

# Décrets, arrêtés, circulaires

## TEXTES GÉNÉRAUX

### MINISTÈRE DE L'ÉGALITÉ DES TERRITOIRES ET DU LOGEMENT

#### Arrêté du 8 mars 2013 relatif à l'agrément de la demande de titre V relative à la prise en compte du système « Ecosolar » dans la réglementation thermique 2005

NOR : ETL11303951A

**Publics concernés :** maîtres d'ouvrage, maîtres d'œuvre, constructeurs et promoteurs, architectes, bureaux d'études thermiques, contrôleurs techniques, diagnostiqueurs, organismes de certification, entreprises du bâtiment, industriels des matériaux de construction et des systèmes techniques du bâtiment, fournisseurs d'énergie.

**Objet :** titre V RT 2005 pour le système « Ecosolar ».

**Entrée en vigueur :** le texte entre en vigueur le lendemain de sa publication.

**Notice :** le présent arrêté définit la méthode permettant de traiter le système « Ecosolar » dans la RT 2005.

**Références :** le présent arrêté peut être consulté sur le site Légifrance (<http://www.legifrance.gouv.fr>).

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

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

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

Vu l'arrêté du 24 mai 2006 relatif aux caractéristiques thermiques des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiments ;

Vu l'arrêté du 19 juillet 2006 portant approbation de la méthode de calcul Th-CE prévue aux articles 4 et 5 de l'arrêté du 24 mai 2006 relatif aux caractéristiques thermiques des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiments,

Arrêtent :

**Art. 1<sup>er</sup>.** – Conformément à l'article 82 de l'arrêté du 24 mai 2006 relatif aux caractéristiques thermiques des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiments, le mode de prise en compte du système « Ecosolar » dans la méthode de calcul Th-CE, définie par l'arrêté du 19 juillet 2006, est agréé selon les conditions d'application définies en annexe.

**Art. 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 *Journal officiel* de la République française.

Fait le 8 mars 2013.

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

Pour la ministre et par délégation :

*Le directeur de l'habitat,  
de l'urbanisme et des paysages,*

E. CRÉPON

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

Pour la ministre et par délégation :

*Le directeur de l'habitat,  
de l'urbanisme et des paysages,*

E. CRÉPON

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

L. MICHEL

## ANNEXE

MODALITÉS DE PRISE EN COMPTE DU SYSTÈME « ECOSOLAR »  
DANS LA RÉGLEMENTATION THERMIQUE 20051. *Définition du système « Ecosolar »*

Au sens du présent arrêté, le système « Ecosolar » est un équipement de production d'eau chaude sanitaire (ECS) utilisant deux sources d'énergie renouvelables :

- l'énergie solaire au moyen de capteurs solaires plans ;
- l'aérothermie au moyen d'une pompe à chaleur air/eau.

Le système « Ecosolar » est constitué d'une cabine placée au sommet d'un immeuble sur laquelle sont posés des panneaux solaires thermiques et dans laquelle se trouvent une pompe à chaleur haute température, un échangeur air/eau ainsi que deux ballons de stockage d'eau chaude sanitaire, les circuits d'eau et les pompes de circulation.

Le système « Ecosolar » utilise l'air évacué par la VMC de l'immeuble afin d'y récupérer les calories de l'air et les envoyer dans l'évaporateur d'une pompe à chaleur produisant de l'eau chaude sanitaire.

Voici, ci-dessous, un tableau récapitulatif des caractéristiques des différents éléments constituant chaque modèle du système « Ecosolar » :

Tableau 1. – *Caractéristiques des deux modèles du système « Ecosolar »*

RÉFÉRENCE	14-800/500	19-800/800
Puissance nominale PAC en kW	14 kW	19 kW
Débit nominal de la PAC	3 500 m <sup>3</sup> /h	5 000 m <sup>3</sup> /h
Nombre de capteurs solaires	4	4
Modèle de PAC	PAC AERMEC 14RM	PAC AERMEC 19RT
Modèle circulateur solaire	Wilo-Star-ST 25/6	
Modèle circulateur PAC	Wilo-CronoLine-IL 32/150-0,37/4	
Modèle de panneaux solaires	Flat Solar Collector PS001	

