

*(Texte non paru au journal officiel)*

*(Lo)*

## **MINISTÈRE DE L'EMPLOI, DE LA COHÉSION SOCIALE ET DU LOGEMENT**

### **Arrêté du 9 novembre 2006 portant approbation de diverses méthodes de calcul pour le diagnostic de performance énergétique en France métropolitaine**

**NOR : SOCU 06 10 563 A**

Le ministre de l'emploi, de la cohésion sociale et du logement,

Le ministre de l'économie, des finances et du budget,

Le ministre délégué à l'industrie,

Vu la directive 2002/91/CE du Parlement européen et du Conseil en date du 16 décembre 2002 sur la performance énergétique des bâtiments,

Vu le code de la construction et de l'habitation, notamment ses articles R. 134-1 à R. 134-5,

Vu l'arrêté relatif au diagnostic de performance énergétique pour les bâtiments proposés à la vente en France métropolitaine en date du 15 septembre 2006,

Vu l'arrêté relatif aux méthodes et procédures applicables au diagnostic de performance énergétique pour les bâtiments proposés à la vente en France métropolitaine en date du 15 septembre 2006, et notamment son article 2,

Arrêtent :

**Article 1** – Les dispositions du présent arrêté sont prises pour l'application de certaines dispositions des articles R. 134-1 à R.134-5 du code de la construction et de l'habitation, à l'exception des départements d'outre-mer.

**Article 2** – Les méthodes de calcul 3CL-DPE, Comfie-DPE et DEL6-DPE, jointes en annexe au présent arrêté et prévues à l'article 2 de l'arrêté susvisé, sont approuvées.

**Article 3** – Le directeur général de l’urbanisme, de l’habitat et de la construction est chargé de l’exécution du présent arrêté qui sera publié au *Bulletin officiel* du ministère de l’équipement, des transports et du logement et au *Bulletin officiel* du ministère de l’emploi, de la cohésion sociale et du logement.

**Fait à Paris, le 9 novembre 2006**

Le ministre de l’emploi, de la cohésion sociale et du logement, pour le ministre et par délégation : le directeur général de l’urbanisme, de l’habitat et de la construction,

**Alain Lecomte**

Le ministre de l’économie, des finances et de l’industrie, pour le ministre et par délégation : le directeur général de l’énergie et des matières premières,

**Dominique Maillard**

Le ministre délégué à l’industrie, pour le ministre et par délégation : le directeur général de l’énergie et des matières premières,

**Dominique Maillard**

Le ministre délégué à l’industrie, pour le ministre et par délégation : le directeur général de l’énergie et des matières premières,

Dominique Maillard

à l'arrêté portant approbation de diverses méthodes de calcul

## **ANNEXE 1 – Méthode 3CL-DPE (pages 3 à 68)**

Algorithmes de la méthode 3CL-V15c  
(Calculs des consommations conventionnelles dans les logements)

### **Sommaire**

#### **A - Maison individuelle**

- 1. Calcul des consommations de chauffage**
- 2. Calcul des consommations d'ECS**
- 3. Calcul des consommations de refroidissement**
- 4. Prise en compte de systèmes particuliers**

#### **B - Appartement en immeuble collectif avec chauffage individuel**

- 1. Calcul des consommations de chauffage**
- 2. Calcul des consommations d'ECS**
- 3. Calcul des consommations de refroidissement**

## **C - Immeuble collectif avec chauffage collectif sans comptage individuel**

- 1. Calcul des consommations de chauffage**
- 2. Calcul des consommations d'ECS**
- 3. Calcul des consommations de refroidissement**

## **D - Immeuble collectif avec chauffage collectif avec comptage individuel**

- 1. Calcul des consommations de chauffage**
- 2. Calcul des consommations d'ECS**
- 3. Calcul des consommations de refroidissement**

## **Annexes à la méthode 3CL-DPE**

# A - Maison individuelle

## Données d'entrée de la méthode 3CL (chauffage + ECS + refroidissement) :

Surface habitable (m<sup>2</sup>) : SH

Département (1 à 95)

Altitude (m<sup>2</sup>)

Année de construction (<1975 ; 75-77 ; 78-82 ; 83-88 ; 89-2000 ; >2000)

Type de toiture (combles perdus ; combles aménagés ; terrasse ; mixte)

Type de plancher bas (terre-plein / vide-sanitaire / local non chauffé)

Nombre de niveaux (1 ; 1.5 ; 2 ; 2.5 ; 3)

Hauteur moyenne sous plafond (m) : HSP

Mitoyenneté (accolé sur un petit, un grand,... côtés)

Forme (compacte ; allongée ; développée)

Grande surface vitrée au sud (plus de 1/9Sh orientée entre sud-est et sud-ouest, sans masque)

Surface de mur (si inconnue = f(mitoyenneté ; SH ; forme ; HSP ; niveau) : Smur<sub>i</sub>

Type de mur (inconnu, sinon épaisseur + matériau de construction)

Isolation du mur (coefficient Umur ou Risolant ou épaisseur isolant ou année des travaux d'isolation)

Surface de toiture (si inconnue = f(SH ; niveau)) : Splafond<sub>i</sub>

Composition de la toiture (inconnue, sinon typologie)

Isolation de la toiture (coefficient Utoiture ou Risolant ou épaisseur isolant ou année des travaux d'isolation)

Surface de plancher bas (si inconnue = f(SH ; niveau)) : Splancher<sub>i</sub>

Composition du plancher bas (inconnu, sinon typologie)

Isolation du plancher bas (coefficient Uplancher ou Risolant ou épaisseur isolant ou année des travaux d'isolation)

Surface des fenêtres (m<sup>2</sup>) en tableau : Sfenêtres<sub>i</sub>

Type de vitrage (simple / survitrage / double vitrage / double vitrage VIR / Double fenêtre)

Présence d'argon

Type de menuiserie (bois ; PVC ; métal ; métal + rupture de pont thermique)

Sinon Coefficient Uw

Présence de volets

Surface de portes extérieures (si inconnue : 2m<sup>2</sup>) : Sporte<sub>i</sub>

Type de porte (non isolée / isolée / SAS ...)

Système de chauffage (voir liste)

Si chauffage eau chaude :

Type émetteur (radiateur / plancher chauffant)

Présence de robinet thermostatique sur les radiateur

Présence d'un programmeur

Système d'ECS (voir liste)

Si ballon électrique (horizontal / vertical)

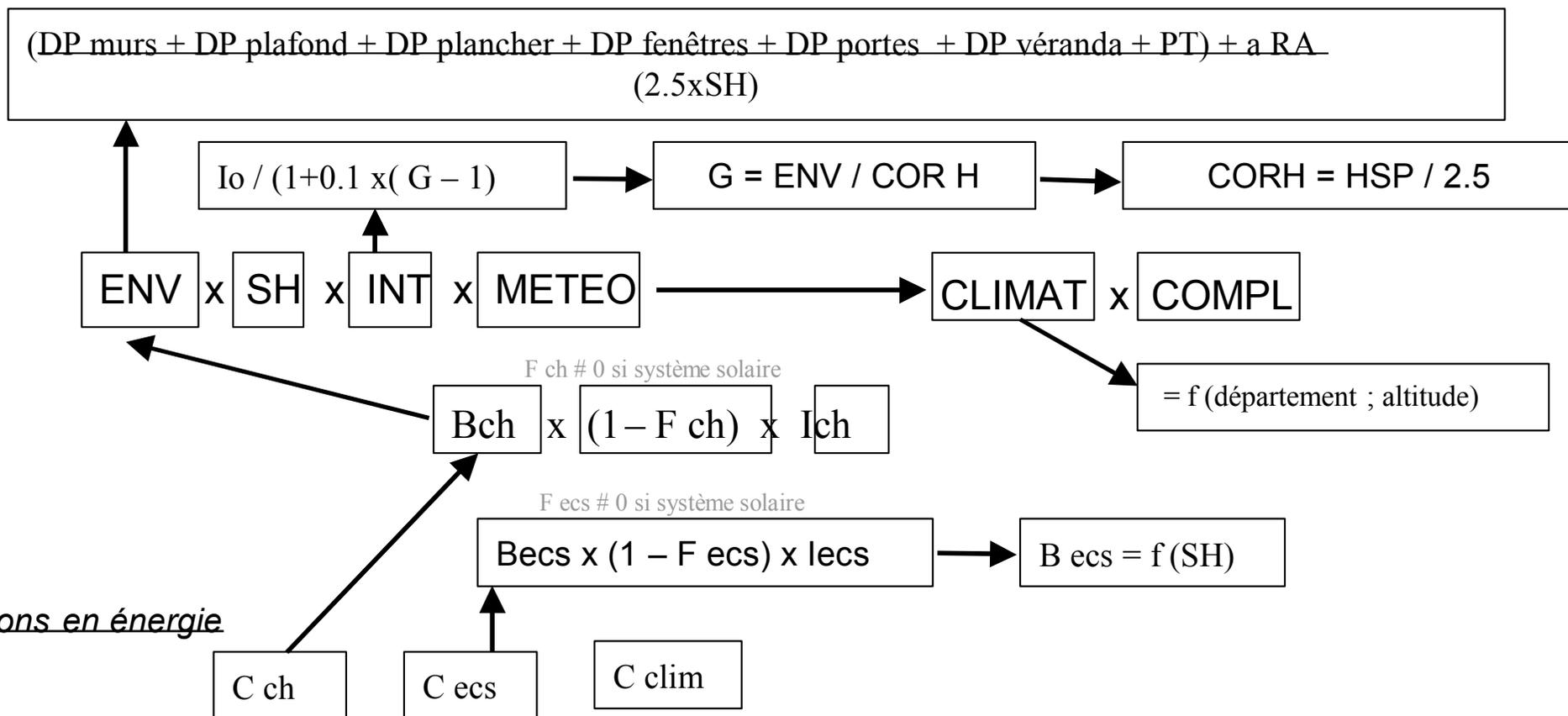
Si système gaz : présence d'une veilleuse

présence d'un ballon d'accumulation

Système de ventilation (ventilation naturelle / VMC / VHA /VHB / VDF av échangeur)

% de surface climatisée

Consommations en énergie finale



# 1. Calcul des consommations de chauffage

$$Cch_{pci} = Cch_{pcs} / \alpha_{psi}$$

Pour les conversions en énergie primaire et en CO2, on retiendra Cchpci.

S'il y a un seul système de chauffage sans système de chauffage solaire :

$$Cch_{pcs} = Bch \times Ich$$

S'il y a un seul système de chauffage avec système de chauffage solaire :

$$Cch_{pcs} = Bch \times (1-Fch) \times Ich$$

S'il y a un système de chauffage (Ich1) et un insert ou poêle à bois :

$$Cch1_{pcs} = 0.75 \times Bch \times Ich1$$

$$Cch2_{pcs} = 0.25 \times Bch \times 2$$

S'il y a plusieurs systèmes de chauffage :

Surface chauffée par le système 1 : SH1 – type de système 1

Surface chauffée par le système 2 : SH2 – type de système 2

Surface chauffée par le système 3 : SH3 – type de système 3

$$Cch1_{pcs} = SH1/SH \times Bch \times Ich 1$$

$$Cch2_{pcs} = SH2/SH \times Bch \times Ich 2$$

$$Cch3_{pcs} = SH3/SH \times Bch \times Ich 3$$

## 1.1. Calcul de Bch

$$Bch = SH \times ENV \times METEO \times INT$$

### 1.1.1. Calcul de ENV

$$ENV = \frac{DP_{murs} + DP_{plafond} + DP_{plancher} + DP_{fenêtres} + DP_{portes} + DP_{véranda} + PT}{2.5 \times Sh} + a_{RA}$$

avec :

$$DP_{murs} = b_1 \times S_{murs1} \times U_{murs1} + b_2 \times S_{murs2} \times U_{murs2} + b_3 \times S_{murs3} \times U_{murs3}$$

$$DP_{plafond} = b'_1 \times S_{plafond1} \times U_{plafond1} + b'_2 \times S_{plafond2} \times U_{plafond2} + b'_3 \times S_{plafond3} \times U_{plafond3}$$

$$DP_{plancher} = Cor_{sol1} \times S_{plancher1} \times U_{plancher1} + Cor_{sol2} \times S_{plancher2} \times U_{plancher2} + Cor_{sol3} \times S_{plancher3} \times U_{plancher3}$$

$$DP_{fenêtres} = S_{fenêtres1} \times U_{fenêtres1} + S_{fenêtres2} \times U_{fenêtres2} + S_{fenêtres3} \times U_{fenêtres3}$$

$$DP_{portes} = S_{portes1} \times U_{portes1} + S_{portes2} \times U_{portes2} + S_{portes3} \times U_{portes3}$$

$$DP_{véranda} = S_{véranda1} \times U_{véranda1} + S_{véranda2} \times U_{véranda2} + S_{véranda3} \times U_{véranda3}$$

Les  $U_{murs}$ ,  $U_{sol}$ ,  $U_{toit}$ ,  $U_{fenêtres}$ ,  $U_{portes}$ ,  $U_{véranda}$ , sont décrits ci-après.

Si la paroi donne sur l'extérieur ou est enterrée :  $b$  ou  $b' = 1$ , sinon  $b$  ou  $b' = 0.95$ .

Calcul de  $a_{RA}$  :

Type de ventilation	$a_{RA}$
Naturelle + cheminée sans trappe d'obturation	0.45
Naturelle par défauts d'étanchéité (menuiseries,...)	0.35
Naturelle par entrée d'air / extraction	0.30
VMC classique modulée $\leq 1983$	0.23
VMC classique modulée $>1983$	0.20
VMC Hygro A	0.16
VMC Hygro B	0.14
VMC double flux	0.1

Si la hauteur moyenne est connue :

$$CORH = \frac{HSP}{2.5}$$

CORsol (coefficient de réduction de température / plancher bas) :

	CORsol
terre-plein	1
extérieur	1
vide-sanitaire	0,85
Autre local non chauffé	0,9

## Surfaces inconnues

Si les surfaces déperditives ne sont pas connues, il n'est possible de décrire qu'un type de paroi.

**Sfenêtres** : (fenêtres verticales)

La surface des fenêtres (Sfenêtres) est une donnée d'entrée obligatoire.

**Sfenêstrestoit** : (fenêtres de toiture)

La surface des fenêtres de toit (Sfenêstrestoit) est une donnée d'entrée obligatoire.

**Sportes** : 2m<sup>2</sup>

**Smurs** :

Combles habités :  $S_{mur} = (\text{MIT} \times \text{FOR} \times \sqrt{\frac{SH}{NIV}} \times (\text{NIV} \times 0.8) \times \text{HSP}) - \text{Sfenêtres} - \text{Sportes}$

Pas de combles habités :  $S_{mur} = (\text{MIT} \times \text{FOR} \times \sqrt{\frac{SH}{NIV}} \times \text{NIV} \times \text{HSP}) - \text{Sfenêtres} - \text{Sportes}$

configuration a : FOR=4.12

$$\left( \frac{P}{\sqrt{S_{sol}}} < 4.5 \right)$$



configuration b : FOR=4.81

$$\left( 4.5 \leq \frac{P}{\sqrt{S_{sol}}} \leq 5.3 \right)$$



configuration c : FOR=5.71

$$\left( \frac{P}{\sqrt{S_{sol}}} > 5.3 \right)$$



avec MIT

indépendante : MIT = 1

accolée sur 1 petit côté : MIT = 0.8

accolée sur 1 grand ou 2 petits côtés : MIT = 0.7

accolée sur 1 grand et 1 petit côtés : MIT = 0.5

accolée sur 2 grands côtés : MIT = 0.35

**Splancher** :

Splancher = SH / NIV



NIV = 1 : maison sur un niveau

NIV = 1.5 : maison sur 2 niveaux dont le dernier en combles habités

NIV = 2 : maisons sur 2 niveaux

NIV = 2.5 : maison sur 3 niveaux dont le dernier en combles habités

NIV = 3 : maisons sur 3 niveaux

Au-delà, les surfaces des parois doivent être connues.

**Splafond** :

Si les combles sont habités : **Splafond** = 1.3 x SH / NIV - Sfenêstrestoit

Sinon **Splafond** = SH / NIV

## Coefficients U des murs

1 – Le coefficient Tau x K ou b x U du mur est connu : **U<sub>mur</sub>** à saisir

2 – Le type de mur est inconnu, **U<sub>mur<sub>i</sub></sub>** = :

Année de construction	H1		H2		H3	
	"effet joule"	autre	"effet joule"	autre	"effet joule"	autre
< 1975	2,50		2,50		2,50	
de 1975 à 1977	1,00		1,05		1,11	
de 1978 à 1982	0,8	1	0,84	1,05	0,89	1,11
de 1983 à 1988	0,7	0,8	0,74	0,84	0,78	0,89
de 1989 à 2000	0,45	0,5	0,47	0,53	0,50	0,56
> 2000	0,40		0,40		0,47	

3 – La partie porteuse est connue, **U<sub>mur<sub>0</sub></sub>** = :

Murs en pierre de taille et moellons (granit, gneiss, porphyres, pierres calcaires, grès, meulières, schistes, pierres volcaniques) :

	Epaisseur connue (en cm)													inconnue
	20 et -	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	
Murs constitués d'un seul matériau ou « ne sait pas »	3.2	2.85	2.65	2.45	2.3	2.15	2.05	1.90	1.80	1.75	1.65	1.55	1.50	3.2
Murs avec remplissage tout venant							1.90	1.75	1.60	1.50	1.45	1.30	1.25	1.90

Murs en pisé ou béton de terre stabilisé (à partir d'argile crue) :

Epaisseur connue (en cm)										inconnue
40 et -	45	50	55	60	65	70	75	80		
1.75	1.65	1.55	1.45	1.35	1.25	1.2	1.15	1.1	1.75	

Murs en pans de bois :

Epaisseur connue (en cm)						inconnue
8 et -	10	13	18	24	32	
3	2.7	2.35	1.98	1.65	1.35	3

Murs bois (rondins) :

Epaisseur connue (en cm)				inconnue
10 et -	15	20	25	
1.6	1.2	0.95	0.8	1.6

Mur bois avec remplissage tout venant : 1.7

Murs en briques pleines simples :

Epaisseur connue (en cm)											inconnue
9 et -	12	15	19	23	28	34	45	55	60	70	
3.9	3.45	3.05	2.75	2.5	2.25	2	1.65	1.45	1.35	1.2	3.9

Murs en briques pleines doubles avec lame d'air :

Epaisseur connue (en cm)							inconnue
20 et -	25	30	35	45	50	60	
2	1.85	1.65	1.55	1.35	1.25	1.2	2

Murs en briques creuses :

Epaisseur connue (en cm)									inconnue
15 et -	18	20	23	25	28	33	38	43	
2.15	2.05	2	1.85	1.7	1.68	1.65	1.55	1.4	2.15

Murs en blocs de béton pleins :

Epaisseur connue									inconnue
20 et +	23	25	28	30	33	35	38	40	
2.9	2.75	2.6	2.5	2.4	2.3	2.2	2.1	2.05	2.9

Murs en blocs de béton creux :

Epaisseur connue (en cm)			inconnue
20 et -	23	25	
2.8	2.65	2.3	2.8

Murs en béton banché :

Epaisseur connue (en cm)								inconnue
20 et -	22.5	25	28	30	35	40	45	
2.9	2.75	2.65	2.5	2.4	2.2	2.05	1.9	2.9

Monomur terre cuite :

Epaisseur connue (en cm)	
30	37.5
0.47	0.40

Béton cellulaire :

Epaisseur connue (en cm)									
5	7	10	15	20	25	27,5	30	32,5	37,5
2,12	1,72	1,03	0,72	0,55	0,46	0,42	0,39	0,35	0,32

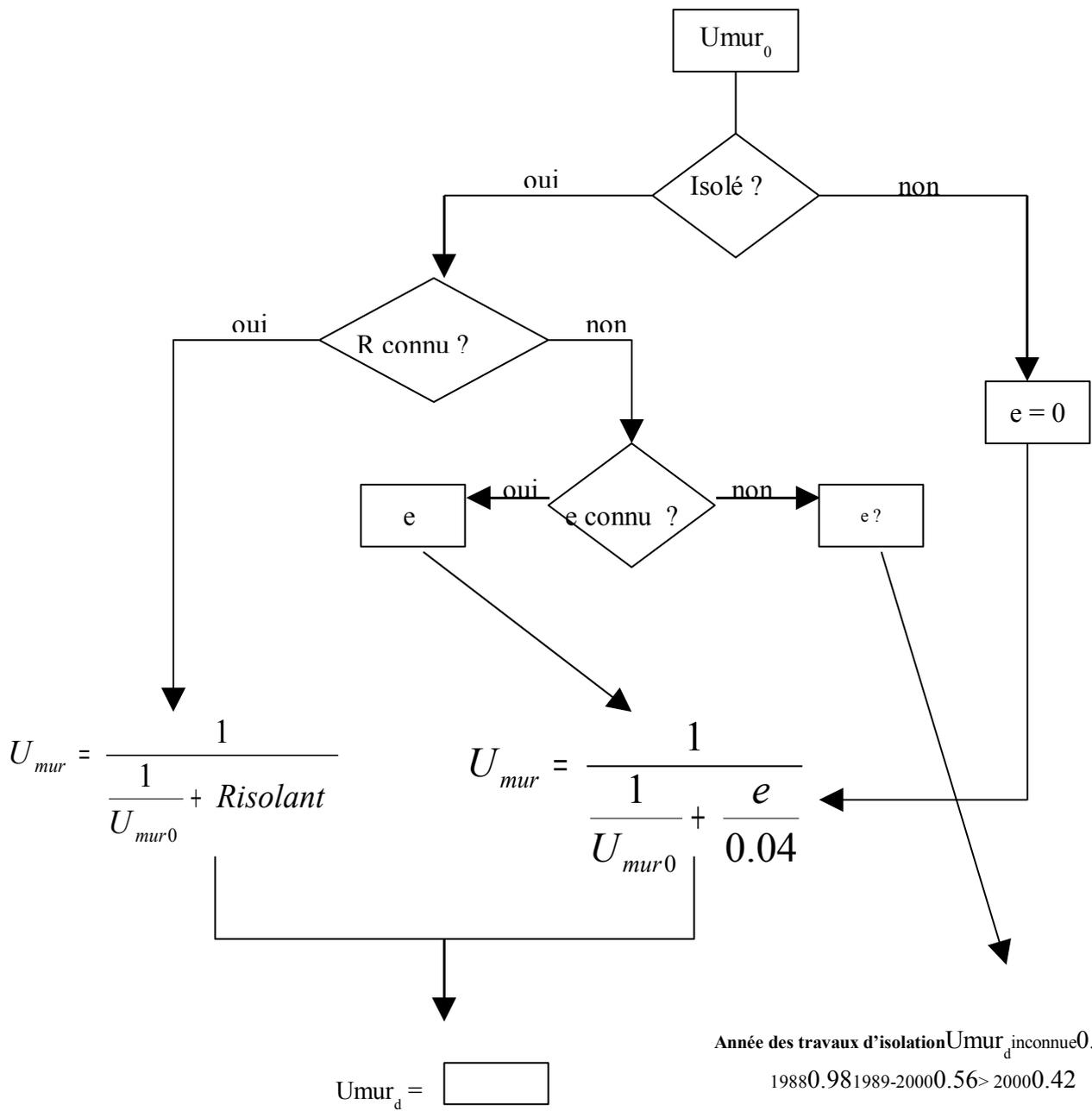
Les murs ci-dessus sont considérés comme lourd, sauf :

- S'ils sont isolés par l'intérieur

Les murs en ossature bois ; ossature métallique

$$U_{mur_0} = \boxed{\phantom{0000}}$$

Pour des matériaux qui ne seraient pas présents dans la liste ci-dessus, se reporter aux règles Thbât ; règles Th-U ; fascicule 2/5 ; Matériaux (CSTB).



