conduit de soufflage est :

$$H_{cond,souf,ext}^{g,s} = \frac{A_{cond,souf,ext}^{g,s}}{R_{soufflé}^{g,s} + 0,02}$$

Avec la résistance thermique de la partie du conduit de soufflage située hors volume chauffé,  $R_{soufflé}$ , prise égale à :

$$R_{soufflé}^{g,s} = \frac{\ln\left(\frac{r + ep}{r}\right)}{2\pi\lambda L}$$

avec

$r$  = rayon de la gaine = 80 mm  
 $ep$  = épaisseur d'isolant = 25mm  
 $\lambda = \lambda_{gaine} = 0,04$   
 $L$  = longueur de la gaine.

- Surface des conduits de soufflage donnant sur l'extérieur

La surface des conduits de soufflage donnant sur l'extérieur est égale à

$$A_{cond,souf,ext}^{g,s} = 0,75 \cdot A_{cond,souf}^{g,s}$$

- Température du local non chauffé

La température du local non chauffé est égale à :

$$T_{LNC} = \frac{(T_{ext} + 19)}{2}$$

### 3.3.5. Température au niveau du collecteur/caisson

L'air sortant des panneaux va cheminer le long des gaines (d'une longueur différente). De plus la température de l'air en sortie des panneaux photovoltaïques sera différente de celle en sortie des capteurs thermiques. La température au niveau du collecteur/caisson est prise comme la moyenne arithmétique des températures en sortie de gaine.

$$T_{air\_collecteur} = \frac{\sum T_{sortie\_gaine}}{nb\_colonnes}$$

### 3.3.6. Etanchéité du réseau.

Les fuites du réseau sont calculées selon la méthode TH-BCE (paragraphe 8.2.3.4 « Prise en compte des fuites des réseaux ») et notamment par la formule suivante:

$$q_{soufflé, fuites}^{g,s} = 3600 \times Kres \times A_{cond, soufflé}^{g,s} \times dP^{0,667}$$

Avec :

- Kres, le coefficient de fuite de réseau, défini selon les valeurs conventionnelles du tableau 60 de la méthode TH BCE
- $A_{cond, soufflé}$ , la surface du conduit de soufflage  $A_{cond, soufflé}$ , définie selon la méthode THBCE avec la valeur conventionnelle du rapport de la surface de conduit aéraulique à la surface habitable, Ratsurfcond, pris égal à 0,1
- dP, la différence de pression, prise égale à 80 Pa

Le débit de fuites est pris égal à :

$$q_{pertes}^{g,s} = (1 - Ratfuitev) \cdot q_{soufflé, fuites}^{g,s}$$

### 3.3.7. La régulation

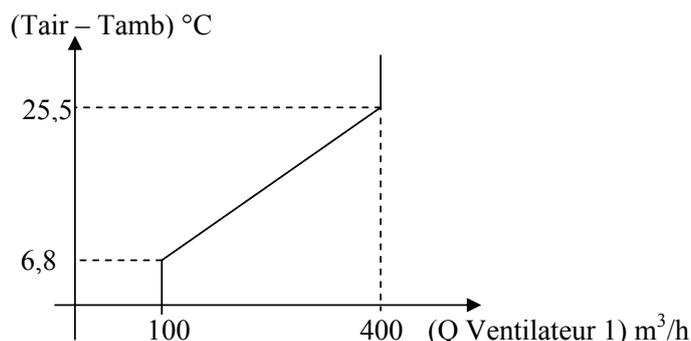
Deux cas sont à distinguer dans la régulation si l'on est:

- en mode insufflation d'air chaud (1)
- en mode ventilation des panneaux photovoltaïques (2)

$T_{air, soufflé}$  est désigné  $T_{air}$ , par la suite.

(1) La régulation agit comme suit en mode insufflation d'air chaud.