2. *Domaine d'application*

La présente méthode s'applique aux logements collectifs, aux hébergements, aux établissements sanitaires, aux restaurants, aux hôtels et aux établissements sportifs s'ils respectent les conditions suivantes :

- la surface habitable pour laquelle la cabine produit l'ECS est inférieure à 900 m<sup>2</sup> pour le modèle 800/500 et à 1 500 m<sup>2</sup> pour le modèle 800/800 ;
- le bâtiment est équipé d'un système de ventilation simple flux autoréglable ou hygroréglable (VMC) ;
- les cabines sont positionnées de manière que les panneaux solaires soient à l'abri d'obstacles susceptibles de les masquer ;
- les cabines sont positionnées à proximité des sorties VMC : la longueur maximale de chaque conduite d'extraction d'air courant en toiture terrasse ne doit pas dépasser 10 m ;
- les conduites d'extraction d'air de la VMC devront être impérativement isolées avec une isolation de classe 2 ;
- l'orientation des capteurs est comprise entre le sud-est et le sud-ouest.
- la température de consigne de stockage de l'ECS est supérieure à 55 °C.

3. *Méthode de prise en compte dans le calcul pour la partie non directement modélisable*3.1. **Principe**

La méthode de prise en compte du système est décomposée en deux étapes :

1. Modéliser le bâtiment selon la méthode de calcul Th-CE avec prise en compte d'une production d'ECS via 2 chauffe-eau électriques positionnés verticalement en local non chauffé et ayant les caractéristiques, issues du tableau 2, des deux ballons équipant le modèle du système « Ecosolar » retenu. Les pertes de stockage et de distribution d'ECS ainsi que la consommation électrique du ou des circulateurs de distribution sont ainsi prises en compte de manière conventionnelle.

Tableau 2. – Caractéristiques des ballons d'ECS nos 1 et 2 à prendre en compte dans la simulation thermique initiale

RÉFÉRENCE	14-800/500		19-800/800	
	Ballon 1	Volume en litres	800	Volume en litres
Cr en Wh/(l.K.jour)		0,083 43	Cr en Wh/(l.K.jour)	0,083 43
Ballon 2	Volume en litres	500	Volume en litres	800
	Cr en Wh/(l.K.jour)	0,077 5	Cr en Wh/(l.K.jour)	0,083 43

2. Corriger la consommation en énergie primaire du bâtiment ainsi obtenue ( $C_{ep\_initiale}$ ) par les consommations en énergie primaire induites par le système,  $C_{ECS-corrige}$  et  $C_{aux-corrige}$ , obtenues par le paragraphe 3.6 de la présente méthode. Les calculs sont réalisés mensuellement.

La consommation en énergie primaire du bâtiment finale est ensuite obtenue par l'équation suivante :

$$C_{ep\_finale} = C_{ep\_initiale} - C_{ECS} - C_{aux} + C_{ECS-corrige} + C_{aux-corrige}$$

où :

$C_{ECS}$  et  $C_{aux}$  = consommations d'ECS et des auxiliaires obtenues à l'étape 1 ;

$C_{ECS-corrige}$  et  $C_{aux-corrige}$  = consommations d'ECS et des auxiliaires obtenues à l'étape 2.

### 3.2. Détermination du besoin en ECS

#### 3.2.1. Détermination du besoin d'ECS annuel y compris pertes de distribution du bâtiment et des ballons de stockage

Les besoins du bâtiment en eau chaude sanitaire, notés  $Q_{ECS\_Total}$  comprenant les pertes engendrées par la distribution et le stockage de l'ECS sont obtenus à partir de la consommation d'eau chaude sanitaire issue du premier calcul selon la méthode Th-CE.

$$Q_{ECS} = C_{ECS} * SHON/2,58$$

$$Q_{ECS\_Total} = Q_{ECS} + (Q_T + Q_{bs}) * 365$$

où :

$Q_T$  = pertes énergétiques du circuit interne en kWh par jour (voir 3.2.2.1) ;

$Q_{bs}$  = pertes énergétiques du ballon en kWh par jour (voir 3.2.2.2).