**Umur = min (2 ; Umur<sub>d</sub>)**

## Coefficients U des planchers bas

Si le sol est sur terre-plein

$$U_{\text{plancher}} = 0$$

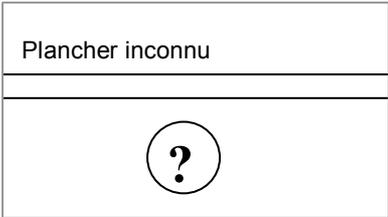
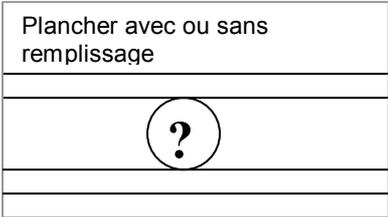
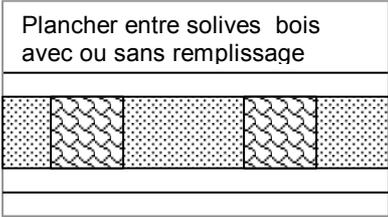
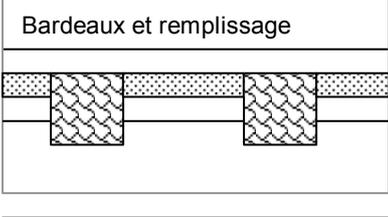
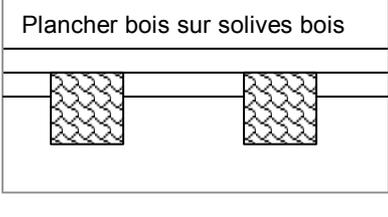
Sinon (si le plancher bas est sur vide-sanitaire ; sous-sol ; ...) :

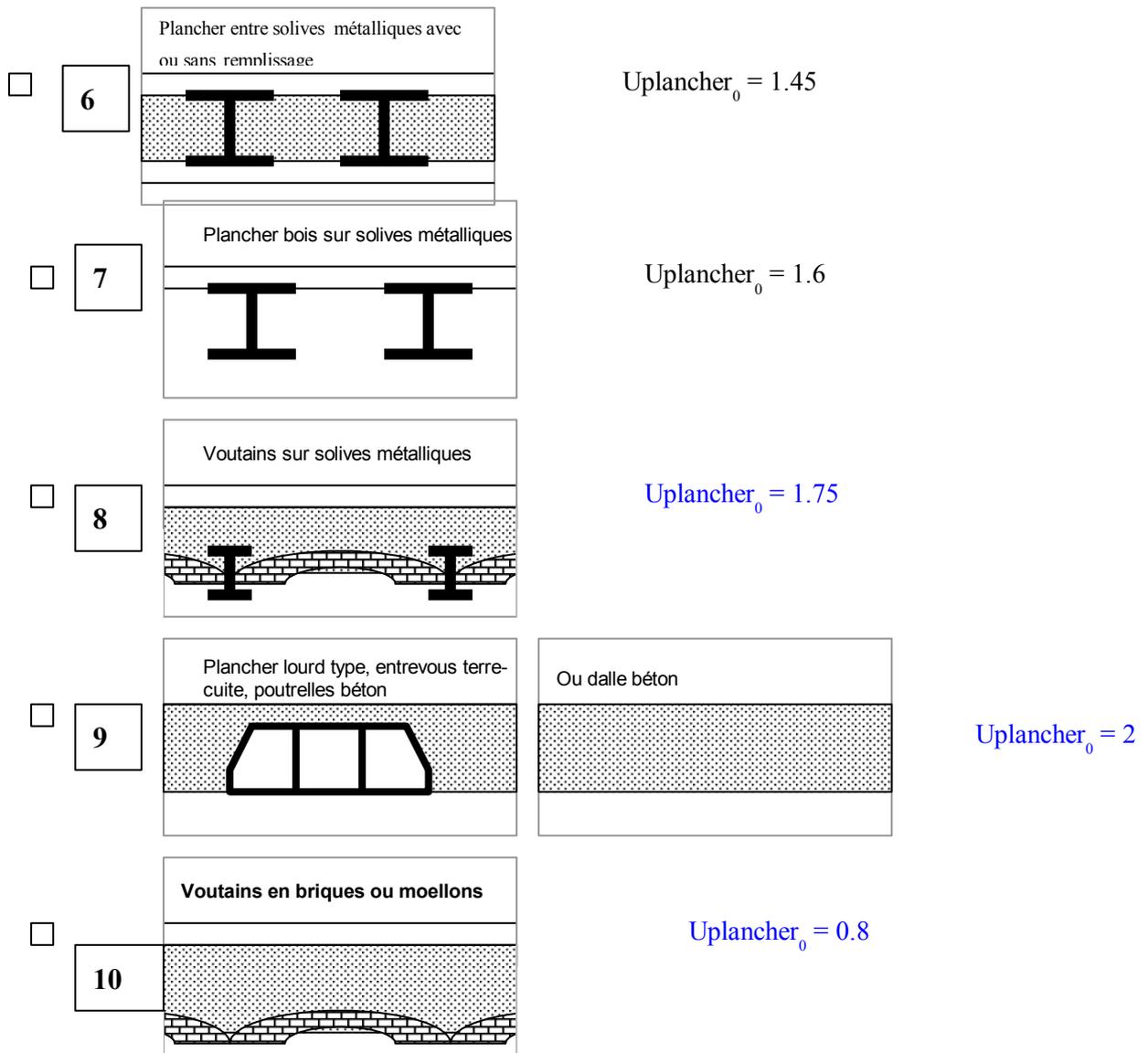
1 – Le type de plancher bas est inconnu,  $U_{\text{plancher}_i} =$  :

Année de construction	H1		H2		H3	
	"effet joule"	autre	"effet joule"	autre	"effet joule"	autre
< 1975	2,00		2,00		2,00	
de 1975 à 1977	0,90		0,95		1,00	
de 1978 à 1982	0,8	0,9	0,84	0,95	0,89	1,00
de 1983 à 1988	0,55	0,70	0,58	0,74	0,61	0,78
de 1989 à 2000	0,55	0,60	0,58	0,63	0,61	0,67
> 2000	0,4		0,40		0,43	

2 – La partie porteuse est connue,  $U_{\text{plancher}_0} =$  :

Sinon (vide-sanitaire ou sous-sol) :

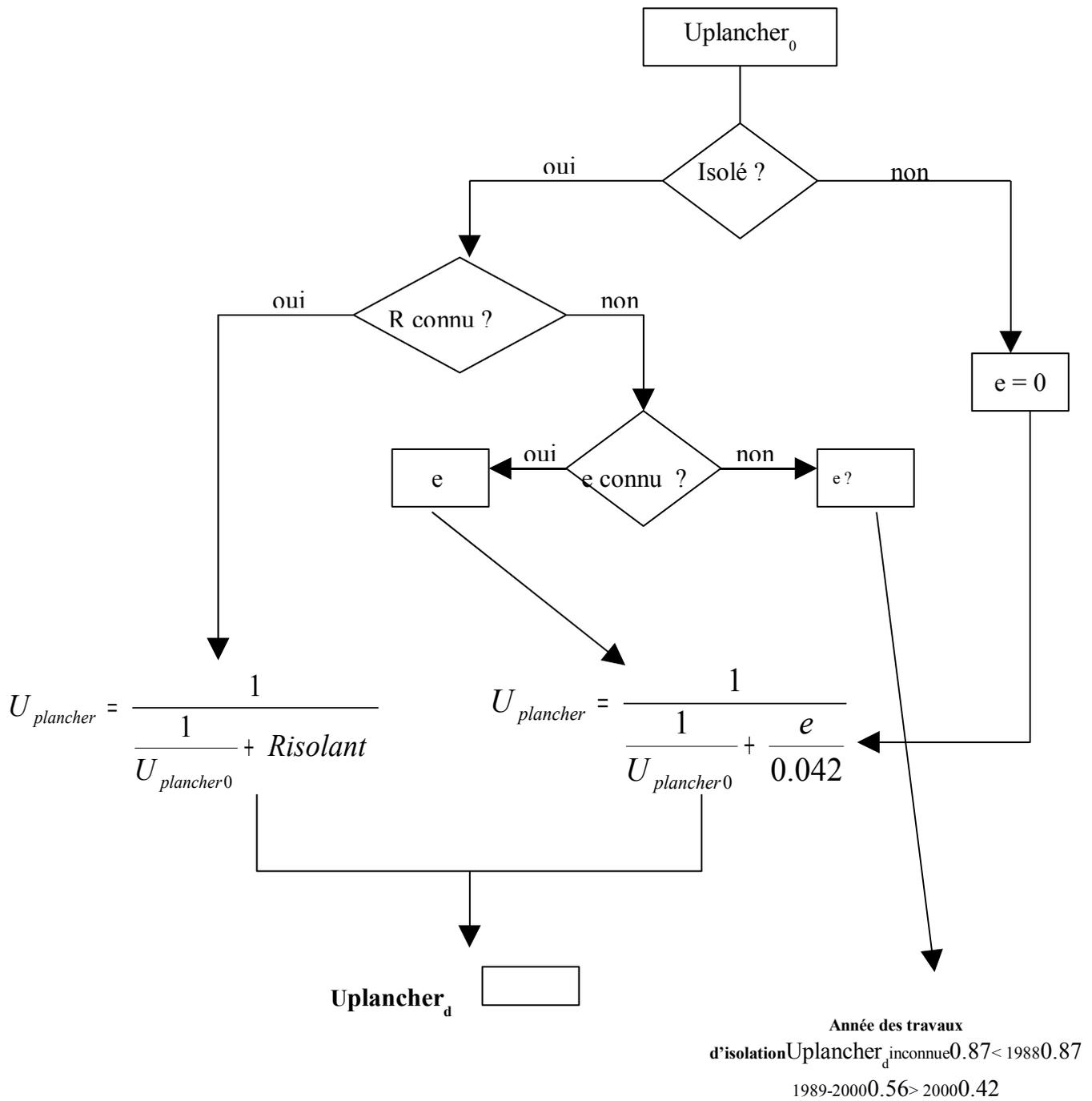
- 1** Plancher inconnu  
  
 $U_{\text{plancher}_0} = 2$
- 2** Plancher avec ou sans remplissage  
  
 $U_{\text{plancher}_0} = 1.45$
- 3** Plancher entre solives bois avec ou sans remplissage  
  
 $U_{\text{plancher}_0} = 1.1$
- 4** Bardeaux et remplissage  
  
 $U_{\text{plancher}_0} = 1.1$
- 5** Plancher bois sur solives bois  
  
 $U_{\text{plancher}_0} = 1.6$



$U_{\text{plancher}_0} =$

Plancher bas à entrevous isolants :  $U_{\text{plancher}} = 0.45$

**Les planchers 8 ; 9 ; 10 peuvent être considérés comme « lourds ».**



$U_{plancher} = \min (2 ; U_{plancher_d})$

## Coefficients U des planchers hauts

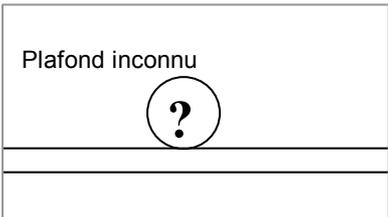
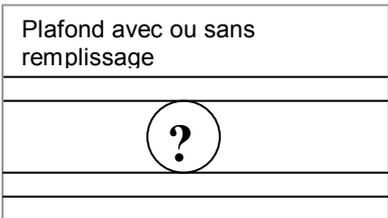
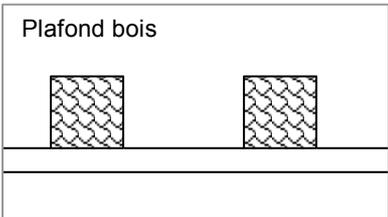
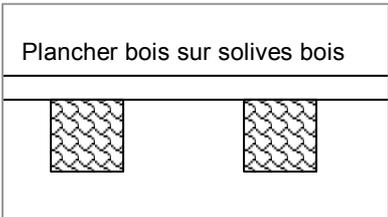
1 – Le coefficient Tau x K ou b x U du plancher est connu : **Uplafond** à saisir

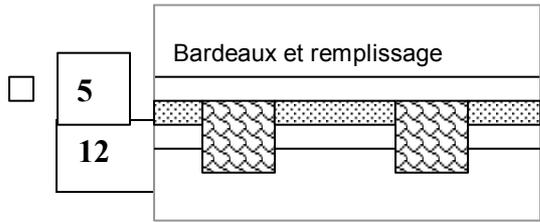
2 – Le type de plancher haut est inconnu, **Uplafond<sub>i</sub>** = :

Année de construction	COMBLES					
	H1		H2		H3	
	"effet joule"	autre	"effet joule"	autre	"effet joule"	autre
< 1975	2,50		2,50		2,50	
de 1975 à 1977	0,50		0,53		0,56	
de 1978 à 1982	0,4	0,50	0,42	0,53	0,44	0,56
de 1983 à 1988	0,30	0,30	0,32	0,32	0,33	0,33
de 1989 à 2000	0,25	0,25	0,26	0,26	0,30	0,30
> 2000	0,23		0,23		0,30	

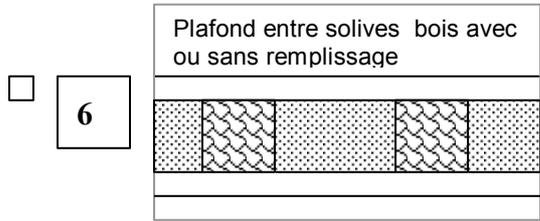
Année de construction	TERRASSE					
	H1		H2		H3	
	"effet joule"	autre	"effet joule"	autre	"effet joule"	autre
< 1975	2,50		2,50		2,50	
de 1975 à 1977	0,75		0,79		0,83	
de 1978 à 1982	0,7	0,75	0,74	0,79	0,78	0,83
de 1983 à 1988	0,40	0,55	0,42	0,58	0,44	0,61
de 1989 à 2000	0,35	0,40	0,37	0,42	0,39	0,44
> 2000	0,30		0,30		0,30	

3 – La partie porteuse est connue, **Uplafond<sub>0</sub>** = :

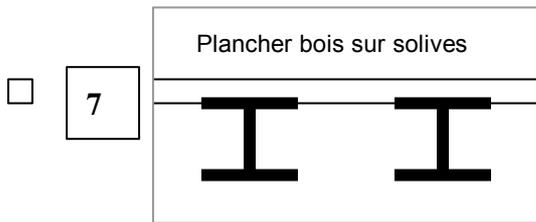
-  Uplafond<sub>0</sub> = 2.5
- 1**  Uplafond<sub>0</sub> = 1.45
- 2**  Uplafond<sub>0</sub> = 2.3
- 3**  Uplafond<sub>0</sub> = 2



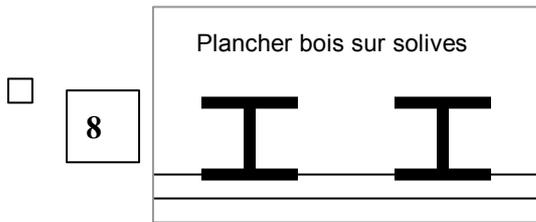
Uplafond<sub>0</sub> = 1.2



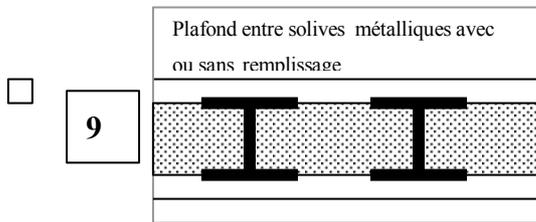
Uplafond<sub>0</sub> = 1.2



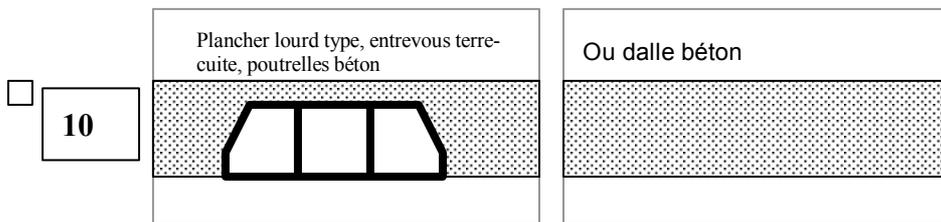
Uplafond<sub>0</sub> = 2.5



Uplafond<sub>0</sub> = 2.5



Uplafond<sub>0</sub> = 1.45



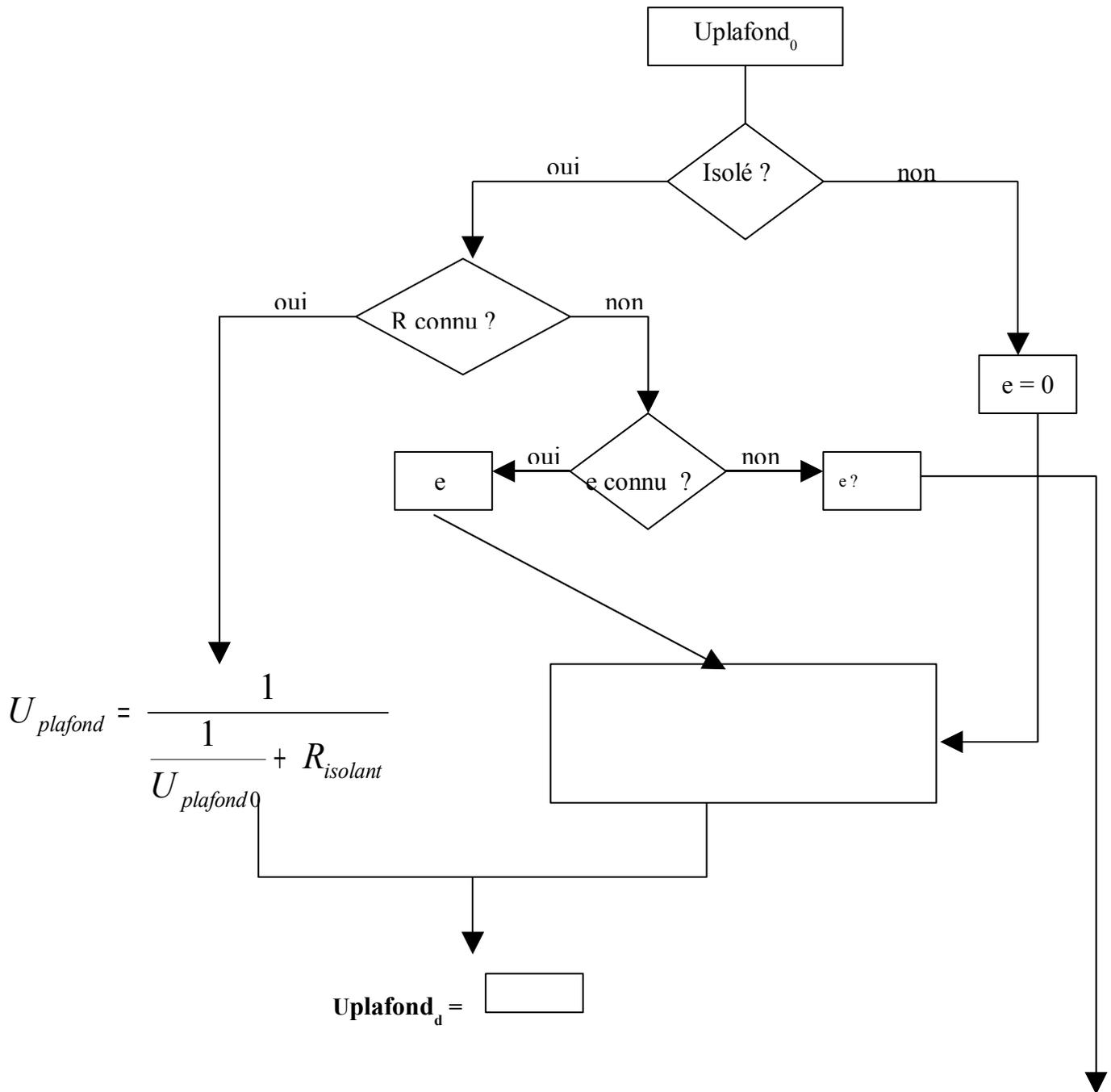
Uplafond<sub>0</sub> = 2.5

Combles aménagés sous rampants (tuiles) : Uplafond<sub>0</sub> = 2.5

Toit de chaume : Uplafond<sub>0</sub> = 0.24

Uplafond<sub>0</sub> =

Les plafonds 10 peuvent être considérés comme « lourds ».



Uplafond<sub>d</sub> = Année des travaux d'isolation Combles perdus Combles habitables Terrasse je  
 ne sais pas 0.430.611 < 1988 0.430.611 1989-2000 0.230.380.5 > 2000 0.190.270.27

**Uplafond = min (2 ; Uplafond<sub>d</sub>)**

## Coefficients U des fenêtres, porte-fenêtres :

1 – Le coefficient K des fenêtres est connu : **Ufenêtres** = K

Le coefficient U des fenêtres est connu : **Ufenêtres** = U – 0.12

(enlever 0.15 à Ufenêtres s'il y a des volets)

2 – Sinon, **Ufenêtres** = :

Fenêtres avec simple vitrage :

	bois	PVC	métallique
Sans volet	4.20	3.90	4.95
Avec volets	3.55	3.30	4.05

Fenêtres avec du survitrage :

	bois	PVC	métallique
Sans volet	2.90	2.75	4
Avec volets	2.60	2.50	3.5

Double fenêtres :

	bois	PVC	métallique
Sans volet	2.35	2.15	2.8
Avec volets	2.10	1.95	2.4

Fenêtres avec double vitrage :

Lame d'air	Bois		PVC		métal		Métal rupture de pont thermique	
	Sv volet	Av volet	Sv volet	Av volet	Sv volet	Av volet	Sv volet	Av volet
4/6/4 ou inconnue	2.8	2.45	2.55	2.25	3.80	3.25	3.15	2.70
4/8/4	2.7	2.35	2.45	2.15	3.70	3.15	3.05	2.65
4/10/4	2.65	2.30	2.40	2.10	3.65	3.10	2.95	2.60
4/12/4	2.55	2.25	2.35	2.05	3.60	3.05	2.90	2.55
4/15 et+/4	2.40	2.15	2.30	2.05	3.60	3.05	2.90	2.50

Fenêtres avec double vitrage à isolation renforcée :

Lame d'air	Bois		PVC		métal		Métal rupture de pont thermique	
	Sv volet	Av volet	Sv volet	Av volet	Sv volet	Av volet	Sv volet	Av volet
4/6/4 ou inconnue	2.42	2.14	2.20	1.96	3.42	2.94	2.77	2.39
4/8/4	2.25	1.98	2.03	1.81	3.25	2.78	2.60	2.28
4/10/4	2.14	1.89	1.93	1.72	3.14	2.69	2.44	2.19
4/12/4	1.99	1.80	1.83	1.63	3.04	2.60	2.34	2.10
4/15 et+/4	1.75	1.62	1.70	1.56	2.95	2.52	2.25	1.97

Remplissage argon : enlever 0.15 au tableau précédent

### Coefficients U de la véranda (chauffée) :

1 – Le coefficient K des baies de la véranda est connu : **Uvéranda** = K

Le coefficient U des fenêtres est connu : **Uvéranda** = U – 0.12

(enlever 0.15 à **Uvéranda** s'il y a des volets)

2 – Sinon, **Uvéranda** = :

**Uvéranda** :

Simple vitrage :

	bois	PVC	métallique
Sans volet	4.30	4.00	4.9
Avec volets	3.60	3.35	4.05

Double vitrage :

Lame d'air	Bois		PVC		métal		Métal rupture de pont thermique	
	Sv volet	Av volet	Sv volet	Av volet	Sv volet	Av volet	Sv volet	Av volet
4/6/4 ou inconnue	2.75	2.40	2.50	2.20	3.65	3.10	3.15	2.70
4/8/4	2.65	2.35	2.40	2.10	3.50	3.00	3.00	2.60
4/10/4	2.60	2.30	2.35	2.05	3.45	2.95	2.95	2.55
4/12/4	2.50	2.25	2.30	2.05	3.40	2.90	2.90	2.50
4/15 et+/4	2.35	2.10	2.25	2.00	3.35	2.90	2.85	2.50

Double vitrage à isolation renforcée :

Lame d'air	Bois		PVC		métal		Métal rupture de pont thermique	
	Sv volet	Av volet	Sv volet	Av volet	Sv volet	Av volet	Sv volet	Av volet
4/6/4 ou inconnue	2.55	2.2	2.3	2.0	3.45	2.9	2.75	2.4
4/8/4	2.35	2.07	2.12	1.89	3.01	2.60	2.53	2.21
4/10/4	2.20	1.98	1.97	1.75	2.89	2.50	2.42	2.11
4/12/4	2.10	1.89	1.87	1.66	2.79	2.40	2.31	2.02
4/15 et+/4	1.92	1.72	1.74	1.60	2.64	2.32	2.16	1.94

Remplissage argon : enlever 0.15 au tableau précédent

## Coefficients U des portes :

1 – Le coefficient K des portes est connu : **Uportes** à saisir

2 – Sinon, **Uportes** = :

