

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

NOR : *SOCU0610563A*

[Version PDF imprimable](#)

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,  
Arrête :

Article 1<sup>er</sup>

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 DEL-6-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,  
A. 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,  
D. Maillard*

*Le ministre délégué à l'industrie,  
Pour le ministre et par  
délégation :  
Le directeur général de l'énergie  
et des matières premières,*

ANNEXE I  
MÉTHODE 3 CL-DPE  
**Algorithmes de la méthode 3 CL-V 15c**  
**(Calculs des consommations conventionnelles dans les logements)**  
S O M M A I R E

- 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 3 CL-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 1/9 Sh orientée entre sud-est et sud-ouest, sans masque).

Surface de mur (si inconnue = f (mitoyenneté ; SH ; forme ; HSP ; niveau) : Smur<sub>1</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>1</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>1</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>1</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>1</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 radiateurs.  
 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 avec échangeur).  
 % de surface climatisée.

## 1. Calcul des consommations de chauffage

$$C_{chPCI} = C_{chPCS}/p_{csi}$$

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

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

$$C_{chPCS} = B_{ch} \times I_{ch}$$

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

$$C_{chPCS} = B_{ch} \times (1-F_{ch}) \times I_{ch}$$

S'il y a un système de chauffage (I<sub>ch1</sub>) et un insert ou poêle à bois :

$$C_{ch1PCS} = 0.75 \times B_{ch} \times I_{ch1}$$

$$C_{ch2PCS} = 0.25 \times B_{ch} \times 2$$

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

$$C_{ch1PCS} = SH1/SH \times B_{ch} \times I_{ch1}$$

$$C_{ch2PCS} = SH2/SH \times B_{ch} \times I_{ch2}$$

$$C_{ch3PCS} = SH3/SH \times B_{ch} \times I_{ch3}$$

### 1.1. Calcul de B<sub>ch</sub>

$$B_{ch} = SH \times ENV \times METEO \times INT$$

#### 1.1.1. Calcul de ENV

ENV =

$$DP_{murs} + DP_{plafond} + DP_{plancher} + DP_{fenêtres} + DP_{portes} + DP_{véranda} + PT$$

$$2.5 \times Sh$$

+ RA

avec :

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

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

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

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

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

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

Les U<sub>murs</sub>, U<sub>sol</sub>, U<sub>toit</sub>, U<sub>fenêtres</sub>, U<sub>portes</sub>, U<sub>véranda</sub>, 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 RA :

TYPE DE VENTILATION	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 ≤ 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 :

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

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

**Smurs** :

NIV = 1 : maison sur un niveau

NIV = 1,5 : maison sur deux niveaux dont le dernier en combles habités

NIV = 2 : maisons sur deux niveaux

NIV = 2,5 : maison sur trois niveaux dont le dernier en combles habités

NIV = 3 : maisons sur trois niveaux

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

**Splafond** :

Si les combles sont habités : Splafond = 1,3 × SH/NIV – Sfenêstrestoit

Sinon Splafond = SH/NIV

#### Coefficients U des murs

1. Le coefficient Tau × K ou b × U du mur est connu : Umur à saisir

2. Le type de mur est inconnu, Umur<sub>i</sub> = :

ANNÉE de construction	H 1		H 2		H 3	
	« 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



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

ÉPAISSEUR CONNUE (EN CM)									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

ÉPAISSEUR CONNUE (EN CM)			INCONNUE
20 et –	23	25	
2.8	2.65	2.3	2.8

### Murs en béton banché

ÉPAISSEUR 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

ÉPAISSEUR CONNUE (EN CM)	
30	37.5
0.47	0.40

### Béton cellulaire

ÉPAISSEUR CONNUE (EN CM)									INCONNUE
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 lourds sauf :  $U_{mur_0} =$

– s'ils sont isolés par l'intérieur.

Les murs en ossature bois ; ossature métallique.

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).

### Coefficients U des planchers bas

Si le sol est sur terre-plein :  $U_{plancher} = 0$ .

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

1. Le type de plancher bas est inconnu,  $U_{plancher_i} =$  :

ANNÉE de construction	H 1		H 2		H 3	
	« 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) :

#### Coefficients U des planchers hauts

1. Le coefficient  $\tau \times K$  ou  $b \times U$  du plancher est connu : Uplafond à saisir  
2. Le type de plancher haut est inconnu,  $U_{\text{plafond}_i} =$  :

COMBLES						
ANNÉE de construction	H 1		H 2		H 3	
	« 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	

TERRASSE						
ANNÉE de construction	H 1		H 2		H 3	
	« 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,  $U_{\text{plafond}_0} =$  :

Les plafonds 10 peuvent être considérés comme « lourds ».