Le besoin mensuel en eau chaude sanitaire ( $Q_{ECS\_mois}$ ) est ensuite calculé à partir du besoin annuel total au prorata du nombre de jours de chaque mois.

#### 3.2.2. Détermination des pertes $Q_T$ & $Q_s$ spécifiques au système « Ecosolar »

##### 3.2.2.1. Détermination des pertes du circuit interne

Les pertes énergétiques du circuit interne à la cabine entre la sortie de la pompe à chaleur et le départ vers le circuit ECS ( $Q_T$ ) sont calculées par la formule :

$$Q_T = B * (\theta_{ECS} - \theta_{amb})$$

$Q_T$  = pertes énergétiques du circuit interne en kWh par jour ;

$\theta_{ECS}$  = température de stockage de l'ECS ;

$\theta_{amb}$  = température ambiante dans la cabine calculée en 3.2.2.4 ;

$B = 0,323$  en kWh/K par jour.

##### 3.2.2.2. Calcul des pertes des ballons de stockage

Les pertes énergétiques du ballon de stockage ( $Q_{bs}$ ) sont calculées par la formule :

$$Q_{bs} = C * (\theta_{ECS} - \theta_{amb})$$

$Q_{bs}$  = pertes énergétiques du ballon en kWh par jour ;

$\theta_{ECS}$  = température de stockage de l'ECS ;

$\theta_{amb}$  = température ambiante dans la cabine calculée en 3.2.2.4 ;

$C$  = coefficient issu du tableau 3 ci-dessous en kWh/K par jour :

Tableau 3. – Définition du coefficient  $C$   
en fonction du modèle retenu

MODÈLE DE CABINE	14-800/500	19-800/800
C	0,133 5	0,105 5

### 3.2.2.3. Expression de la température ambiante dans la cabine par jour

La température de l'air dans la cabine est réalisée par la formule suivante :

$$\theta_{amb} = \frac{A * \theta_{ext} + (B + C) * \theta_{ECS}}{A + B + C}$$

$A = 1,38$  en kWh/K par jour ;

$B = 0,323$  en kWh/K par jour ;

$C$  = Coefficient issu du tableau 3 ci-dessus ;

$\theta_{ECS}$  = température de stockage de l'ECS ;

$\theta_{ext}$  = température extérieure moyenne du mois en degrés Celsius issue des fichiers climatiques de la méthode Th-CE et donnée dans le tableau 4 :

Tableau 4. – Température extérieure moyenne du mois en degrés Celsius  
en fonction de la zone climatique

	JANVIER	FÉVRIER	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUILLET	AOÛT	SEPTEMBRE	OCTOBRE	NOVEMBRE	DÉCEMBRE
H1a	3,9	4,4	7,6	9,7	13,7	16,5	18,9	19,1	15,4	11,9	6,9	4,8
H1b	2,1	2,9	6,4	9,1	13,6	16,6	19,2	19,1	14,9	10,9	5,4	3,3
H1c	2,8	4,2	7,9	10,4	14,2	18,1	20,9	20,6	16,5	12,3	6,4	3,8
H2a	5,9	6,2	8,6	10,3	14,1	16,8	19,1	19,2	16,4	13,1	8,6	6,6
H2b	6,6	7,3	9,7	11,4	15,4	18,1	20,5	20,6	17,9	14,8	9,9	7,4
H2c	5,5	7,1	9,7	11,7	15,9	18,7	21,3	21,4	18,2	14,6	9,3	6,4
H2d	6,1	7,3	9,8	13,9	17,1	20,6	24,0	22,6	18,3	14,5	8,1	6,1
H3	9,3	9,8	11,7	13,3	17,2	20,5	23,6	24,0	20,8	17,4	12,8	10,1

## 3.3. Détermination des apports solaires

### 3.3.1. Détermination de l'énergie solaire récupérée par le système $Q_{s,net}$

#### 3.3.1.1. Détermination des paramètres de calcul

Coefficient des pertes de captage  $U_c$  :

$$U_C = a_1 + UL/A$$

où :

$a_1$  = coefficient de pertes du premier ordre en W/m<sup>2</sup>.K défini au paragraphe 18.4.1 de la méthode Th-CE ;

$UL$  = coefficient de pertes des conduites de la boucle primaire W/K ;

$$= 5 + 0,5 * A ;$$

$A$  = surface de captage des panneaux en mètres carrés.