Nature de la menuiserie	Type de porte	Uporte
Portes simples en bois	Porte opaque pleine	3.5
	Porte avec moins de 30% de vitrage simple	4
	Porte avec 30-60% de vitrage simple	4.5
Porte simple en métal	Porte avec double vitrage	3.3
	Porte opaque pleine	5.8
	Porte avec vitrage simple	5.8
	Porte avec moins de 30% de double vitrage	5.5
Porte simple en PVC	Porte avec 30-60% de double vitrage	4.8
		3.5
Toute menuiserie	Porte opaque pleine isolée	2
Toute menuiserie	Porte précédée d'un SAS	1.5

## Calcul des ponts thermiques PT :

$$PT = k_{pb/m} \times l_{pb/m} + k_{pi/m} \times l_{pi/m} + k_{rf/m} \times l_{rf/m} + k_{rf/pb} \times l_{rf/pb} + k_{men} \times l_{men}$$

S'il y a une toiture terrasse ou un plancher haut lourd, rajouter **0.54 x I<sub>pb/m</sub>**

Configuration	a	b	c
FOR	4.12	4.81	5.71
MIT2			
Indépendante	1	1	1
Accolée sur 1 petit côté	0.8	0.9	0.9
Accolée sur 1 grand côté	0.7	0.65	0.7
Accolée sur 2 petits côtés	0.65	0.8	0.8
Accolée sur 1 petit et 1 grand côtés	0.5	0.55	0.7
Accolée sur 2 grands côtés	0.35	0.4	0.55

La configuration est indiquée, dans la partie « surfaces inconnues »

**I<sub>pb/m</sub> (plancher bas / mur extérieur) :**

Pour NIV = 1 – 1.5 – 2 – 2.5-3

$$I_{pb/m} = \text{FOR} \times \text{MIT2} \times \sqrt{\frac{SH}{NIV}}$$

**k<sub>pb/m</sub> (plancher bas / mur extérieur) :**

Si le plancher est sur vide-sanitaire ou sous-sol : k<sub>pb/m</sub> = 0.44 (0.2 si chape et ITI\*)

Si le plancher est sur terre-plein :

si chape et ITI\* : k<sub>pb/m</sub> = 0.8

Sinon

Si année construction < 1982 ou plancher sur terre-plein non isolé k<sub>pb/m</sub> = 2 (si ITE\*, rajouter 0.2)

Si année construction ≥ 1982 k<sub>pb/m</sub> = 1.4 (si Risolant inconnu)

R (W/m <sup>2</sup> .K)	< 0,55	0,55-0,75	0,80-1	1,05-1,5	1,55-2	> 2
k <sub>pb/me</sub> (W/m <sup>2</sup> .K)	1,4	1,25	1,15	1,05	0,95	0,85

**I<sub>pi/m</sub> (plancher intermédiaire / mur extérieur) :**

NIV	1	1.5	2	2.5	3
C <sub>NIV</sub>	0	1	1	2	2

$$I_{pi/m} = C_{NIV} \times \text{FOR} \times \text{MIT2} \times \sqrt{\frac{SH}{NIV}}$$

**k<sub>pi/m</sub> (plancher intermédiaire / mur extérieur) :**

Type de mur	k <sub>pi/m</sub>
Inconnu	0.8
Pierre	0.4
Terre	0.3
Bois	0.3
Briques pleines	0.5
Briques creuses	0.4
Béton plein	0.8
Béton creux	0.6
Béton cellulaire	0.3
Monomur terre-cuite	0.3
Tout type de mur ITE*	0.1
Tout type de mur ITI* + rupteur de pont thermique	0.2

\* ITI : isolation par l'intérieur / ITE : isolation par l'extérieur

$l_{rf/pb}$  (refend/plancher bas) :

Pour NIV = 1 – 1.5 – 2 – 2.5 - 3

si  $\frac{SH}{NIV} \leq 50m^2$ ,  $l_{rf/pb}=0$

Sinon :

<b>FOR</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>
<b>C<sub>FOR</sub></b>	<b>1.5</b>	<b>3.5</b>	<b>6.5</b>

$$l_{rf/pb} = \sqrt{\frac{SH}{C_{FOR} \times NIV}}$$

$k_{rf/pb}$  (refend/plancher bas) = 0.64

$l_{rf/m}$  (refend/mur extérieur) :

Pour NIV = 1 – 1.5 – 2 – 2.5

si  $\frac{SH}{NIV} \leq 50m^2$ ,  $l_{rf/m}=0$

$l_{rf/m} =$

Sinon :

$l_{rf/m}$	SH < 90m <sup>2</sup>				90m <sup>2</sup> < SH < 160m <sup>2</sup>				SH > 160m <sup>2</sup>			
NIV	1	1.5	2	2.5 et +	1	1.5	2	2.5 et +	1	1.5	2	2.5 et +
<b>Configuration a</b>	2	2	0	0	2	2	4	0	2	2	4	4
<b>Configuration b</b>	4	4	0	0	4	4	8	0	4	4	8	8
<b>Configuration c :</b>	6	6	0	0	6	6	12	0	6	6	12	12

$k_{rf/m}$  (refend/mur extérieur) :

$k_{rf/m} = 0.1$  si ITE\* ; sinon 0.40

$l_{men}$  (menuiseries) :

$l_{men} = 3 \times$  Sfenêtre

$k_{men}$  (menuiseries) :

$k_{men} = 0.1$  si ITE\* ; monomur terre-cuite ou béton cellulaire

0 sinon

\* ITI : isolation par l'intérieur / ITE : isolation par l'extérieur

S'il y a plusieurs types de murs, planchers bas, toiture,... les ponts thermiques sont pondérés en fonction des surfaces de parois équivalentes.

### 1.1.2. Calcul de METEO

$$\text{METEO} = \text{CLIMAT} \times \text{COMPL}$$

CLIMAT : dépend du département et de l'altitude : « données météorologiques ».

Calcul de COMPL :

$$\text{COMPL} = 2,5 \times \left( 1 - \frac{(X - X^{2.9})}{(1 - X^{2.9})} \right)$$

Avec X =

X	Maison individuelle
H1	$\frac{22,9 + S_{se} \times E}{ENV \times 2.5 \times CLIMAT}$
H2	$\frac{21,7 + S_{se} \times E}{ENV \times 2.5 \times CLIMAT}$
H3	$\frac{18,1 + S_{se} \times E}{ENV \times 2.5 \times CLIMAT}$

S<sub>se</sub> : 0.045 si Vitrage sud dégagé / 0.028 dans les autres cas

Vitrage sud dégagé :

- 1 – Les parois vitrées orientées du sud-est au sud-ouest ont une surface totale au moins égale au neuvième de la surface habitable de l'appartement
- 2 – Pour ces parois, les obstacles sont « vus » sous un angle inférieur à 15°.

E = Pref x Nref / 1000 (selon méthode DEL2), par département – Ensoleillement sur(kWh/m²) – Valeurs en annexe 1.

Zone climatique : les localités situées à plus de 800m d'altitude sont en zone H1 lorsque leur département est indiqué comme étant en zone H2 et en zone H2 lorsque leur département est indiqué comme étant en zone H3.  
Valeurs de Hx en annexe 1

Prise en compte de l'inertie : dans la formule de COMPL remplacer 2.9 par 3.6, si la maison est à inertie lourde .  
Inertie lourde : au moins 2 parois lourdes (mur/plancher ou mur/plafond ou plancher/plafond)

### 1.1.3. Calcul de INT

$$\text{INT} = \frac{I_o}{1 + 0.1 \times (G - 1)}$$

$$I_o = 0.85$$

$$G = \text{ENV}/\text{CORH}$$

## 1.2. Calcul de Ich

### Ich selon l'installation de chauffage

<b>Installation de chauffage</b>	Rd	Re	Rg	Rr	Energie
Convecteurs électriques NF électricité performance catégorie C	1	0,95	1	0,99	électrique
Panneaux rayonnants électriques ou radiateurs électriques NF..C	1	0,97	1	0,99	électrique
Plafond rayonnant électrique	1	0,98	1	Rr2	électrique
Plancher rayonnant électrique	1	1,00	1	Rr2	électrique
Radiateur électrique à accumulation	1	0,95	1	0,95	électrique
Plancher électrique à accumulation	1	1,00	1	0,95	électrique
Electrique direct autre	1	0,95	1	0,96	électrique
Pompe à chaleur (divisé) - type split	1	0,95	2,6	0,95	électrique
Radiateurs gaz à ventouse	1	0,95	0,73	0,96	gaz naturel ou GPL
Radiateurs gaz sur conduits fumées	1	0,95	0,6	0,96	gaz naturel ou GPL
Poêle charbon	1	0,95	0,35	0,8	charbon
Poêle bois	1	0,95	0,35	0,8	bois
Poêle fioul	1	0,95	0,55	0,8	fioul
Poêle GPL	1	0,95	0,55	0,8	GPL
Chaudière individuelle gaz installée jusqu'à 1988 (*)	0,92	0,95	0,6	Rr1	gaz naturel ou GPL
Chaudière individuelle fioul installée jusqu'à 1988 (*)	0,92	0,95	0,6	Rr1	fioul
Chaudière gaz sur sol installée jusqu'à 1988 et changement de brûleur (*)	0,92	0,95	0,65	Rr1	gaz naturel ou GPL
Chaudière fioul sur sol installée jusqu'à 1988 et changement de brûleur (*)	0,92	0,95	0,65	Rr1	fioul
Chaudière gaz installée entre 1989 et 2000 (*)	0,92	0,95	0,73	Rr1	gaz naturel ou GPL
Chaudière fioul installée entre 1989 et 2000 (*)	0,92	0,95	0,73	Rr1	fioul
Chaudière gaz installée à partir de 2001 (*)	0,92	0,95	0,78	Rr1	gaz naturel ou GPL
Chaudière fioul installée à partir de 2001 (*)	0,92	0,95	0,78	Rr1	fioul
Chaudière gaz installée basse température	0,92	0,95	0,8	Rr1	gaz naturel ou GPL
Chaudière fioul installée basse température	0,92	0,95	0,8	Rr1	fioul
Chaudière gaz condensation	0,92	0,95	0,83	Rr1	gaz naturel ou GPL
Chaudière fioul condensation	0,92	0,95	0,83	Rr1	fioul
Chaudière bois classé inconnue	0,92	0,95	0,3	0,9	bois
Chaudière bois classe 1	0,92	0,95	0,34	0,9	bois
Chaudière bois classe 2	0,92	0,95	0,41	0,9	bois
Chaudière bois classe 3	0,92	0,95	0,47	0,9	bois
Chaudière charbon	0,92	0,95	0,5	0,9	charbon
Réseau de chaleur	0,92	0,95	0,9	0,9	réseau de chaleur
Chaudière électrique	0,92	0,95	0,77	0,9	électrique
Pompe à chaleur air/air	0,85	0,95	2,2	0,95	électrique
Pompe à chaleur air/eau	0,92	0,95	2,6	0,95	électrique
Pompe à chaleur eau/eau	0,92	0,95	3,2	0,95	électrique
Pompe à chaleur géothermique	0,92	0,95	4	0,95	électrique

Rr1 = 0.95 si les radiateurs sont munis de robinets thermostatiques ; 0.9 sinon

Rr2 = 0,99 si la régulation terminale est certifiée ; 0,97 si la régulation terminale est non certifiée

S'il y a un plancher chauffant basse température, remplacer Re=1

S'il y a un plafond chauffant basse température, remplacer Re=0.98

Si les émetteurs fonctionnent à basse température (plancher chauffant ou radiateurs chaleur douce), remplacer Rd=0.95

Pour les chaudières (\*) :

si  $Bch < 2000$ ,  $Corch = 1.7 - 6 \times 10^{-4} \times Bch$

si  $2000 < Bch < 6000$ ,  $Corch = 0.75 - 1.25 \times 10^{-4} \times Bch$

sinon,  $Corch = 0$

Si programmeur  $Pg = 0.97$ , sinon  $Pg = 1$

$$Ich = Pg \times \left( \frac{1}{Rg \times Re \times Rd \times Rr} + Corch \right)$$

Calcul de Fch

Valeur par défaut : valeur tableau /100

Département	Fch (%)
1	26
2	24,3
3	29
4	42,4
5	41,5
6	67
7	36,9
8	24,3
9	40
10	22,4
11	40
12	36
13	44,7
14	33,4
15	29,2
16	44
17	44
18	25,5
19	29,8
20	52
21	22,4
22	35
23	29,8
24	37,8
25	23,8
26	36,9
27	27
28	25,1
29	36,3
30	51
31	33,3
32	33,3
33	37,8
34	48,3
35	32,9
36	25,5
37	26,1
38	26,1
39	23,8
40	39,1
41	26,1
42	25,2
43	29,2
44	35
45	25,1
46	33
47	33,7
48	36
49	35
50	33,4
51	21,5
52	22,4
53	32,9
54	20,8
55	21,5
56	32,9
57	18,6
58	26
59	22,5
60	23,4
61	33,4
62	22,5
63	29,2
64	67,7
65	33,3
66	48,3
67	18,6
68	21,4
69	25,2
70	23,8
71	24,4
72	27,9
73	29,7
74	26
75	24
76	27
77	24
78	24
79	44
80	23
81	33,3
82	33,3
83	68,4
84	42,4
85	35
86	29,5
87	29,8
88	22,4
89	24,3
90	21,4
91	24
92	24
93	24
94	24
95	24

Fch peut être inséré directement si un calcul plus précis a été fait.

## 2. Calcul des consommations d'ECS

Données d'entrée :

- Surface habitable (m<sup>2</sup>) : SH
- Système d'ECS 1 (et 2)
- Si chauffe-eau électrique : horizontal / vertical
- Si production gaz – veilleuse : oui-non
- Si production gaz – accumulation : oui-non

$$Cecs_{pci} = Cecs_{pcs} / \alpha_{psi}$$

Pour les conversions en énergie primaire et en CO<sub>2</sub>, on retiendra  $Cecs_{pci}$ .

S'il y a un seul système d'ECS sans solaire :

$$Cecs_{pcs} = Becs \times Iecs$$

S'il y a un seul système d'ECS avec solaire :

$$Cecs_{pcs} = Becs \times (1 - Fecs) \times Iecs$$

S'il y a plusieurs systèmes d'ECS (limité à 2 systèmes différents) :

$$Cecs_{1pcs} = 0.5 \times Becs \times Iecs1$$

$$Cecs_{2pcs} = 0.5 \times Becs \times Iecs2$$

### 2.1. Calcul de Becs

Pour  $SH \leq 27 \text{ m}^2$  :  $Qecs = 17.7 \times SH$

Pour  $SH > 27 \text{ m}^2$  :  $Qecs = 470.9 \times \ln(SH) - 1075$

Tef :

H1	10.5
H2	12
H3	14.5

$$Becs = 1.163 \times Qecs \times (40 - Tef) \times 48 / 1000$$

## 2.2. Calcul de Iecs

Iecs selon l'installation :

<b>Installation d'ECS</b>	Iecs		Energie
	Ballon vertical	Ballon horizontal	
Chauffe-eau électrique installé il y a plus de 15ans	1,59	1,75	électrique
Chauffe-eau électrique installé entre 5 et 15 ans	1,48	1,59	électrique
Chauffe-eau électrique installé il y a moins de 5ans	1,44	1,52	électrique
Chauffe-eau thermodynamique	0,86		électrique
ECS électrique instantanée	1,2		électrique
	avec veilleuse	sans veilleuse	
Chauffe-bain gaz	2,1	1,93	gaz naturel ou GPL
	instantanée	accumulation	
Chaudière individuelle gaz installée jusqu'à 1988*	2,07	3,27	gaz naturel ou GPL
Chaudière individuelle fioul installée jusqu'à 1988*	-	3,27	fioul
Chaudière gaz sur sol installée jusqu'à 1988 et changement de brûleur*	1,93	3,02	gaz naturel ou GPL
Chaudière fioul sur sol installée jusqu'à 1988 et changement de brûleur*	-	3,02	fioul
Chaudière gaz installée entre 1989 et 2000*	1,84	2,16	gaz naturel ou GPL
Chaudière fioul installée entre 1989 et 2000*	-	2,16	fioul
Chaudière gaz installée à partir de 2001*	1.75	2.01	gaz naturel ou GPL
Chaudière fioul installée à partir de 2001*	-	2.01	fioul
Chaudière gaz installée basse température*	1,57	1.96	gaz naturel ou GPL
Chaudière fioul installée basse température*	-	1.96	fioul
Chaudière gaz condensation*	1,51	1.89	gaz naturel ou GPL
Chaudière fioul condensation*	-	1.89	fioul
Chaudière bois classe inconnue		5,45	bois
Chaudière bois classe 1		4.74	Bois
Chaudière bois classe 2		3.99	Bois
Chaudière bois classe 3		3.44	bois
Chaudière charbon		3,31	charbon
Réseau de chaleur		1,55	réseau de chaleur

\* s'il n'y a pas de veilleuse soustraire 0.12 (instantanée) ou 0.17 (accumulation)

## 2.3. Calcul de Fecs

Fecs par défaut selon la zone climatique + âge de l'installation : valeur tableau /100

Départements	ancienne	récente <5ans
1	51,2	65,3
2	48	61,8
3	51,8	66,4
4	63	78,9
5	57,7	74,4
6	65,7	82,2
7	60,4	75,6
8	48	61,8
9	60	74,6
10	50	64,2
11	60	74,6
12	57,1	73,1
13	64,6	80,4
14	50	65
15	53,7	69,2
16	58,7	74,3
17	58,7	74,3
18	51,7	66,2
19	53,9	69,5
20	65,9	81,8
21	50,8	65
22	50,9	66
23	53,9	69,5
24	58,8	73,5
25	50,9	65,2
26	60,4	75,6
27	48,6	62,7
28	50,5	64,9
29	50,4	65,5
30	63,1	78,8
31	58,1	73,7
32	58,1	73,7
33	58,8	73,5
34	63,4	79,5
35	51,8	66,9
36	51,7	66,2
37	52	66,5
38	54,5	68,9
39	50,9	65,2
40	57,1	72,9
41	52	66,5
42	53,5	67,8
43	53,7	69,2
44	53,4	68,7
45	50,5	64,9
46	56	71,1
47	57,3	72,5
48	57,1	73,1

Départements	ancienne	récente <5ans
49	53,4	68,7
50	50	65
51	49,7	64,1
52	50	64,2
53	51,8	66,9
54	48,9	62,9
55	49,7	64,1
56	51,8	66,9
57	48,8	62,4
58	51	65,6
59	45,7	59,1
60	48,5	62,7
61	50	65
62	45,7	59,1
63	53	68,2
64	58	73,7
65	58,1	73,7
66	61,9	80,6
67	49,1	62,8
68	50	64,2
69	53,5	67,8
70	50,9	65,2
71	52,8	67
72	51,8	66,5
73	54,5	68,9
74	51,2	65,3
75	49,5	63,9
76	48,6	62,7
77	49,5	63,9
78	49,5	63,9
79	58,7	74,3
80	48,5	62,7
81	58,1	73,7
82	58,1	73,7
83	67,2	83,4
84	63	78,9
85	53,4	68,7
86	54,7	69,9
87	53,9	69,5
88	50	64,2
89	50,3	64,6
90	50	64,2
91	49,5	63,9
92	49,5	63,9
93	49,5	63,9
94	49,5	63,9
95	49,5	63,9

Fecs peut être inséré directement si un calcul plus précis a été fait.

S'il y a un système combiné chauffage / ECS solaire :

Fecs par défaut selon la zone climatique + âge de l'installation (valeur tableau /100)

Département	Fecs (%)
1	89
2	86
3	90
4	96
5	95
6	98
7	96
8	86
9	96
10	88
11	96
12	94
13	96
14	89
15	91
16	94
17	94
18	89
19	91
20	98
21	88
22	89
23	91
24	94
25	89
26	96
27	87
28	89
29	90
30	97
31	94
32	94
33	94
34	97
35	90
36	89
37	89
38	92
39	89
40	96
41	89
42	90
43	91
44	92
45	89
46	93
47	94
48	94
49	92

50	89
51	86
52	88
53	90
54	87
55	86
56	90
57	86
58	89
59	86
60	87
61	89
62	86
63	91
64	98
65	94
66	99
67	86
68	88
69	90
70	89
71	89
72	89
73	92
74	89
75	87
76	87
77	87
78	87
79	99
80	87
81	94
82	94
83	100
84	96
85	92
86	91
87	91
88	88
89	89
90	88
91	87
92	87
93	87
94	87
95	87

Fecs peut être inséré directement si un calcul plus précis a été fait.

### 3. Calcul des consommations de refroidissement

$$C_{clim} = R_{clim} \times S_{clim}$$

Données d'entrée :

- Surface habitable (m<sup>2</sup>) : SH
- Pourcentage de surface habitable climatisée :  $\alpha$
- Zone climatique été

Calcul de  $S_{clim}$  :

$$S_{clim} = \alpha \times SH$$

Calcul de  $R_{clim}$  :

<b>R<sub>clim</sub></b>		<b>S<sub>clim</sub> &lt; 150m<sup>2</sup></b>	<b>S<sub>clim</sub> ≥ 150m<sup>2</sup></b>
<b>Zone</b>	Ea	2	4
	Eb	3	5
	Ec	4	6
	Ed	5	7

## 4. Prise en compte de systèmes particuliers

Production d'électricité par des capteurs photovoltaïques (Ppv) :

$$P_{pv} = 100 \times S_{capteurs} \text{ (kWh/an)}$$

Production d'électricité par un micro-éolienne (Peo) :

$$P_{eo} = 2000 \text{ (kWh/an)}$$

Production de chauffage et d'électricité par cogénération :

Pour le chauffage, assimiler les rendements à une chaudière installée à partir de 2001.

Pour l'électricité :  $P_{co} = C_{ch}/8$

Ces productions d'électricité spécifique doivent pouvoir être saisies directement si une étude plus précise a été effectuée.