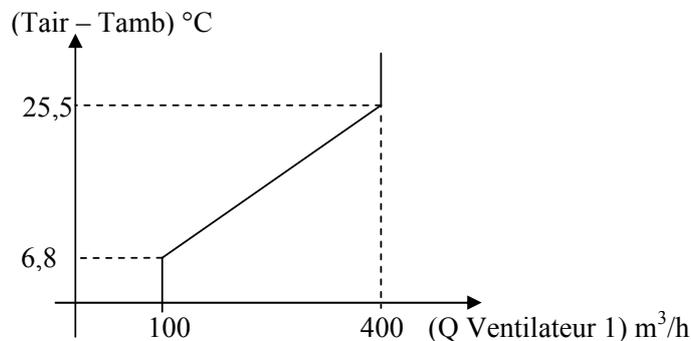
- Si la température de soufflage est supérieure à la température ambiante de 3 degrés, et que la température ambiante est inférieure à la température de consigne plus un degré, alors le module sera en fonctionnement. Le débit assuré par le ventilateur sera de 100 m<sup>3</sup>/h.
- Si la différence de température entre la température de soufflage et la température ambiante (le DeltaT ou ΔT) est comprise entre 6,8 et 25,5 °C, le ventilateur modulera son débit selon la loi suivante.



- Enfin si la différence de température entre la température de soufflage et la température ambiante est supérieure à 25,5 °C, le système ne soufflera plus dans les locaux, mais continuera de fonctionner pour refroidir les capteurs.

(2) La régulation agit comme suit sur le module en mode ventilation des panneaux photovoltaïques

- Si la température de soufflage est supérieure à 45°C, et qu'il n'y a pas de besoins, le mode ventilation est activé.
- Si la différence de température entre la température de soufflage et la température ambiante (le DeltaT ou ΔT) est comprise entre 6,8 et 25,5 °C le ventilateur modulera son débit selon la loi suivante.



3.3.8. *Calcul du débit de soufflage et de la température de soufflage, calcul de convergence*

On déduit le débit de soufflage et la température de soufflage par convergence.

En mode insufflation d'air chaud

Si  $B_{chauffage}(T_e(h)) > 0$

$\Delta T(h) = \Delta T_0(h) = T_{sortiethermfinal}(h) - T_{consigne}(h)$

Si  $\Delta T(h) < 1$  alors  $Q_{soufflage} = 0$

Si  $\Delta T(h) \geq 1$  et  $\Delta T(h) < 3$

Si Insufflation (h-1) = « oui » alors  $Q_{soufflage} = 100$

Si Insufflation (h-1) = « non » alors  $Q_{soufflage} = 0$

Si  $\Delta T(h) \geq 3$  et  $\Delta T(h) < 6.8$  alors  $Q_{soufflage} = 100$

Si  $\Delta T(h) \geq 6.8$  et  $\Delta T(h) < 25.5$

alors  $Q_{soufflage} = 16.043 * \Delta T(h) - 9.091$

Si  $\Delta T(h) \geq 25.5$  alors  $Q_{soufflage} = 400$

On pose :

$$Q_{soufflage,n+1} = \frac{(Q_{soufflage,n-1} + Q_{soufflage,n})}{2} \text{ et } Q_0 = 200 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\Delta T_{n+1} = \frac{(\Delta T_{n-1} + \Delta T_n)}{2}$$

On considère le débit atteint lorsqu'on a à la fois :

- $|Q_n - Q_{n+1}| < 1,0 \text{ m}^3/\text{h}$
- $|T_n - T_{n+1}| < 0,1 \text{ }^\circ\text{C}$

#### En mode ventilation des panneaux photovoltaïques

Si  $B_{\text{chauffage}}(h) = 0$

$$\text{delta}T(h) = \Delta T_0(h) = T_{\text{sortie\_capteurs\_PV}}(h) - 30$$

Si  $T_{\text{sortie\_capteurs\_PV}}(h) > 45$  alors

Si  $\text{delta}T(h) < 6.8$  alors  $Q_{\text{ventilPV}} = 100$

Si  $\text{delta}T(h) \geq 6.8$  et  $\text{delta}T(h) < 25.5$  alors  $Q_{\text{ventilPV}} = 16.043 * \text{delta}T(h) - 9.091$

Si  $\text{delta}T(h) \geq 25.5$  alors  $Q_{\text{ventilPV}} = 400$

On pose :

$$Q_{\text{ventilPV},n+1} = \frac{(Q_{\text{ventilPV},n-1} + Q_{\text{ventilPV},n})}{2} \text{ et } Q_0 = 200 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\Delta T_{n+1} = \frac{(\Delta T_{n-1} + \Delta T_n)}{2}$$