Coefficient correctif de stockage  $C_{OS}$  :

$$C_{OS} = ([A * 75]/V_n)^{0,25}$$

où :

$A$  = surface de captage des panneaux en mètres carrés ;

$V_n$  = volume de stockage nominal en L.

Ecart de température  $\Delta T$  :

$$\Delta T = \theta_{rf} - \theta_{ext}$$

où :

$\theta_{ext}$  = température extérieure moyenne du mois en degrés Celsius ;

$$\theta_{rf} = 11,6 + 11,8 * \theta_{cw} + 3,86 * \theta_{cw} - 2,32 * \theta_{ext}$$

avec :

$\theta_{uw}$  = température ECS au point de puisage, soit 40 °C ;

$\theta_{cw}$  = température de l'eau froide entrant dans le système en degrés Celsius issue des fichiers climatiques de la méthode Th-CE et donnée dans le tableau 5 :

Tableau 5. – Température de l'eau froide entrant dans le système en degrés Celsius en fonction de la zone climatique

	JANVIER	FÉVRIER	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUILLET	AOÛT	SEPTEMBRE	OCTOBRE	NOVEMBRE	DÉCEMBRE
H1a	8,1	7,5	9,1	10,3	12,9	15,9	16,8	18,0	16,6	14,3	11,5	9,4
H1b	7,2	6,4	6,1	8,9	12,2	15,9	17,5	18,2	16,8	14,1	10,1	6,3
H1c	7,0	6,5	8,9	10,2	14,6	15,4	19,1	20,2	17,8	15,3	12,0	8,9
H2a	8,9	9,2	10,0	10,2	13,7	16,5	18,3	19,7	18,0	16,2	13,0	10,7
H2b	9,6	10,0	11,1	12,0	15,2	17,3	20,1	20,2	18,8	16,9	14,5	11,6
H2c	8,9	10,1	11,3	11,7	14,9	17,3	19,9	21,1	18,7	16,9	13,6	10,1
H2d	8,9	8,8	10,5	13,6	17,3	21,0	23,9	25,4	22,3	19,1	14,1	10,2
H3	10,7	10,6	12,7	14,6	17,8	20,6	23,3	23,7	23,0	20,4	16,3	12,7

Paramètre X :

$$X = A * U_C * \Delta T * C_{OS} * NbH_{mois} / Q_{ECS\ mois}$$

où :

$A$  = surface de captage des panneaux en m<sup>2</sup> ;

$U_C$  = coefficient des pertes de captage en W/m<sup>2</sup>.K ;

$\Delta T$  = écart de température ;

$C_{OS}$  = coefficient correctif de stockage ;

$NbH_{mois}$  = nombre d'heures dans le mois ;

$Q_{ECS\ mois}$  = besoin mensuel en eau chaude sanitaire en kWh.

Paramètre Y :

$$Y = A * \eta_o * I_{SC} * 0,8 * NbH_{mois} / Q_{ECS\ mois}$$

où :

$A$  = surface de captage des panneaux en mètres carrés ;

$\eta_o$  = rendement optique des panneaux solaires défini au paragraphe 18.4.1 de la méthode Th-CE ;  
 $I_{SC}$  = ensoleillement mensuel moyen en W/m<sup>2</sup> défini au paragraphe 18.5.3.7 de la méthode Th-CE ;  
 $NbH_{mois}$  = nombre d'heures dans le mois ;  
 $Q_{ECS\ mois}$  = besoin mensuel en eau chaude sanitaire en kWh.