Puit provençal (canadien) :

Remplacer  $a_{RA}$  par 0.15

# **B – Appartement en immeuble collectif avec chauffage individuel**

## **Données d'entrée de la méthode 3CL (chauffage + ECS + refroidissement) :**

Surface habitable (m<sup>2</sup>) : SH

Département (1 à 95) ; Altitude (m<sup>2</sup>)

Année de construction (<1975 ; 75-77 ; 78-82 ; 83-88 ; 89-2000 ; >2000)

Périmètre donnant sur l'extérieur (m<sup>2</sup>) (par niveau si duplex ou triplex) : PER

Périmètre donnant sur les circulations communes : PERInc

Caractéristiques des circulations communes

Présence de SAS

Circulation centrale

Parois logement / circulations chauffées

## **Position en étage de l'appartement**

Hauteur moyenne sous plafond (m) : HSP

Grande surface vitrée au sud (plus de 1/9Sh orientée entre sud-est et sud-ouest, sans masque)

Surface de mur (si inconnue = f(mitoyenneté ; SH ; forme ; HSP ; niveau)) : Smur<sub>i</sub>

Type de mur (inconnu, sinon épaisseur + matériau de construction)

Isolation du mur (coefficient Umur ou Risolant ou épaisseur isolant ou année des travaux d'isolation)

Surface fenêtres (m<sup>2</sup>) en tableau : Sfenêtres<sub>i</sub>

Type de vitrage (simple / survitrage / double vitrage / double vitrage VIR / double fenêtre)

Présence d'argon

Type de menuiserie (bois ; PVC ; aluminium ; aluminium + rupture de pont thermique)

Sinon Coefficient Uw

Présence de volets

Surface de porte (si inconnue : 2m<sup>2</sup>) : Sportes<sub>i</sub>

Si l'appartement est sous toiture :

Type de toiture (combles perdus ; combles aménagés ; terrasse ; mixte)

Type de toiture (inconnu, sinon typologie)

Surface de toiture (si inconnue = f(SH ; niveau)) : Splafond<sub>i</sub>

Isolation de la toiture (coefficient Utoiture ou Risolant ou épaisseur isolant ou année des travaux d'isolation)

Si l'appartement comporte un plancher bas déperditif :

Type de plancher bas (terre-plein / vide-sanitaire / local non chauffé)

Surface de plancher bas (si inconnue = f(SH ; niveau)) : Splancher<sub>i</sub>

Type de plancher bas (inconnu, sinon typologie)

Isolation du plancher bas (coefficient Uplancher ou Risolant ou épaisseur isolant ou année des travaux d'isolation)

Système de chauffage (voir liste)

Si chauffage eau chaude :

Type émetteur (radiateur / plancher chauffant)

Présence de robinet thermostatique sur les radiateur

Présence d'un programmateur

Système d'ECS (voir liste)

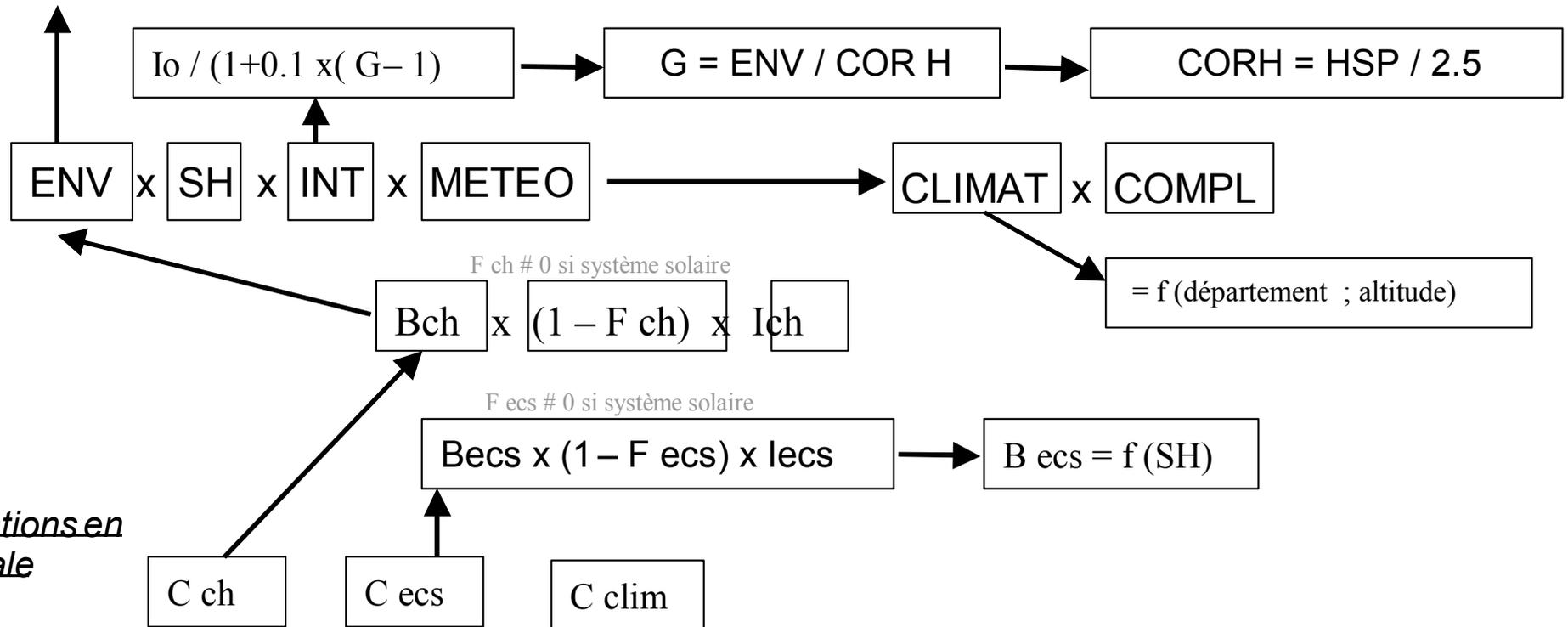
Si ballon électrique (horizontal / vertical)

Si système gaz : présence d'une veilleuse + présence d'un ballon d'accumulation

Système de ventilation (ventilation naturelle / VMC / VHA / VHB / VDF av échangeur)

% de surface climatisé ; Système de refroidissement

$$\frac{(\text{DP murs} + \text{DP m lnc} + \text{DP plafond} + \text{DP plancher} + \text{DP fenêtres} + \text{DP portes} + \text{DP p lnc} + \text{DP véranda} + \text{PT}) + a \text{ RA}}{(2.5 \times \text{SH})}$$



*Consommations en énergie finale*

## 0. Calcul des consommations de chauffage

$$Cch_{pci} = Cch_{pcs} / \alpha_{psi}$$

Pour les conversions en énergie primaire et en CO2, on retiendra  $Cch_{pci}$ .

S'il y a un seul système de chauffage sans système de chauffage solaire :

$$Cch_{pcs} = Bch \times Ich$$

S'il y a un seul système de chauffage avec système de chauffage solaire :

$$Cch_{pcs} = Bch \times (1 - Fch) \times Ich$$

S'il y a un système de chauffage ( $Ich1$ ) et un insert ou poêle à bois :

$$Cch1_{pcs} = 0.75 \times Bch \times Ich1$$

$$Cch2_{pcs} = 0.25 \times Bch \times 2$$

S'il y a plusieurs systèmes de chauffage :

Surface chauffée par le système 1 : SH1 – type de système 1

Surface chauffée par le système 2 : SH2 – type de système 2

Surface chauffée par le système 3 : SH3 – type de système 3

$$Cch1_{pcs} = SH1 / SH \times Bch \times Ich 1$$

$$Cch2_{pcs} = SH2 / SH \times Bch \times Ich 2$$

$$Cch3_{pcs} = SH3 / SH \times Bch \times Ich 3$$

## 4.1. Calcul de Bch

$$Bch = SH \times ENV \times METEO \times INT$$

### 4.1.1. Calcul de ENV

$$ENV = \frac{DP_{murs} + DP_{mlnc} + DP_{plafond} + DP_{plancher} + DP_{fenêtres} + DP_{portes} + DP_{plnc} + DP_{véranda} + PT}{2.5 \times Sh} + a_{RA}$$

avec :

$$DP_{murs} = S_{murs1} \times U_{murs1} + S_{murs2} \times U_{murs2} + S_{murs3} \times U_{murs3}$$

$$DP_{mlnc} = b \times S_{mlnc} \times U_{mlnc} \text{ (mur sur circulation)}$$

$$DP_{plafond} = b' \times S_{plafond1} \times U_{plafond1} + b' \times S_{plafond2} \times U_{plafond2} + b' \times S_{plafond3} \times U_{plafond3}$$

Si la paroi donne sur l'extérieur :  $b' = 1$  sinon  $b' = 0.95$ .

Si la paroi donne sur un commerce  $b'=0.5$ .

$$DP_{plancher} = Corsol1 \times S_{plancher1} \times U_{plancher1} + Corsol2 \times S_{plancher2} \times U_{plancher2} + Corsol3 \times S_{plancher3} \times U_{plancher3}$$

$$DP_{fenêtres} = S_{fenêtres1} \times U_{fenêtres1} + S_{fenêtres2} \times U_{fenêtres2} + S_{fenêtres3} \times U_{fenêtres3}$$

$$DP_{portes} = S_{portes1} \times U_{portes1} + S_{portes2} \times U_{portes2} + S_{portes3} \times U_{portes3}$$

$$DP_{plnc} = b \times S_{plnc} \times U_{plnc} \text{ (porte sur circulation)}$$

$$DP_{véranda} = S_{véranda1} \times U_{véranda1} + S_{véranda2} \times U_{véranda2} + S_{véranda3} \times U_{véranda3}$$

Les  $U_{murs}$ ,  $U_{mlnc}$ ,  $U_{sol}$ ,  $U_{toit}$ ,  $U_{fenêtres}$ ,  $U_{portes}$ ,  $U_{véranda}$ , sont décrits ci-après.

Calcul de  $a_{RA}$  :

Type de ventilation	$a_{RA}$
Naturelle + cheminée sans trappe d'obturation	0.45
Naturelle par défauts d'étanchéité (menuiseries,...)	0.35
Naturelle par entrée d'air / extraction	0.30
VMC classique non modulée ≤1983	0.25
VMC classique modulée >1983	0.20
VMC Hygro A	0.16
VMC Hygro B	0.14
VMC double flux	0.1

Si la hauteur moyenne est connue :

$$CORH = \frac{HSP}{2.5}$$

**b (coefficient de réduction de température / parties communes) :**

Pour les logements au RDC :

Pas de SAS ;  $b= 0.8 / SAS$  + parois isolées :  $b=0.5 / SAS$  + parois non isolées :  $b=0.3$

Pour les logements en étage courant :  $b=$

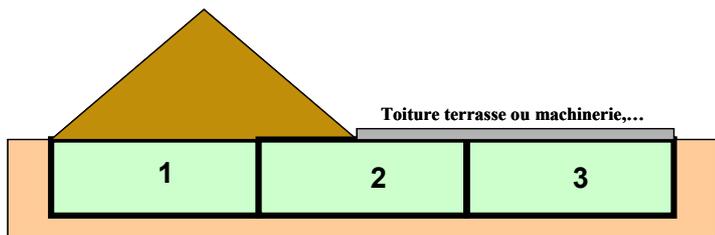
	Circulation centrale		Circulation non centrale	
	Pas de SAS	SAS	Pas de SAS	SAS
Parois isolées	0.45	0.25	0.60	0.50
Parois non isolées	0.25	0.1	0.35	0.30

**CORsol (coefficient de réduction de température / plancher bas) :**

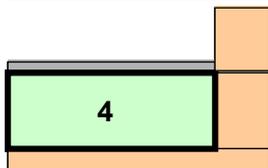
	CORsol
terre-plein	1
extérieur	1
vide-sanitaire	0,85
cave	0,9
parking	0,85
local non chauffé (poubelles, vélo,...)	0,85
Commerces	0,5

Position en étage de l'appartement pour déterminer Cf :

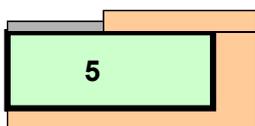
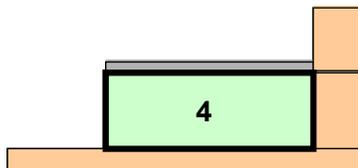
**Appartements n'ayant aucune déperdition en plancher bas :**



Appartements situés entièrement sous une toiture (combles ; terrasse ; local non chauffé ; mixte combles/terrasse)

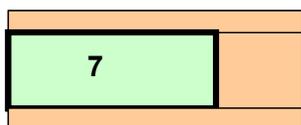


Appartements situés en étage intermédiaire, dont le plancher haut donne entièrement sur l'extérieur ou un local non chauffé

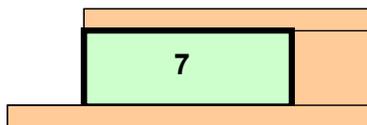


Appartements situés en étage intermédiaire dont le plancher haut donne en partie sur l'extérieur ou un local non chauffé

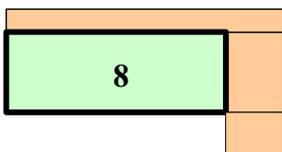
**Appartements n'ayant aucune déperdition en plancher bas et haut :**



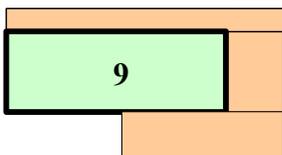
Appartement en étage intermédiaire



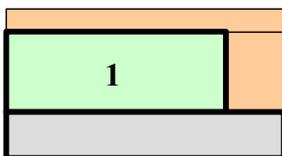
**Appartements n'ayant aucune déperdition en plancher**



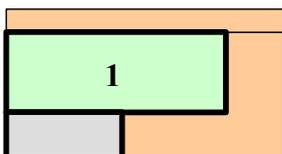
Appartement dont le plancher bas donne entièrement sur



Appartement dont le plancher bas donne en partie sur



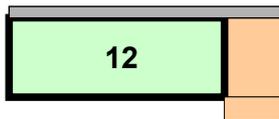
Appartement dont le plancher bas donne entièrement sur cave ; parking, local non chauffé (poubelles, vélos, technique) ;



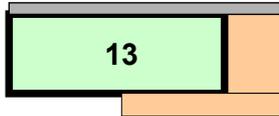
park chauffé (poubelles, vélos, technique) ; - plein ;

ing ; local non

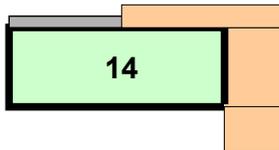
## Appartements ayant des déperditions en plancher haut & bas :



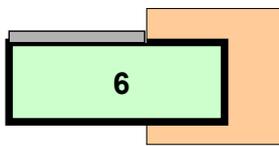
Appartement dont les plancher bas et haut donnent entièrement sur l'extérieur ou un local non chauffé.



Appartement dont le plancher haut donne entièrement et le plancher bas partiellement sur l'extérieur ou un local non chauffé.



Appartement dont le plancher bas donne entièrement et le plancher haut partiellement sur l'extérieur ou un local non chauffé.



Appartement dont le plancher bas et haut donnent partiellement sur l'extérieur ou un local non chauffé.

### Légende :



Appartement étudié



Autre appartement ou local chauffé



Toiture terrasse ou au local chauffé



Local non chauffé (cave, parking, ...) ; terre-plein ; vide-sanitaire ; local à occupation discontinue



Extérieur ou local non chauffé

### Calcul des coefficients U

Pour le calcul des coefficients U, se reporter aux algorithmes de la maison individuelle.

Pour les murs donnant sur les circulations :

$U_{mnc} = 2$  si les parois ne sont pas isolés ; 0.8 sinon

**Si les surfaces déperditives sont inconnues :**

*Sfenêtres* : (fenêtres verticales)

La surface des fenêtres (Sfenêtres) est une donnée d'entrée obligatoire.

*Sfenêstrestoit* : (fenêtres de toiture)

La surface des fenêtres de toit (Sfenêstrestoit) est une donnée d'entrée obligatoire.

Cf	Scombles	Sterrasse	Ssol
1	SH	0	0
2	0.5 x SH	0.5 X SH	0
3	0	SH	0
4	0	SH	0
5	0	0.5 x SH	0
6	0	0.5 x SH	0.5 x SH
7	0	0	0
8	0	0	SH
9	0	0	0.5 x SH
10	0	0	SH
10b	0	0	0
11	0	0	0.5 x SH
12	0	SH	SH
13		SH	0.5 x SH
14		0.5 x SH	SH

Si les combles sont habités, il faut multiplier Scombles par 1.3 et retrancher *Sfenêstrestoit*

Smur = PER x HSP – Sfenêtres

Smurlnc = PERlnc x HSP – Splnc (si Splnc inconnue, prendre 2)

Pour les appartements non traités ci-dessus, les surfaces des parois déperditives doivent être connues.

**Calcul des ponts thermiques :**

PT = PER x (lpbe/me x kpbe/me + lpbi/me x kpbi/me + ltp/me x ktp/me + lpib/me x kpib/me +  
 lpih/me x kpih/me + ltte/me x ktte/me + ltti/me x ktti/me + ltc/me x ktc/me + lrf/me x krf/me) + b x klnc x  
 PERlnc

	lpbe/me	lpbi/me	ltp/me	lpib/me	lpih/me	ltte/me	ltti/me	ltc/me	lrf/me
1	0	0	0	1	0	0	0	1	0,4
2	0	0	0	1	0	0,5	0	0,5	0,4
3	0	0	0	1	0	1	0	0	0,4
4	0	0	0	1	0	1	1	0	0,4
5	0	0	0	1	0	1	1	0	0,4
6	1	1	0	0	0	1	1	0	0,4
7	0	0	0	1	1	0	0	0	0,4
8	1	1	0	0	1	0	0	0	0,4
9	1	1	0	0	1	0	0	0	0,4
10	1	0	0	0	1	0	0	0	0,4
10B	0	0	1	0	1	0	0	0	0,4
11	1	1	0	0	1	0	0	0	0,4
11B	1	0	1	0	1	0	0	0	0,4
12	1	1	0	0	0	1	1	0	0,4
13	1	1	0	0	0	1	1	0	0,4
14	1	1	0	0	0	1	1	0	0,4



kpbe/me :

	Isolation par l'intérieur	Isolation par l'extérieur	Autre
Isolation sous chape	0.1	0.8	0.55
Autre	0.55	0.8	0.55

kpbi/me

	Isolation par l'intérieur	Isolation par l'extérieur	Autre
Isolation sous chape	0.1	0.8	0.4
Autre	0.4	0.1	0.4

ktp/me

Plancher bas sur terre-plein :

Si chape flottante et isolation par l'intérieur, ktp/me = 0.8

Sinon, si année construction < 1982, ktp/me = 2, autre (plancher bas isolé) ktp/me = 1.45

Si Risolant connu :

R (W/m <sup>2</sup> .K)	< 0,55	0,55-0,75	0,80-1	1,05-1,5	1,55-2	> 2
ktp/me	1.45	1.25	1.15	1.05	0.95	0.85

kpib/me = kpih/me :

Type de mur	kpib/me = kpih/me
Pierre	0.4
Terre	0.3
Bois	0.3
Briques pleines	0.5
Briques creuses	0.4
Béton plein	0.8
Béton creux	0.6
Béton cellulaire	0.3
Monomur	0.3
Isolation par l'extérieur	0.1

kte/me

Isolation par l'intérieur	Isolation par l'extérieur	Autre
0.5	0.8	0.5

ktti/me

Isolation par l'intérieur	Isolation par l'extérieur	Autre
0.5	0.1	0.5

ktc/me

	Isolation par l'intérieur	Isolation par l'extérieur	Autre
Combles lourd	0.5	0.8	0.5
Combles léger	0	0.5	0

krf/me

Isolation par l'intérieur	Isolation par l'extérieur	Autre
0.5	0.1	0.4

Klnc = 0.6

#### 4.1.2. Calcul de METEO

$$\text{METEO} = \text{CLIMAT} \times \text{COMPL}$$

CLIMAT : dépend du département et de l'altitude : « données météorologiques ».

Calcul de COMPL :

$$\text{COMPL} = 2,5 \times \left( 1 - \frac{(X - X^{2,9})}{(1 - X^{2,9})} \right)$$

Avec X =

X	Immeuble collectif
H1	$\frac{22,9 + Sse \times E}{ENV \times 2,5 \times CLIMAT}$
H2	$\frac{21,7 + Sse \times E}{ENV \times 2,5 \times CLIMAT}$
H3	$\frac{18,1 + Sse \times E}{ENV \times 2,5 \times CLIMAT}$

Sse : 0.030 si Vitrage sud dégagé / 0.023 dans les autres cas

Vitrage sud dégagé :

- 1 – Les parois vitrées orientées du sud-est au sud-ouest ont une surface totale au moins égale au neuvième de la surface habitable de l'appartement
- 2 – Pour ces parois, les obstacles sont « vus » sous un angle inférieur à 15°.

E = Pref x Nref / 1000 (selon méthode DEL2), par département – Ensoleillement sur(kWh/m<sup>2</sup>) – Valeurs en annexe 1.

Zone climatique : les localités situées à plus de 800m d'altitude sont en zone H1 lorsque leur département est indiqué comme étant en zone H2 et en zone H2 lorsque leur département est indiqué comme étant en zone H3. Valeurs de Hx en annexe 1

Prise en compte de l'inertie : dans la formule de COMPL remplacer 2.9 par 3.6, si la maison est à inertie lourde .

Inertie lourde : au moins 2 parois lourdes (mur/plancher ou mur/plafond ou plancher/plafond)

#### 4.1.3. Calcul de INT

$$\text{INT} = \frac{I_0}{1 + 0,1 \times (G - 1)}$$

I<sub>0</sub> = 0.9

G = ENV/CORH

## 4.2. Calcul de Ich

### Ich selon l'installation de chauffage

<b>Installation de chauffage</b>	Rd	Re	Rg	Rr	Energie
Convecteurs électriques NF électricité performance catégorie C	1	0,95	1	0,99	électrique
Panneaux rayonnants électriques ou radiateurs électriques NF..C	1	0,97	1	0,99	électrique
Plafond rayonnant électrique	1	0,98	1	Rr2	électrique
Plancher rayonnant électrique	1	1,00	1	Rr2	électrique
Radiateur électrique à accumulation	1	0,95	1	0,95	électrique
Plancher électrique à accumulation	1	1,00	1	0,95	électrique
Electrique direct autre	1	0,95	1	0,96	électrique
Split ou multisplit	1	0,95	2,6	0,96	électrique
Radiateurs gaz à ventouse	1	0,95	0,73	0,96	Gaz
Radiateurs gaz sur conduits fumées	1	0,95	0,68	0,96	Gaz
Chaudière individuelle gaz installée jusqu'à 1988 (*)	0,92	0,95	0,57	Rr1	Gaz
Chaudière individuelle gaz installée entre 1989 et 2000 (*)	0,92	0,95	0,68	Rr1	Gaz
Chaudière individuelle gaz installée à partir de 2001 (*)	0,92	0,95	0,72	Rr1	Gaz
Chaudière individuelle gaz basse température	0,92	0,95	0,75	Rr1	Gaz
Chaudière individuelle gaz condensation	0,92	0,95	0,8	Rr1	Gaz
Chaudière électrique individuelle	0,92	0,95	0,95	0,9	électrique
Pompe à chaleur air/air	0,85	0,95	1,9	0,95	électrique

Rr1 = 0.95 si les radiateurs sont munis de robinets thermostatiques ; 0.9 sinon

Rr2 = 0,99 si la régulation terminale est certifiée ; 0,97 si la régulation terminale est non certifiée

S'il y a un plancher chauffant basse température, remplacer Re=1

S'il y a un plafond chauffant basse température, remplacer Re=0.98

Si les émetteurs fonctionnent à basse température (plancher chauffant ou radiateurs chaleur douce), remplacer Rd=0.95 en chauffage gaz individuel.

Pour du chauffage aéraulique Rd=0.85

Pour les chaudières (\*) :

si  $Bch < 2000$ ,  $Corch = 1.7 - 6 \times 10^{-4} \times Bch$

si  $2000 < Bch < 6000$ ,  $Corch = 0.75 - 1.25 \times 10^{-4} \times Bch$

sinon,  $Corch=0$

Si programmateur  $Pg=0.97$ , sinon  $Pg=1$

(en chauffage collectif, correspond à la possibilité d'avoir un réduit de nuit)

$$Ich = Pg \times \left( \frac{1}{Rg \times Re \times Rd \times Rr} + Corch \right)$$

## 2. Calcul des consommations d'ECS

Données d'entrée :

- Surface habitable (m<sup>2</sup>) : SH
- Système d'ECS 1 (et 2)
- Si chauffe-eau électrique : horizontal / vertical
- Si production gaz ou fioul – veilleuse : oui-non
- Si production gaz ou fioul – accumulation : oui-non

$$Cecs_{pci} = Cecs_{pcs} / \alpha_{psi}$$

Pour les conversions en énergie primaire et en CO<sub>2</sub>, on retiendra  $Cecs_{pci}$ .

S'il y a un seul système d'ECS sans solaire :

$$Ceci_{pcs} = Becs \times Iecs$$

S'il y a un seul système d'ECS avec solaire :

$$Cecs_{pcs} = Becs \times (1 - Fecs)$$

S'il y a plusieurs systèmes d'ECS (limité à 2 systèmes différents) :

$$Ceci_{pcs} = 0.5 \times Becs \times Iecs1$$

$$Ceci_{2pcs} = 0.5 \times Becs \times Iecs2$$

### 2.1. Calcul de Becs

Pour  $SH \leq 27 \text{ m}^2$  :  $Qecs = 17.7 \times SH$

Pour  $SH > 27 \text{ m}^2$  :  $Qecs = 470.9 \times \ln(SH) - 1075$

Tef :

H1	10.5
H2	12
H3	14.5

$$Becs = 1.163 \times Qecs \times (40 - Tef) \times 48 / 1000$$

## 2.2. Calcul de Iecs

<b>Installation d'ECS</b>	<b>Iecs</b>	<b>Energie</b>
Chauffe-eau électrique installé il y a plus de 15ans	ver :1,57 / hor : 1,72	électrique
Chauffe-eau électrique installé entre 5 et 15 ans	ver :1,41 / hor : 1,49	électrique
Chauffe-eau électrique installé il y a moins de 5ans	ver :1,38 / hor : 1,42	électrique
ECS électrique instantanée	1,14	électrique
Chauffe-bain gaz	V : 2,26 / SV :1,9	gaz
chaudière individuelle gaz installée jusqu'à 1988*	I : 2,12 / A : 3,52	gaz
chaudière individuelle gaz installée entre 1989 et 2000*	I : 1,99 / A : 2,77	gaz
chaudière individuelle gaz installée à partir de 2001*	I : 1,81 / A : 2,57	gaz
Chaudière individuelle gaz basse température*	I : 1,75 / A : 2,48	gaz
Chaudière individuelle gaz condensation*	I : 1,62 / A : 2,31	gaz

\* s'il n'y a pas de veilleuse soustraire 0.12 (instantanée) ou 0.17 (accumulation)

hor : chauffe-eau horizontal / ver : chauffe-eau vertical

I : instantanée / A : accumulation

## 2.2. Calcul de Fecs

Département	installation ancienne	installation neuve
1	30	42
2	26	38
3	32	45
4	39	58
5	43	60
6	41	59
7	39	58
8	26	38
9	34	50
10	28	40
11	34	50
12	35	49
13	43	62
14	28	40
15	32	47
16	35	51
17	35	51
18	29	42
19	31	46
20	42	60
21	30	42
22	28	41
23	31	46
24	34	49
25	28	41
26	39	58
27	26	38
28	28	42
29	27	40
30	40	58
31	35	51
32	35	51
33	34	49
34	38	57
35	28	41
36	29	42
37	32	47
38	31	44
39	28	41
40	33	49
41	32	47
42	29	43
43	32	47
44	30	45
45	28	42
46	33	48
47	34	49
48	35	49
49	30	45

Département	installation ancienne	installation neuve
50	28	40
51	28	40
52	28	40
53	28	41
54	26	39
55	28	40
56	28	41
57	26	38
58	28	42
59	24	36
60	26	38
61	28	40
62	24	36
63	32	45
64	33	49
65	35	51
66	40	58
67	26	38
68	27	38
69	29	43
70	28	41
71	29	43
72	32	46
73	29	43
74	30	42
75	26	38
76	26	38
77	26	38
78	26	38
79	35	51
80	25	37
81	35	51
82	35	51
83	42	62
84	39	58
85	30	45
86	33	48
87	31	46
88	28	40
89	29	43
90	27	38
91	26	38
92	26	38
93	26	38
94	26	38
95	26	38

Fecs peut-être inséré directement si un calcul plus précis a été effectué (simsol, ...)