On considère le débit atteint lorsqu'on a à la fois :

- $|Q_n - Q_{n+1}| < 1,0 \text{ m}^3/\text{h}$
- $|T_n - T_{n+1}| < 0,1 \text{ }^\circ\text{C}$

On en déduit  $Q_{\text{soufflage}}$  et  $T_{\text{soufflage}} = T_{\text{sortie\_capteurs\_PV}}$  ou  $T_{\text{sortiethermfinal}}$  selon le mode de fonctionnement

### 3.4. Comparaison des besoins de chauffage à ce que peut produire le système

La puissance potentielle du système :

$$P_{\text{système,pot}}(h) = C_{p_{\text{therm,vol}}} Q_{\text{soufflage}} (T_{\text{soufflage}} - T_{\text{ext}})$$

Avec  $C_{p_{\text{therm,vol}}}$ , la capacité thermique volumique de l'air ( $\text{Wh}/\text{m}^3 \cdot \text{K}$ )

La chaleur apportée par le système sera le minimum entre les besoins du projet et l'énergie fournie par le système.

$$P_{\text{système}}(h) = \min[B_{\text{chauffage}}(h); P_{\text{système,pot}}(h)]$$

La part des besoins assurée par le système est égal à

$$Q_{\text{système}} = \sum_h P_{\text{système}}(h) \cdot 1$$

### 3.5. Consommation réglementaire de chauffage du projet

La consommation en chauffage annuelle globale du projet en énergie finale est égale à :

$$C_{ch,projet} = (1 - \alpha) \cdot C_{ch,principale}$$

Le coefficient  $\alpha$  représente la part de la quantité de chaleur que peut assurer le système de chauffage sur l'ensemble des consommations de chauffage du système à air (le résultat du premier calcul réglementaire)

$$\alpha = \frac{Q_{Systeme}}{C_{Ch,air}}$$

### 3.6. Consommations du ventilateur.

Les consommations horaires en mode insufflation chauffage :

$$C_{ventil(h)} = D_{ventil(h)} \times P_{ventil(h)}$$

Avec

$P_{ventil(h)}$ , la puissance horaire d'un ventilateur

$D_{ventil(h)}$ , la durée de fonctionnement du ventilateur

#### Puissance horaire d'un ventilateur

$$P_{ventil(h)} = 0,21 \times Q_{soufflage} \text{ (en W)}$$

#### Durée de fonctionnement du ventilateur

Si la puissance fournie par le système est inférieure aux besoins, la ventilation fonctionnera pendant une heure.

Si la puissance disponible est supérieure aux besoins, le système fournit la puissance nécessaire au projet sur une durée proportionnelle aux besoins de chauffage. Le cas échéant, le ventilateur prend le relais pour assurer la ventilation des panneaux photovoltaïques.

$$\text{Si } P_{systeme}(h) < B_{chauffage}(h), D_{ventil}(h) = 1 \cdot h$$

$$\text{Si } P_{systeme}(h) > B_{chauffage}(h), D_{ventil}(h) = 1 \cdot \frac{B_{chauffage}(h)}{P_{systeme,pot}(h)}$$

La consommation annuelle en énergie primaire est :

$$C_{ventil,projet} = 2,58 \cdot \sum_h C_{ventil}(h)$$

### 3.7. Consommation d'eau chaude sanitaire du projet

Les consommations d'eau chaude sanitaire prises en compte pour le calcul des consommations du projet seront les consommations d'eau chaude sanitaire issues du calcul réglementaire avec le système fictif « chauffage principal ».

### 3.8. Synthèse : consommations finales du projet

Les consommations du projet sont égales à :

$$C_{ch,projet} = (1 - \alpha) \cdot C_{ch,principal}$$

$$C_{ref,projet} = C_{ref,principal}$$

$$C_{ECS,projet} = C_{ECS,principal}$$

$$C_{éclairage,projet} = C_{éclairage,principal}$$

$$C_{auxd,projet} = C_{auxd,principal}$$

$$C_{ventil,projet} = 2,58 \cdot \sum_h C_{ventil}(h) + C_{ventil.principal}$$