### 3.3.1.2. Détermination du taux de couverture solaire

Le taux de couverture est calculé grâce aux paramètres X et Y définis ci-dessus avec la formule suivante :

$$F = C_w * (a * Y + b * X + c * Y^2 + d * X^2 + e * Y^3 + f * X^3)$$

où :

$C_w$  = coefficient correctif d'irrigation du stockage défini au paragraphe 18.5.3.6 de la méthode Th-CE ;  
 $(a, \dots, f)$  = coefficients issus du tableau 81 du paragraphe 18.5.1 de la méthode Th-CE.

### 3.3.1.3. Détermination de l'énergie solaire produite $Q_{sol}$

Le rendement ainsi calculé permet de déterminer mensuellement l'énergie solaire récupérée  $Q_{sol}$  :

$$Q_{sol} = F * Q_{ECS\ mois}$$

où :

$F$  = taux de couverture ;  
 $Q_{ECS\ mois}$  = besoin mensuel en eau chaude sanitaire en kWh.

### 3.3.1.4. Détermination de l'énergie solaire récupérée $Q_{Snet}$ par prise en compte des pertes des boucles de captage

Les pertes énergétiques mensuelles dues au circuit à l'intérieur de la cabine sont calculées grâce à la formule :

$$Q_{Bcap} = 2 * \pi * \lambda * (L/\ln[R_E/R_I]) * (\theta_{rf} - \theta_{amb}) * H_{SOL}/1\ 000$$

où :

$\theta_{rf}$  = température minimum de l'eau dans les capteurs solaires lors de l'échange (calculé au paragraphe 3.3.1.1) ;  
 $\lambda$  = conductivité thermique en W/m.K ;  
 $L$  = longueur de la conduite en mètres ;  
 $R_E$  = rayon extérieur de la conduite = 0,0225 m ;  
 $R_I$  = rayon intérieur de la conduite = 0,01 m ;  
 $\theta_{amb}$  = température ambiante dans la cabine calculée en 3.2.2.4 ;  
 $H_{SOL}$  = durée mensuelle d'ensoleillement par jour en heure issue du tableau 84 du paragraphe 18.9 de la méthode Th-CE.

On obtient ensuite l'énergie solaire récupérée par mois par :

$$Q_{Snet} = Q_{sol} - Q_{Bcap}$$

### 3.3.2. Principe de régulation de la répartition de l'énergie solaire entre réchauffage air et production d'eau chaude

La priorité est donnée au réchauffage de l'air entrant dans l'évaporateur de la PAC grâce au réglage du contrôleur du différentiel de température attaché au réchauffage de l'air suivant :

- condition de fonctionnement du contrôleur lorsque la PAC est en demande (asservissement sur le démarrage du ventilateur de la PAC), ainsi en dehors des périodes de demande l'énergie sera disponible pour le chauffage de l'eau ;
- température de déclenchement du circulateur des panneaux vers l'échangeur eau/air réglée à 30° (contrôleur différentiel n° 1) ;
- température de déclenchement du circulateur des panneaux vers l'échangeur eau/eau pour réchauffage de l'ECS dans le ballon réglée à 60°.
- la température maximum de l'air après l'échangeur est réglée à 22°.

En hiver et mi-saison, de janvier à avril et en novembre et décembre, l'hypothèse est faite que 100 % de l'énergie solaire produite  $Q_{S2}$  est injectée dans l'échangeur eau/air (période allant de début novembre à fin avril).

Le reste de l'année, la production solaire ( $Q_{S1}$ ) est affectée en priorité à la production solaire d'ECS directe. Le surplus d'énergie disponible est injecté dans l'échangeur eau/air. La température à l'entrée de la PAC est considérée égale à la température de l'air extérieur.

$$Q_{S2} = 0 \text{ de mai à octobre}$$

$$= Q_{Snet} \text{ les autres mois}$$

Le reste de l'année, la production solaire ( $Q_{S1}$ ) est affectée en priorité à la production solaire d'ECS directe. Le surplus d'énergie disponible est injecté dans l'échangeur eau/air. La température à l'entrée de la PAC est considérée égale à la température de l'air extérieur.