### 3. Calcul des consommations de refroidissement individuelle

$$C_{clim} = R_{clim} \times S_{clim} \times COR_{clim}$$

#### Données d'entrée :

- Surface habitable (m<sup>2</sup>) : SH
- Pourcentage de surface habitable climatisée :  $\alpha$
- Position en étage : dernier étage / autre
- Département : Zone climatique été (annexe I)

#### 4.1. Calcul de C<sub>clim</sub>

Si la refroidissement (rafraîchissement) est individuelle :

#### Calcul de S<sub>clim</sub> :

$$S_{clim} = \alpha \times SH \quad (0 \leq \alpha \leq 1)$$

#### Calcul de R<sub>clim</sub> :

<b>R<sub>clim</sub></b>		Autre	Dernier étage
<b>Zone</b>	Ea	1.5	2
	Eb	2	3
	Ec	3	4
	Ed	4	5

Les zones climatiques Ea,...Ed, sont définies en annexe I.

# C - Immeuble collectif avec chauffage collectif sans comptage individuel

## 1. Calcul des consommations de chauffage sans comptage individuel

$$Cch_{pci} = Cch_{PCS} / \alpha_{psi}$$

Pour les conversions en énergie primaire et en CO2, on retiendra  $Cch_{pci}$ .

S'il y a un seul système de chauffage sans système de chauffage solaire :

$$Cch_{PCS} = Bch \times Ich$$

S'il y a un seul système de chauffage avec système de chauffage solaire :

$$Cch_{PCS} = Bch \times (1 - Fch) \times Ich$$

S'il y a un système de chauffage ( $Ich1$ ) et un insert ou poêle à bois

$$Cch1_{PCS} = 0.75 \times Bch \times Ich1$$

$$Cch2_{PCS} = 0.25 \times Bch \times 2$$

S'il y a plusieurs systèmes de chauffage :

Surface chauffée par le système 1 : SH1 – type de système 1

Surface chauffée par le système 2 : SH2 – type de système 2

Surface chauffée par le système 3 : SH3 – type de système 3

$$Cch1_{PCS} = SH1 / SH \times Bch \times Ich 1$$

$$Cch2_{PCS} = SH2 / SH \times Bch \times Ich 2$$

$$Cch3_{PCS} = SH3 / SH \times Bch \times Ich 3$$

S'il y a un système base + appoint :

Surface chauffée par la base : type de système 1

Surface chauffée par l'appoint : type de système 2

$$Cch1_{PCS} = Base \times Bch \times Ich 1$$

$$Cch2_{PCS} = Appoint \times Bch \times Ich 2 \text{ (l'appoint peut-être individuel ou collectif)}$$

$$Bch = Sbat \times ENV \times METEO \times INT$$

La description se fait sur l'ensemble de l'immeuble.

Sbat : surface habitable de l'immeuble

$$ENV = \frac{DP_{murs} + DP_{plafond} + DP_{plancher} + DP_{fenêtres} + DP_{portes} + DP_{véranda} + PT}{2.5 \times Sbat} + a_{RA} \text{ avec :}$$

$$DP_{murs} = S_{murs1} \times U_{murs1} + S_{murs2} \times U_{murs2} + S_{murs3} \times U_{murs3}$$

$$DP_{plafond} = b' \times S_{plafond1} \times U_{plafond1} + b' \times S_{plafond2} \times U_{plafond2} + b' \times S_{plafond3} \times U_{plafond3}$$

Si la paroi donne sur l'extérieur :  $b' = 1$  sinon  $b' = 0.95$ .

$$DP_{plancher} = C_{orsol1} \times S_{plancher1} \times U_{plancher1} + C_{orsol2} \times S_{plancher2} \times U_{plancher2} + C_{orsol3} \times S_{plancher3} \times U_{plancher3}$$

$$DP_{fenêtres} = S_{fenêtres1} \times U_{fenêtres1} + S_{fenêtres2} \times U_{fenêtres2} + S_{fenêtres3} \times U_{fenêtres3}$$

$$DP_{portes} = S_{portes1} \times U_{portes1} + S_{portes2} \times U_{portes2} + S_{portes3} \times U_{portes3}$$

$$DP_{véranda} = S_{véranda1} \times U_{véranda1} + S_{véranda2} \times U_{véranda2} + S_{véranda3} \times U_{véranda3}$$

Les U se reporter à la méthode « maison individuelle ».

Calcul de  $a_{RA}$  :

Type de ventilation	$a_{RA}$	Type de ventilation pour le calcul de Iaux
Naturelle + cheminée sans trappe d'obturation	0.45	Naturelle
Naturelle par défauts d'étanchéité (menuiseries,...)	0.35	Naturelle
Naturelle par entrée d'air / extraction	0.30	Naturelle
VMC classique non modulée <=1983	0.25	VMC
VMC classique modulée >1983	0.20	VMC
VMC Hygro A	0.16	VMC
VMC Hygro B	0.14	VMC
VMC double flux	0.1	VMC

Si la hauteur moyenne est connue :

$$CORH = \frac{HSP}{2.5}$$

Si les surfaces déperditives sont inconnues :

Le périmètre moyen du bâtiment donnant sur l'extérieur doit être connu :

$$S_{\text{mur}} = \text{NIV} \times (\text{PER} \times \text{HSP}) - 0.15 \times S_{\text{bat}}$$

$$S_{\text{mur}} = \text{HSP} \times \sum (\text{PER}_i \times \text{NBE}_i) - 0.15 \times S_{\text{bat}}$$

NBE<sub>i</sub> : Nombre d'étages ayant PER<sub>i</sub>

$$S_{\text{sol}} = S_{\text{bat}} / \text{NIV}$$

Scombles et Sterrasse :

Type de toiture	Scombles	Sterrasse
Terrasse	0	Sbat / NIV
Combles perdus	Sbat / NIV	0
Combles habités	1.3 x Sbat / NIV	0
Mixte terrasse/combles	0.5 x Sbat / NIV	0.5 x Sbat / NIV

$$S_{\text{fenêtre}} = 0.15 \times S_{\text{bat}}$$

### Calcul des ponts thermiques PT :

Isolation par l'extérieur :

$$\text{PT} = \text{PER} \times (0.8 + 0.8 \text{ (si terrasse)} + 0.1 \text{ (si combles)} + 0.45 \text{ (si mixte comble/terrasse)} + (\text{NIV}-1) \times 0.1 + (0.1 \times 2.5 \times \text{HSP} / 6) \times 1.1$$

Autre type d'isolation :

$$\text{PT} = \text{PER} \times (0.5 + 0.55 \text{ (si terrasse)} \text{ ou } 0 \text{ (si combles)} + 0.275 \text{ (si mixte comble/terrasse)} + (\text{NIV}-1) \times 0.68 + (0.55 \times 2.5 \times \text{HSP} / 6) \times 1.05$$

## Calcul de Ich

<b>Installation de chauffage</b>	Rd	Re	Rg	Rr	Energie « tarif collectif »	Ind/coll
Chaudière collective gaz installée avant 1988	Rd1	0,95	0,65	Rr1	Gaz	
Chaudière collective fioul installée avant 1988	Rd1	0,95	0,65	Rr1	Fioul	
Chaudière collective gaz sur sol installée avant 1988 et changement de brûleur	Rd1	0,95	0,7	Rr1	Gaz	
Chaudière collective fioul sur sol installée jusqu'à 1988 et changement de brûleur	Rd1	0,95	0,7	Rr1	Fioul	
Chaudière collective gaz installée entre 1989 et 2000	Rd1	0,95	0,75	Rr1	Gaz	
Chaudière collective fioul installée entre 1989 et 2000	Rd1	0,95	0,75	Rr1	Fioul	
Chaudière collective gaz installée à partir de 2001	Rd1	0,95	0,8	Rr1	Gaz	
Chaudière collective fioul installée à partir de 2001	Rd1	0,95	0,8	Rr1	Fioul	
Chaudière collective gaz condensation	Rd1	0,95	0,85	Rr1	Gaz	
Chaudière collective fioul condensation	Rd1	0,95	0,85	Rr1	Fioul	
Chaudière collective bois classe inconnue	Rd1	0,95	0,4	Rr1	Bois	
Chaudière collective Bois classe 1	Rd1	0,95	0,45	Rr1	Bois	
Chaudière collective Bois classe 2	Rd1	0,95	0,5	Rr1	Bois	
Chaudière collective Bois classe 3	Rd1	0,95	0,55	Rr1	Bois	
Chaudière collective Charbon	Rd1	0,95	0,5	Rr1	Charbon	
Réseau de chaleur	Rd1	0,95	0,9	Rr1	Réseau de chaleur	
Chaudière collective électrique	Rd1	0,95	0,95	Rr1	Electrique	
Convecteurs bi-jonction	1	0,95	1	0,9	Electrique	Ce A1 = A2 = 0.6
Plancher rayonnant électrique collectif	1	1,00	1	0,9	Electrique	Ce A1 = 1 ; A2 = 0.6
Pompe à chaleur collective air/eau + VCV ou radiateurs	Rd1	0,95	2,6	Rr1	Electrique	Ce A1 = 1 ; A2 = 0.85
Pompe à chaleur collective air/eau + plancher	Rd1	1,00	2,6	Rr1	Electrique	Ce A1 = 1 ; A2 = 0.85
Pompe à chaleur collective eau/eau + VCV ou radiateurs	Rd1	0,95	3,2	Rr1	Electrique	C A1 = A2 = 1
Pompe à chaleur collective eau/eau + plancher	Rd1	1,00	3,2	Rr1	Electrique	C A1 = A2 = 1
Pompe à chaleur géothermique + VCV ou radiateurs	Rd1	0,95	4	Rr1	Electrique	C A1 = A2 = 1
Pompe à chaleur géothermique + plancher	Rd1	1,00	4	Rr1	Electrique	C A1 = A2 = 1
Plancher accumulation électrique	1	1,00	1	0,9	Electrique	Ce A1 = 1 ; A2 = 0.6
Plafond rayonnant électrique	1	0,98	1	0,9	Electrique	Ce A1 = 1 ; A2 = 0.6

Si Ind/coll = c alors base=1 et appoint =0

Si Ind/coll = ce alors base= (si appoint individuel A2 sinon A1) et appoint = 1-base

Pour le calcul de Ich de l'appoint, individuel : se reporter à la méthode chauffage individuel.

Rr1 = 0.95 si les radiateurs sont munis de robinets thermostatiques ; 0.9 sinon

Rr2 = 0.99 si la régulation terminale est certifiée ; 0.97 si la régulation terminale est non certifiée.

S'il y a un plancher chauffant basse température, remplacer Re=1

S'il y a un plafond chauffant basse température, remplacer Re=0.98

Rd1

Réseau de distribution :	isolé	non isolé
Chauffage aéraulique	0,85	0,8
Chauffage eau chaude ; haute température	0,87	0,85
Chauffage eau chaude ; moyenne ou basse température	0,9	0,87

S'il y a un condenseur sur les fumées, remplacer Rg par :

	<b>Rg</b>
Chaudière collective gaz installée jusqu'à 1988	0,7
Chaudière collective fioul installée jusqu'à 1988	0,7
Chaudière collective gaz installée jusqu'à 1988 et changement brûleur	0,75
Chaudière collective fioul installée jusqu'à 1988 et changement brûleur	0,75
Chaudière collective gaz installée entre 1989 et 2000	0,8
Chaudière collective fioul installée entre 1989 et 2000	0,8
Chaudière collective gaz installée à partir de 2001	0,85
Chaudière collective fioul installée à partir de 2001	0,85

S'il y a une deuxième chaudière :

Chaudière 1 # Ich1

Chaudière 2 # Ich 2

$Ich = 0.7 \times \min (Ich1; Ich2) + 0.3 \times \max (Ich1; Ich2)$

## 2. Calcul des consommations d'ECS

$$Cec_{s_{PCI}} = Cec_{s_{PCS}} / \alpha_{psi}$$

Pour les conversions en énergie primaire et en CO2, on retiendra  $Cec_{s_{pci}}$ .

S'il y a un seul système d'ECS sans solaire :

$$Cec_{s_{PCS}} = Becs \times Iecs$$

S'il y a un seul système d'ECS avec solaire :

$$Cec_{s_{PCS}} = Becs \times (1 - Fecs)$$

S'il y a plusieurs systèmes d'ECS (limité à 2 systèmes différents) :

$$Cec_{s_{1PCS}} = 0.5 \times Becs \times Iecs1$$

$$Cec_{s_{2PCS}} = 0.5 \times Becs \times Iecs2$$

Le calcul de Becs se fait par appartement comme pour la méthode « immeuble collectif en chauffage individuel » : Becs

Si l'ECS est produite individuellement, se reporter à la méthode « immeuble collectif en chauffage individuel ».

Si l'ECS est produite collectivement et qu'il y a une comptage individuel, le calcul se fait avec les coefficient Iecs indiqués ci-dessous.

Pour avoir les consommations d'ECS de l'immeuble, il faut additionner les consommations d'ECS par appartement. Pour simplifier, lorsque le calcul est effectué pour un immeuble, il est possible de faire le calcul de Becs sur un appartement « moyen » (avec  $Sh_{moyen} = S_{bat}/\text{nombre de logements}$ ) et de multiplier en suite les consommations obtenues par appartement par le nombre de logements.

<b>Installation d'ECS</b>	<b>Iecs</b>	<b>Energie tarif « collectif »</b>
Chaudière collective gaz installée jusqu'à 1988	Rni : 3.16 / Ri : 2.32	Gaz naturel ou GPL
Chaudière collective fioul installée jusqu'à 1988	Rni : 3.16 / Ri : 2.32	Fioul
Chaudière collective gaz installée jusqu'à 1988 + changement brûleur	Rni : 2.91 / Ri : 2.13	Gaz naturel ou GPL
Chaudière collective fioul installée jusqu'à 1988 + changement brûleur	Rni : 2.91 / Ri : 2.13	Fioul collectif
Chaudière collective gaz installée entre 1989 et 2000	Rni : 2.70 / Ri : 1.98	Gaz naturel ou GPL
Chaudière collective fioul installée entre 1989 et 2000	Rni : 2.70 / Ri : 1.98	Fioul collectif
Chaudière collective gaz installée à partir de 2001	Rni : 2.52 / Ri : 1.85	Gaz naturel ou GPL
Chaudière collective fioul installée à partir de 2001	Rni : 2.52 / Ri : 1.85	Fioul
Chaudière collective gaz condensation	Rni : 2.36 / Ri : 1.73	Gaz naturel ou GPL
Chaudière collective fioul condensation	Rni : 2.36 / Ri : 1.73	Fioul
Chaudière collective Bois	Rni : 5.38 / Ri : 3.94	Bois
Chaudière collective Charbon	Rni : 4.05 / Ri : 2.97	Charbon
Réseau de chaleur	Rni : 2.39 / Ri : 1.75	Réseau de chaleur
Collectif électrique	Rni : 1.87 / Ri : 1.37	Electrique
Accumulateur gaz	Rni : 2.88 / Ri : 2.11	Gaz naturel ou GPL
Accumulateur gaz condensation	Rni : 2.50 / Ri : 1.83	Gaz naturel ou GPL

Rni : réseau collectif non isolé / Ri : réseau collectif isolé

### 3. Calcul des consommations de refroidissement collective

*Cclim*

#### Données d'entrée :

- Surface habitable (m<sup>2</sup>) : Sbat
- Surface climatisée au dernier étage : Sclimd
- Surface climatisée autre qu'au dernier étage : Sclima
- Département : Zone climatique été
- Type de refroidissement : électrique / gaz

$$Cclim = (Rclimd \times Sclimd + Rclima \times Sclima) \times CORclim$$

#### Calcul de Rclim :

		Rclima	Rclimd
Zone	Ea	1.5	2
	Eb	2	3
	Ec	3	4
	Ed	4	5

Les zones climatiques Ea,...Ed, sont définies en annexe.

#### Calcul de CORclim :

Si refroidissement au gaz naturel : 2.8 sinon 1

Pour obtenir les consommations par appartement, il faut utiliser les règles de répartition au millième du règlement de copropriété (cf, relevés de charges).

# D - Immeuble collectif avec chauffage collectif avec comptage individuel

## 1. Calcul des consommations de chauffage

Le calcul de Cch et Bch se fait par appartement, se reporter à la méthode « immeuble collectif en chauffage individuel » avec les coefficients Ich de la méthode « Immeuble collectif avec chauffage collectif sans comptage individuel ».

## 2. Calcul des consommations d'ECS

Le calcul de Cecs et Becs se fait par appartement, se reporter à la méthode « immeuble collectif avec chauffage collectif sans comptage individuel ».

## 3. Calcul des consommations de refroidissement

Les calcul de Cclim se fait par appartement.

Si l'installation de refroidissement est individuelle, se reporter à la méthode « immeuble collectif en chauffage individuel ».

Si l'installation est collective :

### Données d'entrée :

- Surface habitable de l'appartement (m<sup>2</sup>) : SH
- Pourcentage de surface habitable climatisée :  $\alpha$
- Position en étage : dernier étage / autre
- Département : Zone climatique été
- Type de refroidissement : électrique / gaz

$$C_{clim} = R_{clim} \times S_{clim} \times COR_{clim}$$

### Calcul de Sclim :

$$S_{clim} = \alpha \times SH \quad (0 \leq \alpha \leq 1)$$

### Calcul de Rclim :

<b>Rclim</b>		Autre	Dernier étage
<b>Zone</b>	Ea	1.5	2
	Eb	2	3
	Ec	3	4
	Ed	4	5

Les zones climatiques Ea,...Ed, sont définies en annexe.

### Calcul de CORclim :

Si refroidissement au gaz naturel : 2.8 sinon 1

## Annexes à la méthode 3CL-DPE

Pour les conversions en énergie primaire et en CO<sub>2</sub>, on retiendra C<sub>XX,pci</sub>.

	$\alpha_{\text{PCSI}}$
Electrique	1
Gaz naturel	1.11
GPL	1.09
Fioul	1.07
Bois	1.11
Charbon	1.04
Réseau de chaleur	1
autre	2

$$C_{XX,pci} = C_{XX,pcs} / \alpha_{\text{pci}}$$

## **DONNEES METEOROLOGIQUES**

	Nref (h)	Dhref	Pref (W/m²)	C3 (h/m)	C4 (h/km)	Zone été	Zone Hiver Hx	T° ext de base	E (kWh/m²)	cl alt max
01 - Ain	4900	55000	80	1,5	-	Ec	1	-10	392	5
02 - Aisne	5800	67000	73	-	-	Ea	1	-7	423	1
03 - Allier	5100	55000	79	1,5	-	Ec	1	-8	403	4
04 - Alpes de Haute Provence	4100	45000	132	1,5	-	Ed	2	-8	541	6
05 - Hautes Alpes	4200	47000	130	1,5	-	Ed	1	-10	546	6
06 - Alpes Maritimes	3900	31000	135	1,8	5	Ed	3	-5	527	6
07 - Ardèche	4900	53000	100	1,5	-	Ed	2	-6	490	5
08 - Ardennes	5600	64000	71	-	-	Eb	1	-10	398	2
09 - Ariège	4400	41000	110	1,5	-	Ec	2	-5	484	6
10 - Aube	5500	64000	74	-	-	Eb	1	-10	407	1
11 - Aude	4000	36000	110	1,8	5	Ed	3	-5	440	6
12 - Aveyron	4400	45000	100	1,5	-	Ec	2	-8	440	4
13 - Bouches du Rhône	4000	36000	132	1,8	5	Ed	3	-5	528	3
14 - Calvados	4700	61000	79	-	5	Ea	1	-7	371	1
15 - Cantal	5000	54000	87	1,5	-	Ec	1	-8	435	5
16 - Charente	5000	48000	87	-	-	Ec	2	-5	435	1
17 - Charente Maritime	5000	48000	88	-	5	Ec	2	-5	440	1
18 - Cher	5300	58000	79	-	-	Eb	2	-7	419	2
19 - Corrèze	5000	48000	85	1,5	-	Ec	1	-8	425	3
2A - Corse du Sud	4200	34000	126	1,8	5	Ed	3	-2	529	6
2B - Haute Corse	4000	32000	126	1,8	5	Ed	3	-2	504	6
21 - Côte d'Or	4900	57000	73	1,5	-	Ec	1	-10	358	2
22 - Côtes d'Armor	5400	51000	79	-	5	Ea	2	-4	427	1
23 - Creuse	5200	56000	84	1,5	-	Ec	1	-8	437	3
24 - Dordogne	5000	48000	87	-	-	Ec	2	-5	435	2
25 - Doubs	5000	57000	71	1,5	-	Ec	1	-12	355	4
26 - Drôme	4800	53000	110	1,5	-	Ed	2	-6	528	6
27 - Eure	5500	58000	78	-	5	Ea	1	-7	429	1
28 - Eure et Loir	5600	63000	78	-	-	Eb	1	-7	437	1
29 - Finistère	5800	55000	79	-	5	Ea	2	-4	458	1
30 - Gard	4000	36000	125	1,8	5	Ed	3	-5	500	4
31 - Haute Garonne	4500	44000	98	1,5	-	Ec	2	-5	441	6
32 - Gers	4800	50000	92	-	-	Ec	2	-5	442	1
33 - Gironde	4500	41000	91	-	5	Ec	2	-5	410	1
34 - Hérault	4100	38000	120	1,8	5	Ed	3	-5	492	3
35 - Ile et Vilaine	4300	53000	79	-	5	Ea	2	-5	340	1
36 - Indre	4300	59000	84	-	-	Eb	2	-7	361	2
37 - Indre et Loire	4300	57000	85	-	-	Eb	2	-7	366	1
38 - Isère	4800	55000	100	1,5	-	Ec	1	-10	480	6
39 - Jura	4900	55000	74	1,5	-	Ec	1	-10	363	4
40 - Landes	4400	42000	94	-	5	Ec	2	-5	414	1
41 - Loir et Cher	5400	59000	82	-	-	Eb	2	-7	443	1
42 - Loire	4900	52000	83	1,5	-	Ec	1	-10	407	5
43 - Haute Loire	5000	54000	92	1,5	-	Ec	1	-8	460	5
44 - Loire Atlantique	4900	48000	82	-	5	EB	2	-5	402	1
45 - Loiret	5400	61000	78	-	-	Eb	1	-7	421	1
46 - Lot	4600	45000	88	1,5	-	Ec	2	-6	405	2
47 - Lot et Garonne	5000	53000	87	-	-	Ec	2	-5	435	1
48 - Lozère	4600	48000	100	1,5	-	Ed	2	-8	460	5
49 - Maine et Loire	5200	55000	83	-	-	Eb	2	-7	432	1