#### Coefficients U des fenêtres, porte-fenêtres :

1. Le coefficient K des fenêtres est connu :  $U_{\text{fenêtres}} = K$ .  
Le coefficient U des fenêtres est connu :  $U_{\text{fenêtres}} = U - 0,12$  (enlever 0,15 à  $U_{\text{fenêtres}}$  s'il y a des volets).  
2. Sinon,  $U_{\text{fenêtres}} =$  :  
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	4,0
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 :  $U_{\text{véranda}} = K$ .

Le coefficient U des baies de la véranda est connu :  $U_{\text{véranda}} = U - 0,12$  (enlever 0,15 à  $U_{\text{véranda}}$  s'il y a des volets).

2. Sinon,  $U_{\text{véranda}} =$  :

$U_{\text{véranda}}$  :

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	U PORTE
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 avec double vitrage	3,3
Portes simples en métal	Porte opaque pleine	5,8
	Porte avec vitrage simple	5,8
	Porte avec moins de 30 % de double vitrage	5,5
	Porte avec 30-60 % de double vitrage	4,8
Portes simples en PVC		3,5
Toute menuiserie	Porte opaque pleine isolée	2
Toute menuiserie	Porte précédée d'un sas	1,5

METEO = CLIMAT x COMPL

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

Calcul de COMPL :

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° .

$E = Pref \times Nref / 1000$  (selon méthode DEL. 2), 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 I

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

### 1.2. Calcul de Ich

Ich selon l'installation de chauffage :

INSTALLATION DE CHAUFFAGE	Rd	Re	Rg	Rr	ÉNERGIE
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 classe 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 x 10<sup>4</sup> x Bch  
si 2000 < Bch < 6000, Corch = 0.75 – 1.25 x 10<sup>4</sup> x Bch  
sinon, Corch =0

Si programmateur Pg = 0.97, sinon Pg = 1 :

1

$$I_{ch} = P_g \times$$

$$+ Corch$$

$$R_g \times R_e \times R_d \times R_r$$

(  
)

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.

$$\text{CecsPCI} = \text{CecsPCS} / \text{pcsi}$$

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

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

$$\text{CecsPCS} = \text{Becs} \times \text{lecs}$$

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

$$\text{CecsPCS} = \text{Becs} \times (1 - \text{Fecs}) \times \text{lecs}$$

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

$$\text{Cecs1PCS} = 0,5 \times \text{Becs} \times \text{lecs1}$$

$$\text{Cecs2PCS} = 0,5 \times \text{Becs} \times \text{lecs2}$$

### 2.1. Calcul de Becs

$$\text{Pour } \leq 27 \text{ m}^2 : \text{Qecs} = 17,7 \times \text{SH}$$

$$\text{Pour } \text{SH} > 27 \text{ m}^2 : \text{Qecs} = 470, \times \text{Ln}(\text{SH}) - 1075$$

Tef :



H1	10,5
H2	12
H3	14,5

$$\text{Beccs} = 1,163 \times \text{Qeecs} \times (40 - \text{Tef}) \times 48/1\,000.$$

## 2.2. Calcul de lecs

lecs selon l'installation :

INSTALLATION D'ECS	IECS		ÉNERGIE
	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 5 ans	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 < 5 ans
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
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	Fch (%)
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
Fech 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 : ;
- zone climatique été.

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

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

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

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

### 4. Prise en compte de systèmes particuliers

Production d'électricité par des capteurs photovoltaïques (P<sub>pv</sub>) :

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

Production d'électricité par un micro-éolienne (P<sub>eo</sub>) :

$$P_{eo} = 2\,000 \text{ (kWh/an)}$$

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<sub>co</sub> C<sub>ch</sub>/8

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

Puit provençal (canadien) :

Remplacer a<sub>RA</sub> par 0,15

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

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

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

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

Année de construction (< 1 975 ; 75-77 ; 78-82 ; 83-88 ; 89-2000 ; > 2 000)