$$Q_{S1} = Q_{Snet} \text{ de mai à octobre}$$

$$= 0 \text{ les autres mois}$$

### 3.3.3. Détermination de la consommation électrique mensuelle des auxiliaires de l'installation solaire

La détermination de la consommation électrique des auxiliaires de l'installation solaire est réalisée conformément au paragraphe 18.9 de la méthode Th-CE :

$$Q_{circSOLkWH} = P_{aux} * H_{SOL} * \min[1; Q_{ECsmois} / I_{sc} * A * 0,4 * NbH_{mois}]$$

où :

$A$  = Surface de captage des panneaux en m<sup>2</sup> (9,4 m<sup>2</sup>) ;

$P_{aux}$  = Puissance du circulateur de l'installation solaire en W (63W) ;

$H_{sol}$  = Durée mensuelle d'ensoleillement en heure issue du tableau 84 du paragraphe 18.9 de la méthode Th-CE ;

$NbH_{mois}$  = Nombre d'heures dans le mois ;

$I_{sc}$  = Ensoleillement mensuel moyen en W/m<sup>2</sup> défini au paragraphe 18.5.3.7 de la méthode Th-CE ;

$Q_{ECsmois}$  = Besoin mensuel en eau chaude sanitaire en kWh.

## 3.4. Apport VMC

### 3.4.1. Débit d'air de la VMC

#### 3.4.1.1. Cas des logements collectifs

Conformément à la méthode Th-CE (paragraphe 8.2.3.1), pour les logements collectifs, on considérera le débit moyen extrait de la VMC comme étant la moyenne pondérée entre le débit total de pointe  $Q_{pointe}$  et le débit total de base  $Q_{base}$ . Cette moyenne est calculée de la manière suivante :

Pour les VMC avec dispositif de gestion manuel :

$$Q_{airVMC} = ([14 * Q_{pointe} + 154 * Q_{base}] / 168) * 1,1$$

Pour les VMC avec dispositif équipé de temporisateur :

$$Q_{airVMC} = ([7 * Q_{pointe} + 161 * Q_{base}] / 168) * 1,1$$

Pour le cas des VMC hygroréglables, l'opérateur saisit le débit extrait mentionné dans l'avis technique avec  $Q_{pointe} = Q_{base} = Q_{avis\ technique}$ .

#### 3.4.1.2. Cas des autres types d'usages

Conformément à la méthode Th-CE (paragraphe 8.2.3.2), on considérera le débit moyen extrait de la VMC comme étant la moyenne pondérée entre le débit total d'extraction en occupation  $Q_{occ}$  et le débit total d'extraction en inoccupation  $Q_{inocc}$ . Cette moyenne est calculée de la manière suivante :

$$Q_{airVMC} = ([t_{occ} * Q_{occ} + t_{inocc} * Q_{inocc}] / (t_{occ} + t_{inocc})) * 1,1$$

Les valeurs de  $t_{occ}$  et  $t_{inocc}$  sont fixées dans le tableau 4 ci-dessous en fonction du type d'usage, conformément aux paragraphes 6.1 et 6.2 de la méthode Th-CE :

Tableau 6. – Durées d'occupation et d'inoccupation des bâtiments selon scénarii de la méthode Th-CE

TYPE D'USAGE	$t_{occ}$ (heures)	$t_{inocc}$ (heures)
Etablissements sanitaires avec hébergement	128	40
Etablissements sanitaires sans hébergement	50	118

TYPE D'USAGE	$t_{occ}$ (heures)	$t_{inocc}$ (heures)
Hôtellerie et autres hébergements	128	40
Restauration plusieurs repas/jour	50	118
Restauration un repas/jour	25	143
Etablissements sportifs	50	118

### 3.4.2. Calcul de la température moyenne mensuelle du mélange d'air VMC & air extérieur sans l'apport solaire

La température moyenne mensuelle du mélange d'air VMC & air extérieur sans l'apport solaire ( $\theta_{airPAC}$ ) est obtenue à partir du couple débit et température de l'air de la VMC et de l'air extérieur grâce à la formule suivante :

$$\theta_{airPAC} = (\theta_{airVMC} * Q_{airVMC} + \theta_{ext} * Q_{airext}) / Q_{airPAC}$$

où :