50 - Manche	5700	56000	76	-	5	Ea	2	-4	433	1
51 - Marne	5600	65000	74	-	-	Eb	1	-10	414	1
52 - Haute Marne	5200	59000	73	1,5	-	Eb	1	-12	380	2
53 - Mayenne	5200	56000	81	-	-	Eb	2	-7	421	2
54 - Meurthe et Moselle	5800	71000	69	-	-	Eb	1	-15	400	2
55 - Meuse	5600	68000	71	-	-	Eb	1	-12	398	2
56 - Morbihan	5100	48000	79	-	5	Ea	2	-4	403	1
57 - Moselle	5600	68000	69	-	-	Eb	1	-15	386	3
58 - Nièvre	5200	56000	76	1,5	-	Eb	1	-10	395	3
59 - Nord	5500	60000	69	-	5	Ea	1	-9	380	1
60 - Oise	5700	65000	75	-	-	Ea	1	-7	428	1
61 - Orne	5600	62000	79	-	-	Ea	1	-7	442	2
62 - Pas de Calais	5500	60000	69	-	5	Ea	1	-9	380	1
63 - Puy de Dôme	4800	50000	83	1,5	-	Ec	1	-8	398	5
64 - Pyrénées Atlantiques	5200	35000	98	1,8	5	Ec	2	-5	510	6
65 - Hautes Pyrénées	5600	43000	98	1,5	-	Ec	2	-5	549	6
66 - Pyrénées Orientales	3700	30000	130	1,8	5	Ed	3	-5	481	6
67 - Bas Rhin	5200	63000	66	1,5	-	Eb	1	-15	343	3
68 - Haut Rhin	5300	64000	69	1,5	-	Eb	1	-15	366	4
69 - Rhône	4900	54000	80	1,5	-	Ec	1	-10	392	3
70 - Haute Saône	5300	62000	71	1,5	-	Eb	1	-12	376	4
71 - Saône et Loire	5200	57000	74	1,5	-	Ec	1	-10	385	3
72 - Sarthe	5300	57000	82	-	-	Eb	2	-7	435	1
73 - Savoie	4600	55000	100	1,5	-	Ec	1	-10	460	6
74 - Haute Savoie	4900	58000	80	1,5	-	Ec	1	-10	392	6
75 - Paris	5100	55000	66	-	-	Eb	1	-5	337	1
76 - Seine Maritime	5500	58000	76	-	5	Ea	1	-7	418	1
77 - Seine et Marne	5500	62000	72	-	-	Eb	1	-7	396	1
78 - Yvelines	5800	66000	72	-	-	Eb	1	-7	418	1
79 - Deux Sèvres	5300	56000	85	-	-	Eb	2	-7	451	1
80 - Somme	5800	64000	73	-	5	Ea	1	-9	423	1
81 - Tarn	4400	45000	100	1,5	-	Ec	2	-5	440	4
82 - Tarn et Garonne	4800	51000	90	-	-	Ec	2	-5	432	2
83 - Var	3900	31000	132	1,8	5	Ed	3	-5	515	5
84 - Vaucluse	4600	44000	126	1,5	-	Ed	2	-6	580	5
85 - Vendée	5200	50000	85	-	5	Eb	2	-5	442	1
86 - Vienne	5300	56000	86	-	-	Eb	2	-7	456	1
87 - Haute Vienne	5200	54000	86	1,5	-	Ec	1	-8	447	2
88 - Vosges	5300	62000	71	1,5	-	Eb	1	-15	376	4
89 - Yonne	5400	62000	76	-	-	Eb	1	-10	410	2
90 - Territoire de Belfort	5300	63000	70	1,5	-	Eb	1	-15	371	4
91 - Essonne	5500	61000	72	-	-	Eb	1	-7	396	1
92 - Hauts de Seine	5300	58000	66	-	-	Eb	1	-7	350	1
93 - Seine Saint Denis	5300	58000	66	-	-	Eb	1	-7	350	1
94 - Val de Marne	5300	58000	66	-	-	Eb	1	-7	350	1
95 - Val d'Oise	5500	61000	72	-	-	Eb	1	-7	396	1

$$\text{CLIMAT} = \text{DHcor} / 1000$$

Avec

$$\text{DHcor} = \text{Dhref} + ((\text{Nref} / \text{C2}) + 5) \times \text{dN}$$

Si C4 = - ; C2=340 sinon C2=400

$$\text{dN} = \text{C3} \times \text{altitude (m)}$$

pour déterminer altitude, soit elle est saisie directement par l'utilisateur, soit celui-ci a le choix dans un menu déroulant :

	Alt / défaut
<= 400 m	300
401 - 800 m	700
801 - 1200 m	1100
1201 - 1600 m	1500
1601 - 2000 m	1900
> 2000 m	2100

Pour le calcul de la température extérieure de base (puissance de chauffage et abonnement en chauffage électrique) - Correction selon l'altitude :

Si altitude < 200m ; corText = 0

Si 200m ≤ altitude < 400 corText = 1°C

Si altitude ≥ 400 :

Pour les départements 5 ; 13 ; 30 ; 31 ; 34 ; 64 ; 65 ; 65 ; 66 ; 81 ; 83, corText = 2 x (((altitude – 400)/100)+1)

Pour les autres départements, corText = 1 x (((altitude – 400)/100)+1)

Text base corrigée : Text base - corText

## Départements et classes extrêmes d'altitude

DEPT	Mini	Maxi	DEPT	Mini	Maxi
01	1	5	48	1	5
02	1	1	49	1	1
03	1	4	50	1	1
04	1	6	51	1	1
05	2	6	52	1	2
06	1	6	53	1	2
07	1	5	54	1	2
08	1	2	55	1	2
09	1	6	56	1	1
10	1	1	57	1	3
11	1	6	58	1	3
12	1	4	59	1	1
13	1	3	60	1	1
14	1	1	61	1	2
15	1	5	62	1	1
16	1	1	63	1	5
17	1	1	64	1	6
18	1	2	65	1	6
19	1	3	66	1	6
2A	1	6	67	1	3
2B	1	6	68	1	4
21	1	2	69	1	3
22	1	1	70	1	4
23	1	3	71	1	3
24	1	2	72	1	1
25	1	4	73	1	6
26	1	6	74	1	6
27	1	1	75	1	1
28	1	1	76	1	1
29	1	1	77	1	1
30	1	4	78	1	1
31	1	6	79	1	1
32	1	1	80	1	1
33	1	1	81	1	4
34	1	3	82	1	2
35	1	1	83	1	5
36	1	2	84	1	5
37	1	1	85	1	1
38	1	6	86	1	1
39	1	4	87	1	2
40	1	1	88	1	4
41	1	1	89	1	2
42	1	5	90	1	4
43	1	5	91	1	1
44	1	1	92	1	1
45	1	1	93	1	1
46	1	2	94	1	1
47	1	1	95	1	1

Codification des tranches d'altitude :

Altitude	Code
0-400 m	1
401-800 m	2
801-1 200	3
1 201-1 600 m	4
1 601-2 000 m	5
Plus de 2 000 m	6

## **LISTES DES VARIABLES**

## Maison individuelle :

Cchpci : consommations de chauffage annuelles calculées avec des rendements sur PCI (kWh/an)

Cchpcs : consommations de chauffage annuelles calculées avec des rendements sur PCS (kWh/an)

Bch : besoins de chauffage (kWh/an)

Ich : l'inverse du rendement moyen annuel de l'installation ( $1 / (R_{\text{génération}} \times R_{\text{distribution}} \times R_{\text{émission}} \times R_{\text{régulation}})$ )

SH : surface habitable de la maison (m<sup>2</sup>)

ENV : déperditions par l'enveloppe et par renouvellement d'air

METEO : Apports solaires et apports internes récupérés et degrés-heures

INT : Coefficient d'intermittence pour le chauffage

DP murs : déperditions thermiques par les murs opaques verticaux (W/K)

DP plafond : déperditions thermiques par le plafond (W/K)

DP plancher : déperditions thermiques par le plancher (W/K)

DP fenêtres : déperditions thermiques par les fenêtres (W/K)

DP portes : déperditions thermiques par les portes (W/K)

DP véranda : déperditions thermiques par la véranda (W/K)

PT : déperditions thermiques par les ponts thermiques (W/K)

a RA : déperditions par renouvellement d'air qui dépend du type de système de ventilation et des défauts d'étanchéité (W/K)

b et b' : coefficients de réduction de température (parois donnant sur l'extérieur, local non chauffé...)

S murs : surface de mur sur extérieur (m<sup>2</sup>)

S plafond : surface de plafond (m<sup>2</sup>)

S plancher : surface de plancher (m<sup>2</sup>)

S fenêtres : surface de fenêtres (m<sup>2</sup>)

S portes : surface de porte (m<sup>2</sup>)

S véranda : surface de véranda (m<sup>2</sup>)

U murs : coefficient de déperditions thermiques des murs sur extérieur (W/m<sup>2</sup>.K)

U plafond : coefficient de déperditions thermiques du plafond (W/m<sup>2</sup>.K)

U plancher : coefficient de déperditions thermiques du plancher (W/m<sup>2</sup>.K)

U fenêtres : coefficient de déperditions thermiques des fenêtres (W/m<sup>2</sup>.K)

U portes : coefficient de déperditions thermiques des portes (W/m<sup>2</sup>.K)

U véranda : coefficient de déperditions thermiques des vérandas (W/m<sup>2</sup>.K)

CORH : coefficient de correction de la hauteur sous plafond

HSP : hauteur sous plafond (m)

CORsol : coefficient de réduction de température du plancher bas, dépend du type de plancher bas

NIV : nombre de niveau chauffée de la maison

MIT : coefficient de pondération suivant mitoyenneté

FOR : coefficient de pondération suivant la configuration de la maison

Kpb/m : coefficient de déperdition linéique de la liaison plancher bas / mur

Lpb/m : longueur du pont thermique lié à la déperdition ci-dessus

Kpi/m : coefficient de déperdition linéique de la liaison plancher intermédiaire / mur

Lpi/m : longueur du pont thermique lié à la déperdition ci-dessus

Krf/m : coefficient de déperdition linéique de la liaison refend / mur

Lrf/m : longueur du pont thermique lié à la déperdition ci-dessus

Krf/pb : coefficient de déperdition linéique de la liaison refend / plancher bas

Lrf/pb : longueur du pont thermique lié à la déperdition ci-dessus

COMPL : apports solaires et internes récupérés

CLIMAT : coefficient dépendant du département et de l'altitude

E : ensoleillement (kWh/m<sup>2</sup>)

Rd : rendement de distribution de chauffage

Re : rendement d'émission de chauffage

Rr : rendement de régulation de chauffage

Rg : rendement de génération de chauffage

Corch : coefficient de correction des rendements de chauffage si les besoins de chauffage sont faibles.

Pg : coefficient de pondération fonction de la programmation

Fch : facteur de couverture solaire des besoins de chauffage

Cecspci : consommations d'eau chaude sanitaire annuelles calculées avec des rendements sur PCI (kWh/an)

Cecspcs : consommations d'eau chaude sanitaire annuelles calculées avec des rendements sur PCS (kWh/an)

Becs : besoins d'eau chaude sanitaire (kWh/an)

Iecs : l'inverse du rendement moyen annuel de l'installation d'eau chaude sanitaire ( $1 / (R_{\text{génération}} \times R_{\text{distribution}} \times R_{\text{stockage}})$ )

Cclim : consommations annuelles de refroidissement (kWh/an)

R clim : coefficient qui dépend de la surface de refroidissement et de la zone climatique

S clim : surface du logement climatisée

PPV : production d'électricité par des capteurs photovoltaïques (kWh/an)

Peo : production d'électricité par une micro éolienne (kWh/an)

Pco : production d'électricité par cogénération

Ab : abonnement électrique et combustible

## Immeuble collectif – chauffage individuel :

Idem variables « maison individuelle » +

DP m Inc : déperditions thermiques par les murs sur locaux non chauffés (W/K)

S m Inc : surface de mur sur locaux non chauffés (m<sup>2</sup>)

K m Inc : coefficient de déperditions thermiques des murs sur extérieur (W/m<sup>2</sup>.K)

DP p Inc : déperditions thermiques par les portes sur locaux non chauffés (W/K)

S p Inc : surface de porte sur locaux non chauffés (m<sup>2</sup>)

K p Inc : coefficient de déperditions thermiques des portes sur extérieur (W/m<sup>2</sup>.K)

Cf : position de l'appartement en étage

Kpbe/me : coefficient de déperdition linéique de la liaison plancher bas ext / mur extérieur

Lpbe/me : longueur du pont thermique lié à la déperdition ci-dessus

Kpbi/me : coefficient de déperdition linéique de la liaison plancher bas int / mur extérieur

Lpbi/me : longueur du pont thermique lié à la déperdition ci-dessus

Ktp/me : coefficient de déperdition linéique de la liaison plancher bas sur terre-plein / mur extérieur

Ltp/me : longueur du pont thermique lié à la déperdition ci-dessus

Kpib/me : coefficient de déperdition linéique de la liaison plancher intermédiaire bas / mur extérieur

Lpib/me : longueur du pont thermique lié à la déperdition ci-dessus

Kpih/me : coefficient de déperdition linéique de la liaison plancher intermédiaire haut/ mur extérieur

Lpih/me : longueur du pont thermique lié à la déperdition ci-dessus

Ktte/me : coefficient de déperdition linéique de la liaison toiture terrasse extérieure / mur extérieur

Ltte/me : longueur du pont thermique lié à la déperdition ci-dessus

Ktti/me : coefficient de déperdition linéique de la liaison toiture terrasse intérieure / mur extérieur

Ltti/me : longueur du pont thermique lié à la déperdition ci-dessus

Ktc/me : coefficient de déperdition linéique de la liaison toiture comble / mur extérieur

Ltc/me : longueur du pont thermique lié à la déperdition ci-dessus

La méthode 3CL-DPE a été développée par un groupe de travail incluant des organismes publics (la direction générale de l'urbanisme, de l'habitat et de la construction, l'agence pour l'environnement et la maîtrise de l'énergie), des fournisseurs d'énergie (Électricité de France, Gaz de France), des filières professionnelles (Chaleur Fioul, Charbonnages de France), des bureaux d'études (Tribu Énergie, CoSTIC) et des organismes de certification de la qualité des constructions (Qualitel-Cerqual, Promotelec)

## **ANNEXE 2 – Méthode COMFIE-DPE (pages 68 à 84 )**

### **Méthode COMFIE**

#### **Cahier d'algorithmes**

##### **1 Besoins de chauffage**

Le bâtiment étudié peut être modélisé par une ou plusieurs zones thermiques, chaque zone étant considérée à température homogène. Une zone est délimitée par un certain nombre de parois, qui sont elles-mêmes découpées en mailles. Une zone peut regrouper plusieurs pièces, dans ce cas les parois séparant deux pièces d'une même zone seront appelées « parois internes ». Une maille correspond au volume d'air contenu dans la zone et aux parois internes légères (c'est à dire par convention de capacité thermique surfacique inférieure à 7 Wh/K/m<sup>2</sup>), supposées être à la même température que l'air.

La simulation thermique consiste à étudier l'évolution des températures et des besoins énergétiques du bâtiment sur une certaine période (par exemple une année) avec un certain pas de temps (par exemple heure par heure pour le calcul des besoins de chauffage). Un bilan thermique est effectué pour chaque maille de la manière suivante : l'énergie stockée durant le pas de temps, qui dépend de la capacité thermique de la maille, est égale à l'énergie reçue (par l'équipement de chauffage, le rayonnement solaire, les occupants...) moins l'énergie perdue (déperditions).

Dans un premier temps, un modèle thermique est créé pour chaque zone thermique. Ce modèle est ensuite réduit en considérant un nombre limité d'équations, correspondant à différentes constantes de temps du système (chaque constante de temps correspond à l'inertie thermique de certains composants, par exemple un plancher lourd, des cloisons légères, des murs etc.). Les modèles réduits de chaque zone sont ensuite couplés : dans une cloison séparant deux zones, la température du côté d'une zone constitue une sortie de cette zone et une entrée de la zone adjacente. Cette étape conduit à un modèle global du bâtiment, permettant d'effectuer un calcul à chaque pas de temps.

##### **1.1 Modèle pour chaque zone thermique**

Le bâtiment est décomposé en mailles sur lesquelles un bilan thermique est écrit en supposant la température uniforme. Pour que cette hypothèse d'uniformité ne s'écarte pas trop de la réalité, il faudrait en théorie découper chaque élément en mailles très fines. Or l'objectif est de réaliser un outil adapté à une utilisation professionnelle (en particulier en terme de temps de

calcul), ce qui impose des limites sur la taille du modèle. Le compromis choisi consiste à placer le petit nombre de mailles auquel on est limité de telle sorte que l'uniformité de la température soit maximale.

La première idée est de ne pas regrouper dans une maille des couches de matériaux séparées par un isolant. Ensuite, le nombre de mailles doit être plus important dans les murs massifs que dans les cloisons légères. Enfin, on s'intéresse aux températures dans les différentes zones du bâtiment, et celles-ci sont plus influencées par les faces internes des parois, elles-mêmes influencées par les variations de puissance de chauffe (équipement régulé, intermittence,...), que par les faces externes. La possibilité a alors été donnée, de définir des mailles plus fines à la surface interne d'une paroi. Une raison géométrique  $r$  relie l'épaisseur des mailles successives: si  $e$  est l'épaisseur de la maille la plus interne, sa voisine a pour épaisseur  $r.e$ , la suivante  $r^2.e$ , etc. Le cas  $r=1$  correspondrait à des mailles d'épaisseurs égales. La valeur de  $r$  peut être modifiée (elle vaut 3 dans la version actuelle du logiciel, suite à diverses validations), comme celle du nombre  $n$  de mailles placées dans les murs massifs (3 également).

Dans le cas d'une paroi sans isolant, on place une maille unique dans une cloison légère (inertie  $< 7 \text{ Wh}/(\text{m}^2.\text{K})$ ) et  $n$  mailles dans un mur massif. Dans le cas avec isolant, on procède de même pour la partie de la paroi située du côté intérieur à l'isolant. Pour la partie extérieure, on place systématiquement une maille unique, que la paroi soit légère ou lourde. Si il y a deux isolants, on place également une maille unique entre les deux isolants, que la portion de paroi correspondante soit massive ou non.

Etant définies en fonction de  $n$  et  $r$ , les mailles ne correspondent en général pas à des couches de matériaux. Les propriétés physiques des différents matériaux constituant une maille sont alors combinées: les inerties et les résistances thermiques sont additionnées.

Une paroi interne à une zone est divisée en mailles de manière analogue, avec une légère différence dans le cas sans isolant ou si les deux parties séparées par l'isolant sont toutes les deux légères ou toutes les deux massives. Dans ces cas, tous les matériaux de la paroi sont regroupés en un matériau unique équivalent, divisé en deux parties symétriques. Le plan central est considéré comme adiabatique. On place alors  $n$  mailles dans l'une des deux moitiés, avec une condition de flux nul au niveau du plan médian. Cela permet d'accroître la précision pour un nombre de mailles donné.

Il n'y a jamais de maille dans les isolants, car leur capacité thermique est considérée comme négligeable par rapport à celle des autres matériaux : elle est alors ajoutée à celles des mailles adjacentes (si il y a une maille de chaque côté de l'isolant, la moitié de la capacité thermique de l'isolant est ajoutée de chaque côté).

On ne place pas non plus de maille dans un vitrage: la surface des vitres est grande comparée à leur volume, et on suppose que le régime permanent est atteint rapidement dans ces composants par rapport au pas de temps de la

simulation. La résistance thermique variable liée à l'usage des occultations (stores, volets,..) est prise en compte au niveau de la simulation, en introduisant une puissance de chauffe équivalente à la diminution des déperditions.

L'air, le mobilier et les cloisons légères éventuelles contenues dans la zone sont regroupés dans une maille unique. En effet, on suppose que le volume des meubles est petit par rapport à leur surface d'échange, et qu'ils sont quasiment à la température de l'air. La stratification de l'air en température n'est pas considérée, ni les transferts d'énergie liés aux variations d'humidité et à la condensation/évaporation d'eau.

## notations

$e$  : épaisseur d'une couche de matériau (m)

$\rho$  : masse volumique d'un matériau en  $\text{kg}/\text{m}^3$

$k$  : conductivité thermique d'un matériau en  $\text{W}/\text{m}/\text{K}$

$c$  : chaleur massique d'un matériau en  $\text{Wh}/\text{kg}/\text{K}$

$U$  : coefficient de transfert thermique d'une paroi en  $\text{W}/\text{m}^2/\text{K}$

$A$  : surface d'une paroi en  $\text{m}^2$

$A_{\text{opaque}}$  : somme des surfaces opaques d'une zone

$A_{\text{transparent}}$  : somme des surfaces transparentes d'une zone

$UA_g$  : coefficient de transfert avec le sol ( $\text{W}/\text{K}$ )

$UA_w$  : coefficient de transfert par un vitrage ( $\text{W}/\text{K}$ )

$h$  : coefficient de transfert thermique superficiel (incluant les transferts radiatifs et convectifs), indice int (resp. ext) côté intérieur (resp. extérieur)

$\psi_L$  : coefficient de transfert global correspondant aux ponts thermiques entre une zone et l'extérieur ( $\text{W}/\text{K}$ )

$T$  : température

.

$T$  : dérivée d'une température

$P$  : puissance thermique (positive ou négative) fournie à une zone par un équipement de chauffage ou de rafraîchissement, la ventilation, les apports internes, les occupants.

$C_{\text{tot}}$  : capacité thermique de l'air et des parois légères incluses dans une zone ( $\text{Wh}/\text{K}$ )

$Q'_{\text{sol}}$  : flux solaire net restant dans la zone en  $\text{W}$

$Q_{\text{sw}}$  : rayonnement solaire incident sur un mur opaque ( $\text{W}/\text{m}^2$ )

$T_{\text{eq}}$  : température équivalente (sortie du système d'équations d'une zone adjacente)

$\alpha$  : facteur d'absorption d'une surface

$\tau_{\text{ti}}$  : facteur de transmission pour une couche d'isolant transparent

## indices

' : maille intermédiaire d'une paroi

" : maille la plus externe d'une paroi

im1 : isolant éventuel entre la zone et la maille d'une paroi côté intérieur

im2 : isolant éventuel entre la maille côté intérieur et une maille intermédiaire

im3 : isolant éventuel entre une maille intermédiaire et la maille côté extérieur

im4 : isolant éventuel entre la maille du côté extérieur et l'extérieur

m : moyen

ext : extérieur

int : intérieur

sol : sol ( $T_{sol}$  : température du sol à 10 m de profondeur)

zone : zone ( $T_{zone}$  : température de la zone considérée)

### Maille correspondant au volume d'air

$$C_{tot} \cdot T_{zone} = P + \sum_{\substack{\text{parois} \\ \text{externes}}} \left( \sum_{\text{vitrages}} UA_w + UA \right) \cdot (T_{ext} - T_{zone})$$

$$+ \sum_{\text{parois}} \frac{A / A_{opaque}}{1 + 1 / h_{int} + \frac{1}{\frac{e_{im1}/k_{im1} + e/2k}}}$$

$$\cdot Q'_{sol}$$

$$+ \sum_{\text{parois}} \frac{A}{1 / h_{int} + e_{im1}/k_{im1} + e/2k} \cdot (T - T_{zone})$$

$$+ \psi L \cdot (T_{ext} - T_{zone})$$

La capacité thermique de l'air est considérée égale à 0,34 fois le volume de la zone. La capacité thermique surfacique des parois est obtenue en sommant les capacités thermiques surfaciques de chaque couche de matériau. La capacité thermique surfacique d'une couche de matériau est égale à :

$$e \cdot \rho \cdot c$$

La capacité thermique d'une paroi est égale à la somme des capacités thermiques surfaciques des couches de matériaux qui la constituent, multipliée par sa surface.

Les valeurs de  $k$ ,  $\rho$ ,  $c$ ,  $\psi$  donnés dans les textes réglementaires peuvent être considérés.

Le coefficient  $U$  d'une paroi peut être obtenu de la manière suivante :

$$U = 1 / (1/h_{int} + \sum_{\text{couches}} e/k + 1/h_{ext})$$

Le flux solaire net restant dans la zone est :

$$Q'_{sol} = [ 1 - (1 - \alpha_m) \cdot A_{transparent} / (A_{opaque} + A_{transparent}) ] \cdot Q_{sol}$$

où  $\alpha_m$  est le facteur d'absorption moyen des surfaces opaques de la zone (moyenne pondérée par chaque surface, y compris les parois internes éventuelles),

et  $Q_{sol}$  est le rayonnement solaire entrant par les différents vitrages de la zone, calculé pour l'heure considérée en tenant compte des masques éventuels (masques lointains, masques intégrés, occultations amovibles). Le calcul des flux solaires est présenté plus loin.