$Q_{airVMC}$  = Débit d'air VMC en m<sup>3</sup>/h issue du paragraphe 3.4.1 ;

$\theta_{airVMC}$  = Température d'air VMC en degrés Celsius issue du tableau 7 ci-dessous ;

$\theta_{ext}$  = Température extérieure moyenne du mois en degrés Celsius ;

$Q_{airPAC}$  = Débit mensuel moyen du mélange d'air en m<sup>3</sup>/h :

= 3 500 m<sup>3</sup>/h si le modèle retenu est la cabine 14-800/500 ;

= 5 000 m<sup>3</sup>/h si le modèle retenu est la cabine 19-800/800 ;

$Q_{airext}$  = Débit d'air extérieur en m<sup>3</sup>/h ;

= max (0;  $Q_{airPAC} - Q_{airVMC}$ )

Tableau 7. – Température moyenne d'extraction VMC des bâtiments selon scénarii de la méthode Th-CE

		Type d'usage					
		Logement collectif + hôtellerie et autres hébergements	Etablissement sanitaire avec hébergement	Etablissement sanitaire sans hébergement	Restauration plusieurs repas / jour	Restauration un repas / jour	Etablissement sportif
$\theta_{airVMC}$	Mai à Octobre	$\theta_{ext}$	$\theta_{ext}$	$\theta_{ext}$	$\theta_{ext}$	$\theta_{ext}$	$\theta_{ext}$
	Autres moi	17,82°C	19,58°C	18,19°C	16,19°C	15,74°C	9,63°C

### 3.4.3. Calcul de la température moyenne mensuelle du mélange d'air VMC & air extérieur

Le réchauffage du mélange d'air n'est effectif que durant les heures d'insolation en hiver et mi-saison, de janvier à avril et en novembre et décembre. L'élévation de température du mélange air au droit de l'échangeur thermique se calcule à partir de l'équation suivante :

$$\theta_{airPACHSOL} = \theta_{airPAC} + \frac{n * Q_{s2} * 3600000}{(P_{air} * C_{air} * Q_{airPAC} * H_{SOL} * NbJ_{mois})}$$

$\theta_{airPAC}$  = Température moyenne mensuelle calculée au paragraphe 3.4.2 du mélange d'air VMC et d'air extérieur sans l'apport solaire ;

$\eta$  = Efficacité de l'échangeur air/eau

= 0,72 ;

$Q_{s2}$  = Energie solaire récupérée calculée au 3.3.2 ;

$P_{air}$  = Densité de l'air en kg/m<sup>3</sup> ;

= 1,25 kg/m<sup>3</sup> ;

$C_{air}$  = Chaleur massique de l'air en J/kg °C



= 1 000 J/kg °C.

$Q_{airPAC}$  = Débit mensuel moyen du mélange d'air en m<sup>3</sup>/h (voir 3.4.2) ;

$H_{SOL}$  = Durée mensuelle d'ensoleillement par jour en heure issue du tableau 84 du paragraphe 18.9 de la méthode Th-CE ;

$NbJ_{mois}$  = Nombre de jours dans le mois.

#### 3.4.4. Calcul de la température moyenne mensuelle du mélange d'air VMC & air extérieur par jour avec l'apport solaire

Cette température sera déterminée en prenant en compte la température moyenne mensuelle du mélange d'air pendant la durée d'insolation ainsi que la température moyenne mensuelle du mélange d'air hors période d'insolation ( $24 - H_{sol}$ ).

$$\theta_{airPAC J SOL} = [\theta_{airPAC h SOL} * H_{SOL} + \theta_{airPAC} * (24 - H_{SOL})] / 24$$

où :

$\theta_{airPAC h SOL}$  = Température du mélange d'air calculée au 3.4.3

$\theta_{airPAC}$  = Température moyenne mensuelle calculée au paragraphe 3.4.2 du mélange d'air VMC & air extérieur sans l'apport solaire

$H_{SOL}$  = Durée mensuelle d'ensoleillement par jour en heure issue du tableau 84 du paragraphe 18.9 de la méthode Th-CE

### 3.5. Fonctionnement de la PAC

#### 3.5.1. COP moyen mensuel de la PAC

Le COP mensuel moyen de la PAC est déterminé grâce à la formule suivante :

$$COP_{PAC} = a * \ln(\theta_{airPAC J SOL}) + b$$

où :

$\theta_{airPAC J SOL}$  = Température du mélange d'air calculée au 3.4.4 ;

$a$  et  $b$  = coefficients issus du tableau 8 ci-dessous :

Tableau 8. – Couple de coefficients pour obtenir le COP de la PAC

MODÈLE DE CABINE	$a$	$b$
Cabine 14-800/500	0,2834	1,6527
Cabine 19-800/800	0,3063	1,7340

#### 3.5.2. Puissance de la PAC

La puissance consommée par la PAC en fonction de la température d'air à l'évaporateur et du régime de température d'eau est déterminée grâce à la formule suivante :

$$P_{PAC} = c * \ln(\theta_{airPAC j SOL}) + d$$

où :

$\theta_{airPAC J SOL}$  = Température du mélange d'air calculée au 3.4.4.

$c$  et  $d$  = coefficients issus du tableau 9 ci-dessous :

Tableau 9. – Couple de coefficients pour obtenir la puissance consommée par la PAC

MODÈLE DE CABINE	$c$	$d$
Cabine 14-800/500	2,197	8,472
Cabine 19-800/800	3,033	11,467

### 3.5.3. Consommation d'énergie électrique mensuelle de la PAC pour assurer le besoin d'ECS

A partir du besoin d'ECS moyen (déterminé au paragraphe 3.2.1) réparti mensuellement en fonction du nombre de jours de chaque mois, et après déduction de l'apport solaire mensuel, on détermine la consommation mensuelle moyenne électrique de la PAC avec la formule :

$$Q_{PACkWh} = (Q_{ECSmois} - Q_{sl}) / COP_{PAC}$$

où :

$Q_{ECSmois}$  = Besoin mensuel en eau chaude sanitaire en kWh ;

$Q_{sl}$  = Apports solaires récupérés calculés au 3.3.2 ;

$COP_{PAC}$  = Le COP mensuel moyen de la PAC déterminé au 3.5.1.

### 3.5.4. Calcul du temps moyen mensuel de fonctionnement de la PAC

Le temps de fonctionnement de la machine est calculé ainsi :

$$T_{FonctPAC} = (Q_{ECSmois} - Q_{sl}) / P_{PAC}$$

où :

$Q_{ECSmois}$  = Besoin mensuel en eau chaude sanitaire en kWh ;

$Q_{sl}$  = Apports solaires récupérés calculés au 3.3.2 ;

$P_{PAC}$  = La puissance consommée par la PAC déterminée au 3.5.2.

### 3.5.5. Calcul de la consommation mensuelle de la pompe de transfert entre la PAC et les ballons de stockage

Connaissant la puissance du circulateur du circuit de la PAC, l'énergie électrique consommée par ce dernier est déterminée par l'équation suivante :

$$Q_{circPACkWh} = P_{circ} * T_{FonctPAC} * NbJ_{mois} * N_{PAC}$$

où :

$P_{circ}$  = Puissance du circulateur de la PAC  
= 370 W.

$T_{FonctPAC}$  = Temps de fonctionnement de la machine est calculé au 3.5.4 ;

$NbJ_{mois}$  = Nombre de jours dans le mois ;

$N_{PAC}$  = Nombre de PAC installées.

## 3.6. Consommation du système Ecosolar en kWhEP par m<sup>2</sup>

$$C_{ECS-corrige} = [(\sum_{mois} Q_{PACkWh} * 2,58) / SHON]$$

$$C_{aux-corrige} = C_{aux} + [(\sum_{mois} (Q_{circPACkWh} + Q_{circSOLkWh}) * 2,58) / SHON]$$