### maille d'une paroi côté intérieur

$$C \cdot \dot{T} = \frac{A}{1 / h_{int} + e_{im1}/k_{im1} + e/2k} \cdot (T_{zone} - T) + \frac{A}{e/2k + e_{im2}/k_{im2} + e'/2k'} \cdot (T' - T) + \frac{A / A_{opaque}}{1 + h_{int} \cdot (e_{im1}/k_{im1} + e/2k)} \cdot Q'_{sol}$$

### maille intermédiaire

$$C' \cdot \dot{T}' = \frac{A}{e/2k + e_{im2}/k_{im2} + e'/2k'} \cdot (T - T') + \frac{A}{e'/2k' + e_{im3}/k_{im3} + e''/2k''} \cdot (T'' - T')$$

### maille la plus extérieure d'une paroi externe

L'absorption du rayonnement solaire incident par les parois opaques est calculée par un bilan thermique au niveau de la surface absorbante, en fonction du facteur d'absorption de cette surface. Le rayonnement incident absorbé est réparti entre une quantité pénétrant dans la maille la plus extérieure du mur et une quantité perdue vers l'ambiance extérieure (transferts radiatifs et convectifs).

Cette dernière quantité est beaucoup plus faible dans le cas où la paroi est revêtue d'une couche d'isolant transparent, car la plus grande résistance thermique est située à l'extérieur de la surface absorbante. La plus grande partie du rayonnement incident (réduit selon le taux de transmission à travers l'isolant) pénètre ainsi vers l'intérieur du mur.

$$C'' \cdot \dot{T}'' = \frac{A}{e'/2k' + e_{im3}/k_{im3} + e''/2k''} \cdot (T' - T'') + \frac{A}{\dots} \cdot (T_{ext} - T'')$$

$$1/h_{\text{ext}} + e_{\text{im4}}/k_{\text{im4}} + e''/2k''$$

(si cette maille est en contact avec le sol,  $1/h_{\text{ext}}$  devient  $A/UA_g$  et  $T_{\text{ext}}$  devient  $T_{\text{sol}}$ )

$$+ \frac{A \cdot \alpha \cdot Q_{\text{sw}}}{1 + h_{\text{ext}} \cdot (e_{\text{im4}}/k_{\text{im4}} + e''/2k'')} \quad (\text{isolant opaque})$$

ou (isolant extérieur translucide)

$$+ \frac{A \cdot \alpha \cdot \tau_{\text{ti}} \cdot Q_{\text{sw}}}{1 + (e''/2k'') \cdot (1/h_{\text{ext}} + e_{\text{im4}}/k_{\text{im4}})}$$

### maille la plus extérieure d'une paroi interne au bâtiment

$$C'' \cdot T'' = \frac{A}{e'/2k' + e_{\text{im3}}/k_{\text{im3}} + e''/2k''} \cdot (T' - T'') + \frac{A}{1/h_{\text{ext}} + e_{\text{im4}}/k_{\text{im4}} + e''/2k''} \cdot (T_{\text{eq}} - T'')$$

$$\text{où } T_{\text{eq}} = T_{\text{zone adjacente}} + \frac{Q'_{\text{sol}} (\text{zone adjacente})}{h_{\text{int}} (\text{zone adjacente}) \cdot A_{\text{opaque}} (\text{zone adjacente})}$$

$T_{\text{eq}}$  est une variable de sortie du système d'équations de la zone adjacente.

### Coefficients de transfert superficiels ( $h_{\text{int}}$ et $h_{\text{ext}}$ )

Les transferts radiatifs et convectifs sont pris en compte dans un coefficient global, évalué pour chaque paroi en fonction de son inclinaison et de son exposition au vent pour la partie convective, de ses propriétés optiques pour la partie radiative.

On considère trois niveaux d'exposition au vent pour déterminer ces coefficients de transfert globaux à la surface externe des parois : « normal », « abrité » et « sévère » (cf. le tableau suivant).

Les coefficients de transfert du côté intérieur aux parois, par contre, ne dépendent pas dans le modèle de la vitesse de l'air à l'intérieur des locaux (supposée faible par rapport à celle du vent). Ils sont fonction de l'inclinaison des parois (horizontale ou verticale) et en cas de paroi horizontale, du sens du transfert. Ce sens est supposé toujours ascendant dans le cas d'un plafond et toujours descendant dans le cas d'un plancher, si ces parois sont en contact

avec l'extérieur. Dans le cas de parois internes, une valeur moyenne entre les cas ascendant et descendant a été fixée (cf. le tableau suivant).

Les transferts radiatifs à la surface des parois d'une zone dépendent de l'émissivité  $\varepsilon$  de la surface. Les valeurs considérées sont données dans le tableau suivant en  $W/(m^2.K)$ .

Si un plafond est contigu à un grenier ventilé (non modélisé car considéré à la température extérieure), la valeur de  $h_{ext}$  est  $7.14 W/(m^2.K)$  pour une émissivité de 0.9 et  $4 W/(m^2.K)$  pour une émissivité nulle.

Si un plancher est situé sur un vide sanitaire ventilé, la valeur de  $h_{ext}$  est  $6.25 W/(m^2.K)$  pour une émissivité de 0.9 et  $3.33 W/(m^2.K)$  pour une émissivité nulle. Dans tous les cas, une interpolation est effectuée pour les autres valeurs de  $\varepsilon$ .

position de la paroi	émissivité	hint	hext pour		
			normale	abritée	sévère
verticale	0.9	8.13	18.2	12.5	33.3
verticale	0	3.29	14.9	9.1	33.3
plafond externe	0.9	9.43	22.2	14.3	50
plafond externe	0	4.59	18.9	11.1	50
plancher externe	0.9	6.67	20	20	20
plancher externe	0	1.78	20	20	20
horizontale interne	0.9	8	-	-	-
horizontale interne	0	3	-	-	-

Lorsqu'on emploie de tels coefficients globaux, la température de zone n'est pas exactement la température d'air, mais une combinaison de cette température d'air avec la température des surfaces des parois. On suppose que cette température de zone est équivalente à une température résultante (moyenne entre la température d'air et la moyenne des températures des surfaces), qu'elle peut être utilisée en simulation pour la régulation de l'équipement de chauffage, et qu'elle constitue un indicateur satisfaisant du niveau de confort dans la zone.

Les transferts radiatifs grande longueur d'onde vers l'extérieur (sol, ciel, bâtiments environnants,...) sont également inclus dans les coefficients  $h_{ext}$ . La donnée de la température de ciel n'est pas prise en compte dans ce modèle : le rayonnement supplémentaire par rapport au rayonnement calculé vers la température extérieure a une influence faible, surtout si la paroi émettrice est isolée.

## 1.2 Réduction des modèles de zone

Les équations du paragraphe précédent peuvent être formalisées par le système matriciel suivant.

$$\left. \begin{aligned} C \cdot \dot{T} &= A \cdot T + E \cdot U \\ Y &= J \cdot T + G \cdot U \end{aligned} \right\} \text{ système (1)}$$

où  $T$  est le champ discrétisé des températures des mailles

$U$  le vecteur des sollicitations (température extérieure, flux solaires...)

$Y$  le vecteur des sorties (température de la zone, températures équivalentes éventuelles)

$C$  la matrice diagonale des capacités thermiques

$A$  la matrice contenant les termes d'échange entre mailles

$E$  contient les termes d'échange entre mailles et sollicitations

$J$  relie les sorties aux températures des mailles

$G$  relie les sorties aux sollicitations

Le champ de température obtenu en régime permanent est défini par :

$$\dot{T} = 0, \text{ soit : } T = -A^{-1} \cdot E \cdot U$$

On peut écrire le champ de température  $T$  comme la somme d'un terme en régime permanent et d'un terme dynamique  $T_0$  :

$$T = T_0 - A^{-1} \cdot E \cdot U$$

En remplaçant  $T$  par cette valeur dans le système (1), on obtient:

$$\left. \begin{aligned} \dot{T}_0 &= C^{-1} \cdot A \cdot T_0 + A^{-1} \cdot E \cdot U \\ Y &= J \cdot T_0 + (G - J \cdot A^{-1} \cdot E) \cdot U \end{aligned} \right\} \text{ système (2)}$$

Un système de ce type est simple à résoudre si la dérivée d'une température n'est reliée qu'à cette même température, c'est à dire si la matrice  $C^{-1} \cdot A$  est diagonale. Cela est possible grâce à un changement de base, la nouvelle base étant formée des vecteurs propres de  $C^{-1} \cdot A$ . Le champ  $T$  des températures est transformé en vecteur d'état  $X$  par la relation :

$$T = P \cdot X$$

où P est la matrice de passage.  
Le système (2) est alors transformé en:

$$\left. \begin{aligned} \dot{X} &= F \cdot X + B \cdot \dot{U} \\ Y &= H \cdot X + S \cdot U \end{aligned} \right\} \text{ système (3)}$$

où F est une matrice diagonale dont le ième terme est  $-1/\tau_i$ ,  
 $\tau_i$  étant la ième constante de temps de la zone.  
On a de plus les relations :

$$\begin{aligned} B &= P^{-1} \cdot A^{-1} \cdot E \\ H &= J \cdot P \\ S &= G - J \cdot A^{-1} \cdot E \end{aligned}$$

Le deuxième avantage de ce changement de base est de pouvoir réduire l'ordre du modèle. En effet, certaines constantes de temps sont petites, et les termes correspondant du vecteur X atteignent très rapidement leur régime permanent. L'amplitude des variations de ces termes est souvent faible, et ils affectent peu l'évolution des variables de sortie. On peut alors les négliger dans le calcul de la partie dynamique To.

Il existe également des valeurs propres multiples, ce qui correspond au cas où plusieurs murs sont identiques. Dans ce cas, il suffit de considérer un seul vecteur propre: celui dont la valeur propre associée est légèrement supérieure à la valeur propre multiple. Les lignes du système matriciel qui correspondent aux valeurs propres multiples peuvent alors être négligées.

On obtient ainsi un modèle d'ordre réduit en ne conservant que les Nmodes plus grandes constantes de temps différentes. Nmodes est un paramètre du modèle, fixé à 6 dans le logiciel suite à des analyses de sensibilité. Pour chaque zone, on obtient alors le modèle réduit:

$$\left. \begin{aligned} \dot{X}_r &= F_r \cdot X_r + B_r \cdot \dot{U} \\ Y &= H_r \cdot X_r + S \cdot U \end{aligned} \right\} \text{ système (4)}$$

### 1.3 Principe du couplage des zones

Dans le système (4) précédent, le vecteur U des sollicitations contient la puissance interne P, la température extérieure, les divers flux solaires (si la zone est en contact avec l'extérieur) et, si il existe des zones adjacentes, des températures équivalentes qui sont en fait des sorties de ces zones. Le vecteur  $U_{total}$  formé par la réunion de toutes les sollicitations des différentes zones peut donc se décomposer en un vecteur  $U_g$  des sollicitations extérieures (température extérieure, flux solaires, puissances internes) et en un vecteur  $Y_g$  des variables de couplage (contenant les températures équivalentes). On sépare de même dans les matrices  $B_r$  et S les colonnes concernant  $U_g$ , que l'on regroupe dans les matrices  $B_g^\alpha$  et  $S_g^\alpha$ , et celles concernant  $Y_g$ , regroupées dans  $B_g^\beta$  et  $S_g^\beta$ .

Les états  $X_r$  sont placés bout à bout dans le vecteur  $X_g$ ,  $F_g$  contient de même toutes les matrices diagonales  $F_r$  et  $H_g$  toutes les matrices  $H_r$  placées en diagonale. On aboutit alors au système (5):

$$\begin{aligned} \dot{X}_g &= F_g \cdot X_g + B_g^\alpha \cdot \dot{U}_g + B_g^\beta \cdot \dot{Y}_g \\ Y_g &= H_g \cdot X_g + S_g^\alpha \cdot U_g + S_g^\beta \cdot Y_g \end{aligned} \quad \} \text{ système (5)}$$

Ce système peut alors être intégré sur un pas de temps  $\Delta t$ , ce qui permet d'obtenir les valeurs au temps  $(n+1) \cdot \Delta t$ , notées  $X_g^{n+1}$  et  $Y_g^{n+1}$ , en fonction des valeurs  $X_g^n$  et  $Y_g^n$  au temps  $n \cdot \Delta t$ . On note de même  $U_g^{n+1}$  et  $U_g^n$  les vecteurs des sollicitations aux temps  $(n+1) \cdot \Delta t$  et  $n \cdot \Delta t$ . Le système (5) devient après intégration:

$$\begin{aligned} X_g^{n+1} &= \exp(F_g \cdot \Delta t) \cdot X_g^n + W_{g\alpha} \cdot (U_g^{n+1} - U_g^n) + W_{g\beta} \cdot (Y_g^{n+1} - Y_g^n) \\ Y_g^{n+1} &= H_g \cdot X_g^{n+1} + S_g^\alpha \cdot U_g^{n+1} + S_g^\beta \cdot Y_g^{n+1} \end{aligned} \quad \} \text{ système (6)}$$

La matrice  $\exp(F_g \cdot \Delta t)$  est une matrice diagonale dont le  $i$ ème coefficient est  $\exp(-\Delta t/\tau_i)$ .

Les matrices  $W_{g\alpha}$  et  $W_{g\beta}$  sont reliées respectivement aux matrices  $B_g^\alpha$  et  $B_g^\beta$  par la relation :

$$W_{ij} = \frac{\tau_i}{\Delta t} \cdot (1 - \exp(-\Delta t/\tau_i)) \cdot B_{ij}$$

Pour résoudre ce système, on remplace  $X_g^{n+1}$  dans la deuxième équation par sa valeur, donnée par la première équation, pour aboutir au système (7) :

$$\begin{aligned} Y_g^{n+1} &= MGIF \cdot X_g^n + MGIE \cdot U_g^{n+1} - MGID \cdot U_g^n - MGIC \cdot Y_g^n \\ X_g^{n+1} &= e^{F_g \cdot \Delta t} \cdot X_g^n + W_{g\alpha} \cdot (U_g^{n+1} - U_g^n) + W_{g\beta} \cdot (Y_g^{n+1} - Y_g^n) \end{aligned} \quad \} \text{ système (7)}$$

$$\begin{aligned} \text{avec } MGIF &= (I - H_g \cdot W_{g\beta} - S_g^\beta)^{-1} \cdot H_g \cdot e^{F_g \cdot \Delta t} \\ MGIE &= (I - H_g \cdot W_{g\beta} - S_g^\beta)^{-1} \cdot (H_g \cdot W_{g\alpha} + S_g^\alpha) \\ MGID &= (I - H_g \cdot W_{g\beta} - S_g^\beta)^{-1} \cdot H_g \cdot W_{g\alpha} \\ MGIC &= (I - H_g \cdot W_{g\beta} - S_g^\beta)^{-1} \cdot H_g \cdot W_{g\beta} \end{aligned}$$

I étant la matrice identité.

#### 1.4 Calcul des sollicitations de flux solaire

Les flux solaires sur des plans d'orientation et d'inclinaison donnés sont calculés heure par heure à partir des données climatiques (rayonnement global horizontal  $G_h$ , diffus horizontal  $Dif_h$  et direct normal  $Dir_n$ ), les rayonnements diffus et réfléchi par le sol étant considérés comme isotropes.

## Notations

$n$  : numéro du jour de l'année (de 1 à 365)

$h_s$  : heure solaire

$\delta$  : déclinaison

$\phi$  : latitude

$\omega$  : angle horaire

$\beta$  : inclinaison de la paroi ( $0^\circ$  pour l'horizontale,  $90^\circ$  pour la verticale)

$\gamma$  : orientation de la paroi ( $0^\circ$  pour le sud,  $90^\circ$  pour l'ouest,  $180^\circ$  pour le nord,  $-90^\circ$  pour l'est)

La déclinaison se calcule par :

$$\delta = 23.45 \sin(360 \cdot (284+n)/365)$$

L'angle horaire se déduit de l'heure solaire par :

$$\omega = 15 \cdot (h_s - 12)$$

L'heure solaire  $h_s$  est déduite de l'heure légale  $h_l$  par :

$$h_s = h_l (-1 \text{ heure en été}) + 4 (-15 - \text{longitude}) + E$$

La longitude est négative à l'est du méridien de Greenwich. E est l'équation du temps :

$$E = 9.87 \sin 2B - 7.53 \cos B - 1.5 \sin B$$

$$\text{où } B = 360 \cdot (n-81) / 364$$

Le rayonnement global  $G_{incl}$  sur un plan d'inclinaison  $\beta$  et d'orientation  $\gamma$  est :

$$G_{incl} = Dir_n \cos \theta + Dif_h (1 + \cos \beta) / 2 + G_h \cdot \rho \cdot (1 - \cos \beta) / 2$$

Où  $Dir_n$  est le rayonnement direct normal,  $Dif_h$  le rayonnement diffus sur le plan horizontal et  $G_h$  le rayonnement global sur le plan horizontal (données d'entrée du fichier climatique), et

$\rho$  est le coefficient de réflexion du sol (aussi appelé « coefficient d'Albédo »), modifiable en fonction du type de sol autour de la paroi considérée (pelouse, bitume, terrasse claire...), une valeur de 0.2 étant communément considérée (des valeurs mois par mois peuvent être utilisées, par exemple pour tenir compte de la neige en hiver).

L'angle  $\theta$  entre le rayonnement direct du soleil et la normale au plan considéré est donné par :

$$\begin{aligned} \cos \theta = & \sin \delta \sin \phi \cos \beta - \sin \delta \cos \phi \sin \beta \cos \gamma + \cos \delta \cos \phi \cos \beta \cos \omega \\ & + \cos \delta \sin \phi \sin \beta \cos \gamma \cos \omega + \cos \delta \sin \beta \sin \gamma \sin \omega \end{aligned}$$

On distingue ensuite les masques « lointains » (autres bâtiments, arbres...) et les masques « intégrés » (balcon, avancée de toiture faisant partie du bâtiment lui-même). La prise en compte des masques lointains est différente pour le rayonnement direct et pour le rayonnement diffus. Si la hauteur angulaire du soleil est supérieure à la hauteur angulaire du masque pour l'azimut du soleil considéré, alors la paroi reçoit la totalité du rayonnement direct. Dans le cas contraire, le rayonnement est totalement arrêté par le

masque. En ce qui concerne le rayonnement diffus, le facteur d'ombre est indépendant du temps et vaut :

$$[ (\alpha_g - \alpha_d) / 180 ] \cdot [ \arctg(2 \cdot (h_m - h_p) / (d_g + d_d)) / (\pi - \beta) ]$$

où

$\alpha_g$  et  $\alpha_d$  sont les azimuts gauche et droit du masque

$d_g$  et  $d_d$  les distances gauche et droite à la paroi

$h_m$  et  $h_p$  sont la hauteur du masque et la hauteur moyenne par rapport au sol de la paroi ombragée.

Le facteur d'ombre des masques intégrés concernant le rayonnement direct est le ratio de la surface ombragée par la surface totale du vitrage ou de la paroi considérée. Cette surface ombragée est calculée géométriquement. En ce qui concerne le rayonnement diffus, on ne considère un facteur d'ombre que pour les masques situés au dessus de la surface considérée: arêtes horizontales, balcons, acrotères et retraits de fenêtre. Si  $a$  est l'avancée du masque,  $d$  le débord et  $h$  la hauteur de la surface considérée, le facteur d'ombre est :

$$\arctg(a / (d+h)) / (\pi - \beta)$$

En ce qui concerne les arêtes verticales, on considère que le rayonnement diffus réfléchi par une arête compense celui qu'elle intercepte, et donc le facteur d'ombre vaut 1 pour la partie diffuse.

Le flux solaire traversant les vitrages forme pour chaque zone une sollicitation unique, en prenant en compte éventuellement le pourcentage d'occultation donné par un scénario horo-journalier, le taux de transmission à travers les plantations (valeur variant mois par mois) et le facteur solaire  $\tau$  du vitrage, qui varie en fonction de l'angle d'incidence  $inc$  :

Pour un double vitrage,  $\tau = \tau_n \cdot \cos inc \cdot (2.5 - 1.56 \cos inc)$

Pour un simple vitrage,  $\tau = \tau_n \cdot \sqrt{[\cos inc \cdot (2.5 - 1.56 \cos inc)]}$

où  $\tau_n$  est le facteur solaire pour une incidence normale, compte tenu de la menuiserie.

## 1.5 Mise en oeuvre de la simulation

### 1.5.1 Initialisation

Les pièces non chauffées sont à une température initiale égale à la température extérieure, les pièces chauffées sont à la température de consigne du thermostat. La matrice de régime permanent permet de déduire les puissances de chauffage correspondant à ces consignes. Ces puissances sont alors introduites comme sollicitations dans le calcul du pas de temps suivant. Les termes dynamiques formant le vecteur d'état sont tous nuls. La simulation commence la nuit à 0h, et donc les températures équivalentes sont égales aux températures des zones, car il n'y a pas de flux solaire.

### 1.5.2 Sollicitation de puissance interne

Cette sollicitation ne concerne pas que l'équipement de chauffage/rafraîchissement, mais également la puissance dissipée à l'intérieur de la zone, la chaleur dégagée par les occupants, la partie variable de la ventilation extérieure, les échanges entre zones par mouvement d'air naturel, et les variations des déperditions dues aux occultations variables. Toutes ces puissances sont additionnées dans une sollicitation unique pour chaque zone, appliquée à la maille d'air (incluant également les cloisons légères).

Le terme concernant un équipement de chauffage/rafraîchissement est limité à  $P_{max}$ , puissance maximale que peut fournir l'équipement (en général, l'équipement est dimensionné à une puissance supérieure au maximum nécessaire pour atteindre la température de consigne).

La puissance  $P_{air}$  (en W) correspondant au renouvellement et aux infiltrations d'air est calculée en fonction du débit  $D_{air}$  (en  $m^3/h$ ) donné par l'utilisateur dans un scénario horo-journalier :

$$P_{air} = C_{air} D_{air} (T_{ext} - T_{zone})$$

En ce qui concerne les échanges par mouvement d'air naturel entre zones, une procédure itérative calcule l'énergie échangée en fonction de la moyenne sur le pas de temps de la différence de température entre les deux zones, selon les équations suivantes qui donnent la puissance échangée  $P$  en W :

- pour une porte

$$P = 44 \cdot A \cdot H^{0.5} \cdot \Delta T^{1.5}$$

$A$  étant la surface de la porte,  $H$  la hauteur et  $\Delta T$  la différence de température entre les deux zones.

- pour des événements (louvres), on a de même:

$$P = 154 \cdot A \cdot H^{0.5} \cdot \Delta T^{1.5}$$

$H$  étant ici la dénivellation entre les deux événements.

- pour un mur Trombe

$$P = 187 \cdot A \cdot H^{0.5} \cdot \Delta T \cdot (T_o - T_i)^{0.5}$$

$H$  étant la dénivellation entre les deux événements,  $T_o$  (resp.  $T_i$ ) la température de la zone sortie (resp. entrée).

Tous les autres termes inclus dans la puissance interne (ventilation mécanique entre deux zones, apports internes, chaleur des occupants, résistance thermique variable des occultations) sont déduits des scénarios horo-journaliers donnés par l'utilisateur.

La puissance échangée par ventilation mécanique entre deux zones est le produit du débit d'air  $D_{air}$  (en  $m^3/h$ ) par la chaleur volumique de l'air  $C_{air}$  et par la différence de température entre la zone où entre ce débit et la zone source. Dans le cas d'un débit d'air variable, une valeur moyenne est introduite dans le système d'équations, et les variations autour de cette moyenne sont introduites dans l'étape de simulation (comme les puissances échangées par mouvement d'air naturel).

### 1.5.3 Intégration et résultats

Un certain nombre de grandeurs sont intégrées sur la période de simulation : les charges de chauffage et (éventuellement) de rafraîchissement. Les températures maximale, minimale et moyenne pour chaque zone sont également déterminées.

Le logiciel fournit en sorties, heure par heure, les puissances thermiques (positives pour la chaleur, négatives pour le froid) et les températures des différentes zones. L'utilisateur peut ainsi connaître les besoins énergétiques et le niveau de confort du bâtiment pendant la période considérée.

## 2 Besoins énergétiques pour l'eau chaude sanitaire

Le volume  $V_{ecs}$  (en litres) d'eau à chauffer (ou le débit correspondant  $Decs$  en litres par heure) étant défini dans les conventions unifiées à chaque heure, les besoins d'énergie pour chauffer cette eau sont :

$$B_{ecs} = V_{ecs} \rho_{eau} C_{eau} (T_{chaud} - T_{froid})$$

Où  $C_{eau}$  est la chaleur massique de l'eau (1.16 Wh/ kg / K)

$\rho_{eau}$  est la masse volumique de l'eau (approximée à 1 kg / litre)

$T_{chaud}$  la température de l'eau chaude

$T_{froid}$  la température de l'eau froide, donnée heure par heure dans le fichier des données climatiques.

### *Eau chaude sanitaire solaire*

La puissance thermique en W transmise à l'eau dans un capteur solaire thermique est :

$$Q = A Fr [ G_{incl} \cdot \tau \cdot \alpha - U (T_{entrée} - T_{ext}) ]$$

où A est la surface du capteur,

$\tau$  le facteur solaire de la couverture transparente

$\alpha$  le facteur d'absorption de l'absorbeur

U : le coefficient de pertes thermiques du capteur (W/m<sup>2</sup>/K)

$T_{entrée}$  la température d'entrée de l'eau dans le capteur

Et Fr est donné par l'expression :

$$Fr = Dc C_{eau} (1 - \exp(-A U F' / Dc C_{eau})) / A U$$

Dc étant le débit dans la boucle de captage (en litres par heure) et F' le facteur d'efficacité du capteur, considéré égal à  $1 / (1 + 0.0088 U)$

Le ballon de stockage est modélisé par 100 couches d'eau afin de modéliser la stratification. Un bilan thermique est écrit pour chaque couche i de volume V, de section A et d'épaisseur e :

$$V \rho_{eau} C_{eau} \dot{T}_i = \delta_1 Dc C_{eau} (T_{sortie} - T_i) + \delta_2 D_{ecs} C_{eau} (T_{froid} - T_i) + D_{i-1} C_{eau} (T_{i-1} - T_i) + D_{i+1} C_{eau} (T_{i+1} - T_i) + \delta_3 UA_1 (T_{ech1} - T_i) + \delta_4 UA_2 (T_{ech2} - T_i) + k_{eau} A (T_{i+1} - T_i + T_{i-1} - T_i) / e - UA_{bi} (T_i - T_{ext}) + \delta_5 Q_{aux}$$

$\delta_1$  à  $\delta_6$  valant 1 si la maille i est concernée par l'échange et 0 sinon :

$\delta_1$  vaut 1 si la sortie de la boucle de captage arrive dans la maille i

$\delta_2$  vaut 1 si l'eau froide arrive dans la maille i

$\delta_3$  vaut 1 si il existe un échangeur de chaleur (de coefficient de transfert  $UA_1$ ) entre la boucle de captage et la maille  $i$

$\delta_4$  vaut 1 si il existe un échangeur de chaleur (de coefficient de transfert  $UA_2$ ) entre l'appoint et la maille  $i$

$\delta_5$  vaut 1 si il existe un appoint délivrant une puissance  $Q_{aux}$  dans la maille  $i$  (par exemple une résistance électrique)

$D_{i-1}$  et  $D_{i+1}$  sont respectivement les débits entre la maille  $i-1$  (resp.  $i+1$ ) et la maille  $i$  (en litres par heure)

$T_{i-1}$  et  $T_{i+1}$  sont respectivement les températures des maille  $i-1$  et  $i+1$

$k_{eau}$  est la conductivité thermique de l'eau en W/m/K

$UA_{bi}$  est le coefficient de pertes thermiques du ballon dans la maille  $i$  en W/K

Dans le cas d'un échangeur extérieur au ballon de stockage, les températures de sortie de l'échangeur du côté chaud  $T_{ho}$  et du côté froid  $T_{co}$  se calculent en fonction des températures d'entrée ( $T_{hi}$  et  $T_{ci}$ ) par :

$$T_{ho} = T_{hi} - \varepsilon C_{min} (T_{hi} - T_{ci}) / C_{max}$$

$$T_{co} = T_{ci} + \varepsilon C_{min} (T_{hi} - T_{ci}) / C_{max}$$

avec  $C_{min}$  : taux de capacité minimum =  $\min (D_c C_{eau}, D_e C_{eau})$

$C_{max}$  : taux de capacité maximum =  $\max (D_c C_{eau}, D_e C_{eau})$

où  $D_e$  est le débit dans la boucle entre l'échangeur et le ballon (en litres par heure).

Les pertes au niveau des tuyauteries sont représentées par l'équation suivante :

$$D_t C_{eau} T_t = UA_t (T_{ext} - T_t)$$

Où  $T_t$  (resp.  $D_t$ ) est la température (resp. le débit en litres par heure) dans la tuyauterie et  $UA_t$  le coefficient de transfert thermique de la tuyauterie en W/K.

Cet ensemble d'équations est résolu à chaque pas de temps. Si la température d'une maille du ballon devient supérieure à celle de la maille située juste au dessus, alors les deux températures sont remplacées par leur moyenne (ce qui correspond, dans la réalité, au mélange de l'eau des deux couches).

Les besoins énergétiques pour la préparation d'eau chaude sanitaire sont évalués sur la période de simulation en sommant les valeurs  $Q_{aux}$  pour chaque heure. La production assurée par l'énergie solaire est :

$$B_{ecs} - \sum Q_{aux}$$

### 3 Consommation d'énergie

Les valeurs des différents rendements (émission  $r_e$ , régulation  $r_r$ , distribution  $r_d$  et génération  $r_g$ ) sont issues des conventions unifiées.

Dans le cas du rafraîchissement, le rendement de génération est remplacé par le coefficient de performance du système.

La consommation énergétique  $C$  est déduite des besoins  $B$  calculés précédemment par la relation :

$$C = B / (r_e \cdot r_r \cdot r_d \cdot r_g)$$

Si la production d'eau chaude sanitaire est séparée du chauffage, les consommations sont évaluées séparément à partir des besoins respectifs pour le chauffage et l'eau chaude, en fonction des rendements respectifs des systèmes.

La consommation d'énergie assurée par le bois ou la biomasse est comptée séparément.

#### 4 Production d'énergie par un système photovoltaïque

L'intensité  $I$  en fonction de la tension  $V$  aux bornes d'un capteur photovoltaïque est calculée de la manière suivante :

$$I = \frac{G_{inclr}}{G_{inclr}} I_{Lr} - I_{0r} \frac{T_J^3}{T_{Jr}^3} \exp\left(\frac{N_C q \varepsilon_g}{\gamma k} \left(\frac{1}{T_{Jr}} - \frac{1}{T_J}\right)\right) \left\{ \exp\left[\frac{q}{\gamma k T_J} (V + I R_S)\right] - 1 \right\} - \frac{V + I R_S}{R_{SH}}$$

- avec
- $I$  : intensité aux bornes du capteur (A),
  - $V$  : tension aux bornes du capteur (V),
  - $I_{Lr}$  : photocourant de référence (A),
  - $G_{inclr}$  : rayonnement solaire de référence sur le plan du module (1000 W/m<sup>2</sup>)
  - $I_{0r}$  : courant de saturation inverse de diode de référence (A),
  - $T_J$  : température de jonction (K),
  - $T_{Jr}$  : température de jonction de référence (25°C soit 298.15 K),
  - $\varepsilon_g$  : gap du matériau, vaut 1.12eV pour le silicium cristallin
  - $q$  : charge de l'électron, soit 1.602 10<sup>-19</sup> C
  - $\gamma$  : paramètre d'ajustement, égal au nombre de cellules en série ( $N_C$ ) pour un module PV parfait, et est supérieur dans la pratique,
  - $k$  : constante de Boltzmann, 1.381 10<sup>-23</sup> J/K,
  - $R_S$  : résistance série,
  - $R_{SH}$  : résistance shunt.

La résistance shunt  $R_{SH}$ , si elle n'est pas donnée par le fabricant, peut être déduite de la courbes  $I = f(V)$  fournie (inverse de la pente de cette courbe pour le point de court-circuit, par exemple 500  $\Omega$  pour du silicium cristallin, 50  $\Omega$  pour du silicium amorphe).

Les paramètres  $I_{0r}$ ,  $I_{Lr}$ ,  $\gamma$  et  $R_S$  sont déterminés par les équations ci-dessous en fonction des données du fabricant :

- $I_{SCr}$  : courant de court circuit de référence ;
- $V_{OCr}$  : tension de circuit ouvert de référence (Volts) ;
- $V_{MPr}$  : tension de puissance maximale de référence (Volts) ;
- $I_{MPr}$  : intensité de puissance maximale de référence (A) ;
- $\mu_{Voc}$  : coefficient de dépendance en température de la tension de circuit ouvert (Volts/K) ;
- $\mu_{Isc}$  : coefficient de dépendance en température du courant de court circuit (A/K)

$$I_{Lr} = I_{SCr} \left( 1 + \frac{R_S}{R_{SH}} \right)$$

$$I_{0r} = \frac{I_{Lr} - \frac{V_{OCr}}{R_{SH}}}{\exp\left(\frac{q}{k\gamma T_{Jr}} V_{OCr}\right)}$$

$$\gamma = \frac{q}{kT_{Jr}} \frac{V_{MPr} - V_{OCr} + I_{MPr} R_S}{\ln\left(\frac{I_{Lr} - I_{MPr} - \frac{V_{MPr} + I_{MPr} R_S}{R_{SH}}}{I_{SCr} - \frac{V_{OCr}}{R_{SH}}}\right)}$$

$$\mu_{Voc} = \frac{\mu_{Isc} - \frac{I_{0r}}{T_{Jr}} \left(3 + \frac{Nc q \epsilon_g}{\gamma k T_{Jr}} - \frac{q V_{OCr}}{\gamma k T_{Jr}}\right) \exp\left(\frac{q}{\gamma k T_{Jr}} V_{OCr}\right)}{\frac{q}{k\gamma T_{Jr}} I_{0r} \exp\left(\frac{q}{k\gamma T_{Jr}} V_{OCr}\right) + \frac{1}{R_{SH}}}$$

La température de jonction dépend de l'intégration du module au bâti. Pour un module placé en extérieur, on a :

$$T_J = T_{ext} + G_{incl} \left( \frac{NOCT - T_{extNOCT}}{G_{NOCT}} \right) \left( 1 - \frac{\eta_{PV}}{\tau_{PV} \alpha_{PV}} \right)$$

avec

$NOCT$  : température normale de fonctionnement des cellules PV (donnée par le fabricant en K),

$G_{NOCT}$  : rayonnement correspondant au  $NOCT$  ( 800 W/m<sup>2</sup>),

$T_{extNOCT}$  : température ambiante correspondant au  $NOCT$  ( 20°C).

$\tau_{PV}$  : taux de transmission du vitrage du module PV à incidence normale (par défaut 0.85),

$\alpha_{PV}$  : coefficient d'absorption des cellules PV (par défaut 0.9),

$\eta_{PV}$  : rendement électrique du module PV (valeur nominale donnée par le fabricant, par exemple 0.15 pour du silicium polycristallin).

Pour un système raccordé au réseau, un régulateur fixe la tension V de manière à maximiser la puissance. V est déterminée par l'équation :

$$d(V \cdot I) / dV = 0$$

La puissance fournie par le module est alors déduite ( $P = V \cdot I$ ). Un onduleur transforme le courant continu fourni par les modules en courant alternatif, avec un rendement  $r_o$ , donc la puissance fournie à l'utilisateur est  $P \cdot r_o$ . La production d'énergie photovoltaïque est obtenue en intégrant la puissance fournie sur la période de simulation.

La méthode de calcul Comfie-DPE a été développée par le Centre Énergétique et Procédés de l'École des Mines de Paris

**ANNEXE 3 – Méthode DEL 6 –DPE (pages 85 à 94)**

## **Méthode DEL6**

**Version 1.0**

**24/07/2006**

## SOMMAIRE

<b>1</b>	<b>GÉNÉRALITÉS</b> .....	<b>92</b>
<b>2</b>	<b>CALCUL DES CARACTERISTIQUES DU BATI</b> .....	<b>92</b>
2.1	ISOLATION.....	
2.2	PROTECTION SOLAIRE.....	
2.3	INERTIE.....	
<b>3</b>	<b>CALCUL DES CONSOMMATIONS D'ENERGIE</b> .....	<b>3</b>
3.1	CHAPITRES UTILISÉS SANS MODIFICATION.....	
3.2	CHAPITRES MODIFIÉS.....	
3.3	CHAPITRES REMPLACÉS.....	
3.3.1	<i>consommations de chauffage</i> .....	
3.3.2	<i>consommations d'ECS</i> .....	
3.3.3	<i>consommations de refroidissement</i> .....	

## **1 Généralités**

L'objet de ce document est de définir une méthode conventionnelle pour le calcul des consommations d'énergie finales en secteur résidentiel pour les bâtiments existants.

Les consommations visées sont les suivantes :

1. consommations de chauffage hors auxiliaires,
2. consommations d'ECS hors auxiliaires,
3. Consommations de refroidissement hors auxiliaires,
4. consommations des auxiliaires,
5. consommation d'éclairage,
6. autres usages.

Suivant le type de partie du DPE (étiquette, consommations conventionnelles), tout ou partie des ces consommations peuvent être utilisées.

Les énergies finales ont vocation à être ensuite traduites en énergie primaire ou en impact CO2 équivalent suivant les coefficients de passage précisés dans les textes réglementaires.

La méthode s'appuie sur les règles Th Bat pour les calculs liés au bâti, et la méthode Th-CE 2005 pour le calcul des consommations d'énergie.

## **2 calcul des caractéristiques du bâti**

### **2.1 isolation**

Les caractéristiques d'isolation sont calculées conformément aux règles Th BAT – parties U pour les parois courantes.

Pour les parois concernées, on se référera au cahier du CSTB n° 1682 : "coefficients K des parois des bâtiment anciens" en substituant la valeur U à la valeur K.

### **2.2 Protection solaire**

Les caractéristiques de facteur solaire sont calculées conformément aux règles Th Bat partie Th S.

### **2.3 Inertie**

Les caractéristiques d'inertie sont calculées conformément aux règles Th Bat partie Th I.

### **3 Calcul des consommations d'énergie**

Les consommations d'énergie sont calculées conformément aux règles Th CE 2005 avec certaines adaptations. Suivant les cas, les différents éléments de la méthode sont utilisés sans modification, modifiés ou remplacés. On décrit dans ce qui suit ces modifications chapitre par chapitre.

#### **3.1 Chapitres utilisés sans modification**

1. GENERALITES
2. DEFINITIONS
3. DONNEES D'ENTREES
4. ARCHITECTURE DES CALCULS
5. CLIMAT
7. CARACTERISATION THERMIQUE DE L'ENVELOPPE
9. ECLAIRAGE
10. BESOINS D'EAU CHAUDE SANITAIRE

ANNEXE A CALCUL DES PUISSANCES MOYENNES DE VENTILATEURS

ANNEXE B CALCUL DES SYSTEMES D'EMISSION COMPOSITE

#### **3.2 Chapitre modifiés**

##### **6. LES SCENARIOS CONVENTIONNELS**

La phrase "Les vacances sont prises en compte uniquement pour les zones d'enseignement ainsi que pour les zones d'hébergement et de restauration qui leur sont associées. On considère que pendant ces périodes les températures de consigne sont les mêmes que pendant le week-end"

Est remplacée par :

"En secteur non résidentiel, les vacances sont prises en compte uniquement pour les zones d'enseignement ainsi que pour les zones d'hébergement et de restauration qui leur sont associées. On considère que pendant ces périodes les températures de consigne sont les mêmes que pendant les week-ends.

En secteur résidentiel, des vacances sont prises en compte. On considère une semaine de vacance pendant la saison de chauffe, du 5 au 11 février et, en été, du 23 Juillet au 5 août. En hiver les températures de consigne sont les mêmes que pendant les week-ends, en été, on considère sur le refroidissement est arrêté pendant les vacances"

## 8. CALCUL DES DEBITS D'AIR

Pour les systèmes de ventilation dont les caractéristiques ne seraient pas disponibles, on utilisera les valeurs par défaut suivantes :

Type de ventilation	Débit moyen m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> sh	SMEA m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup> sh sous 20 PA
Naturelle par ouverture des baies	1,5	0
Naturelle par entrée d'air / extraction	1,8	4
VMC classique non modulée	1,8	2
VMC classique modulée	1,5	2
VMC Hygroréglable type A	1,2	2
VMC Hygroréglable type B	1,0	1,5
VMC double flux avec échangeur de chaleur	1,5	0

Les valeurs de débit du tableau sont appliquées en périodes d'occupation et d'inoccupation.

Pour les systèmes double flux, on considère des débits soufflés et extraits égaux. Pour les autres systèmes, les débits sont considérés comme des débits extraits.

La perméabilité de l'enveloppe est calculée suivant le tableau suivant :

Type de fenêtres et de cheminée	Q <sub>4Pa</sub> m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup> sparext sous 4 PA
Fenêtres sans joints et cheminée sans trappe de fermeture	2,5
Fenêtres sans joints ou cheminée sans trappe de fermeture	2,0
Autres cas	1,5

## 11. COMPORTEMENT THERMIQUE D'UN GROUPE ET COUPLAGE AVEC LE SYSTEME D'EMISSION

Le calcul est effectué sans pertes de distribution et de génération, traité en termes de rendements

$$\Phi_i = \Phi_{svl} + F_{intc} + F_{sysc} + F_{recup}$$

Est donc remplacée par

$$\Phi_i = \Phi_{svl} + F_{intc} + F_{sysc}$$

## 12. EMISSION DE CHALEUR ET DE FROID

Pour prendre en compte la correction en cas de bâtiments fortement déperditif, l'équation

$$\theta_{ich} = \theta_{iich} + \delta\theta_{vsch} + \delta\theta_{vtch}$$

Est remplacée par :

$$\theta_{ich} = \theta_{iich} + \delta\theta_{vsch} + \delta\theta_{vtch} + \delta T_{cfd}$$

Avec

$$\delta T_{cfd} = - \max( 0, 0.5 (Depshon - 1))$$

$\delta T_{cfd}$  (valeur négative en K) correction de température de consigne pour les bâtiments anciens peu isolés.

Depshon : déperditions statiques (parois et ventilation) en  $W/(K.m^2SHON)$

#### 14. TRAITEMENT ET DISTRIBUTION D'AIR

Pour les systèmes double flux dont l'efficacité de l'échangeur n'est pas connue, on prend par défaut une valeur de 0,5.

#### 18. INSTALLATIONS SOLAIRES THERMIQUES

En cas de non disponibilité des caractéristiques de l'installation, on applique la méthode simplifiée du cahier des charges

Sinon on applique le chapitre, à l'exclusion des paragraphes 7, 8 et 9 du fait que ces éléments sont pris en compte dans le rendement de génération et de stockage.

#### 19. INSTALLATION SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUES

En cas de non disponibilité des caractéristiques de l'installation, on applique la méthode simplifiée du cahier des charges

#### 20. COEFFICIENT CEP DU BATIMENT

Le coefficient Cep du bâtiment est calculé par rapport à la surface habitable en substitution de la SHON

Pour l'étiquette, Les consommations peuvent être limitées à certains usages, définis dans les textes réglementaires afférents (par exemple chauffage, refroidissement et ECS).

Le calcul des impacts CO2 se fait suivant une approche analogue sur la base des coefficients d'équivalence énergie finale – impact CO2

### 3.3 Chapitres remplacés

Les paragraphes suivants relatifs au calcul des pertes récupérables et récupérés de la distribution et de la génération de chauffage :

13. DISTRIBUTION HYDRAULIQUE ET DE FLUIDE FRIGORIGENE
15. PERTES DE DISTRIBUTION DE L'EAU CHAUDE SANITAIRE
16. PERTES DE STOCKAGE HORS GENERATEURS STOCKEURS
17. GENERATION DE CHALEUR, DE FROID ET D'ECS

sont annulés et remplacés par ce qui suit :

#### 3.3.1 consommations de chauffage

Les consommations de chauffage Cch sont calculées par :

$$Cch = Cdep Bemch / ( Rd Rg )$$

avec

Cch : consommation de chauffage

Bemch : besoins de chauffage aux bornes de l'émetteur

Rd : rendement de distribution,

Rg rendement de génération

Cdep : coefficient correctif départemental

##### 3.3.1.1 Calcul de Bemch

Bemch est l'énergie à fournir aux bornes des émetteurs. Son calcul résulte de l'application du chapitre 12 modifié.

##### 3.3.1.2 Détermination des valeurs de Rd et Rg

Ces valeurs sont calculées conformément au cahier des charges

##### 3.3.1.3 Calcul de Cdep

$$Cdep = Dhrefdep / DhrefHij$$

Avec DhrefHij : degrés heures du département de référence de la zone ij indiqué dans la carte ci après

Dhrefdep : degrés heures de référence du département considéré, précisé dans la le tableau ci -après

---

	Dhref		Dhref		Dhref
01 - Ain	55000	32 - Gers	48000	64 - Pyrénées Atlantiques	35000
02 - Aisne	67000	33 - Gironde	55000	65 - Hautes Pyrénées	43000
03 - Allier	55000	34 - Hérault	56000	66 - Pyrénées Orientales	30000

04 - Alpes de Haute Provence	45000	35 - Ile et Vilaine	65000	67 - Bas Rhin	63000
05 - Hautes Alpes	47000	36 - Indre	59000	68 - Haut Rhin	64000
06 - Alpes Maritimes	31000	37 - Indre et Loire	56000	69 - Rhône	54000
07 - Ardèche	53000	38 - Isère	71000	70 - Haute Saône	62000
08 - Ardennes	64000	39 - Jura	68000	71 - Saône et Loire	57000
09 - Ariège	41000	40 - Landes	48000	72 - Sarthe	57000
10 - Aube	64000	41 - Loir et Cher	68000	73 - Savoie	55000
11 - Aude	36000	42 - Loire	56000	74 - Haute Savoie	58000
12 - Aveyron	45000	43 - Haute Loire	60000	75 - Paris	55000
13 - Bouches du Rhône	36000	44 - Loire Atlantique	65000	76 - Seine Maritime	58000
14 - Calvados	61000	45 - Loiret	62000	77 - Seine et Marne	62000
15 - Cantal	54000	46 - Lot	60000	78 - Yvelines	66000
16 - Charente	48000	47 - Lot et Garonne	50000	79 - Deux Sèvres	56000
17 - Charente Maritime	48000	48 - Lozère	48000	80 - Somme	64000
18 - Cher	58000	49 - Maine et Loire	55000	81 - Tarn	45000
19 - Corrèze	48000	50 - Manche	56000	82 - Tarn et Garonne	51000
2A - Corse du Sud	34000	51 - Marne	65000	83 - Var	31000
2B - Haute Corse	32000	52 - Haute Marne	59000	84 - Vaucluse	44000
21 - Côte d'Or	57000	53 - Mayenne	56000	85 - Vendée	50000
22 - Côtes d'Armor	51000	54 - Meurthe et Moselle	71000	86 - Vienne	56000
23 - Creuse	56000	55 - Meuse	68000	87 - Haute Vienne	54000
24 - Dordogne	48000	56 - Morbihan	48000	88 - Vosges	62000
25 - Doubs	57000	57 - Moselle	68000	89 - Yonne	62000
26 - Drôme	53000	58 - Nièvre	56000	90 - Territoire de Belfort	63000
27 - Eure	58000	59 - Nord	60000	91 - Essonne	61000
28 - Eure et Loir	63000	60 - Oise	65000	92 - Hauts de Seine	58000
29 - Finistère	55000	61 - Orne	62000	93 - Seine Saint Denis	58000
30 - Gard	36000	62 - Pas de Calais	60000	94 - Val de Marne	58000
31 - Haute Garonne	44000	63 - Puy de Dôme	50000	95 - Val d'Oise	61000

### 3.3.2 consommations d'ECS

Les consommations d'ECS sont calculées par

$$Cecs = Becs / ( Rd Rs Rg )$$

Avec

Becs : besoins d'ECS

Rd : rendement de distribution

Rs : rendement de stockage

Rg : rendement de génération

#### 3.3.2.1 *Calcul de Becs*

Becs correspond aux besoins d'ECS. Son calcul résulte de l'application du chapitre 10.

#### 3.3.2.2 *Détermination des valeurs de Rd Rs et Rg*

Ces valeurs sont calculées conformément au cahier des charges

### 3.3.3 consommations de refroidissement

les consommations de refroidissement sont calculées par

$$Cref = Bemref / Rdgref$$

Avec

Bemref : besoins de refroidissement aux bornes de l'émetteur

Rdgref : rendement de distribution génération pris égal à 2