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

Périmètre donnant sur les circulations communes : PER<sub>inc</sub>

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 1/9 Sh orientée entre sud-est et sud-ouest, sans masque)

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

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

Isolation du mur (coefficient U<sub>mur</sub> ou Risolant ou épaisseur isolant ou année des travaux d'isolation)

Surface fenêtres (m<sup>2</sup>) en tableau : Sfenêtres  
 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 : 2 m<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/vidé-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 radiateurs.  
 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 avec échangeur)  
 Pourcentage de surface climatisé ; système de refroidissement

## 0. Calcul des consommations de chauffage

$$C_{chPCI} = C_{chPCS}/p_{csi}$$

Pour les conversions en énergie primaire et en CO<sub>2</sub>, on retiendra Cch<sub>p<sub>ci</sub></sub>.

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

$$C_{chPCS} = B_{ch} \times l_{ch}$$

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

$$C_{chPCS} = B_{ch} \times (1-F_{ch}) \times l_{ch}$$

S'il y a un système de chauffage (lch1) et un insert ou poêle à bois :

$$C_{ch1PCS} = 0.75 \times B_{ch} \times l_{ch1}$$

$$C_{ch2PCS} = 0.25 \times B_{ch} \times 2$$

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

$$C_{ch1PCS} = SH1/SH \times B_{ch} \times l_{ch1}$$

$$C_{ch2PCS} = SH2/SH \times B_{ch} \times l_{ch2}$$

$$C_{ch3PCS} = SH3/SH \times B_{ch} \times l_{ch3}$$

### 4.1. Calcul de Bch

$$B_{ch} = SH \times ENV \times METEO \times INT$$

#### 4.1.1. Calcul de ENV

ENV =

$$DP_{murs} + DP_{m1nc} + DP_{plafond} + DP_{plancher} + DP_{fenêtres} + DP_{portes} + DP_{véranda} + PT$$

+  $a_{RA}$ 

avec :

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

$$DP_{m1nc} \times S_{m1nc} \text{ (mur su circulation)}$$

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

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

$$DP_{fen\hat{e}tres} = S_{fen\hat{e}tres1} \times U_{fen\hat{e}tres1} + S_{fen\hat{e}tres2} \times U_{fen\hat{e}tres2} + S_{fen\hat{e}tres3} \times U_{fen\hat{e}tres3}$$

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

$$DP_{v\acute{e}randa} = S_{v\acute{e}randa1} \times U_{v\acute{e}randa1} + S_{v\acute{e}randa2} \times U_{v\acute{e}randa2} + S_{v\acute{e}randa3} \times U_{v\acute{e}randa3}$$

Les  $U_{murs}$ ,  $U_{sol}$ ,  $U_{toit}$ ,  $U_{fen\hat{e}tres}$ ,  $U_{portes}$ ,  $U_{v\acute{e}randa}$ , 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 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 :

$$\begin{aligned} HSP \\ CORH = \\ 2.5 \end{aligned}$$

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 (poubelle, vélo,...)	0,85
Commerce	0,5

Position en étage de l'appartement pour déterminer Cf :  
 Appartements n'ayant aucune déperdition en plancher bas :

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
10 b	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	lttc/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
10 b	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

ktte/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

METEO = CLIMAT x COMPL

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

Calcul de COMPL :

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°.

$E = Pref \times Nref / 1000$  (selon méthode DEL. 2), par département – Ensoleillement sur ( $kWh/m^2$ ) – Valeurs en annexe 1.

Zone climatique : les localités situées à plus de 800 m 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

#### 4.2. Calcul de Ich

Ich selon l'installation de chauffage :

INSTALLATION DE CHAUFFAGE	Rd	Re	Rg	Rr	ÉNERGIE
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 programmeur  $Pg = 0.97$ , sinon  $Pg = 1$  (en chauffage collectif, correspond à la possibilité d'avoir un réduit de nuit) :

1

$$I_{ch} = P_g \times$$

$$+ Corch$$

$$R_g \times R_e \times R_d \times R_r$$

(  
)

## 2. Calcul des consommations d'ECS

Données d'entrée :

- surface habitable ( $m^2$ ) : 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.

$$C_{ecs_{pci}} = C_{ecs_{pcs}} / p_{csi}$$

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

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

$$C_{ecs_{pcs}} = B_{ecs} \times l_{ecs}$$

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

$$C_{ecs_{pcs}} = B_{ecs} \times (1 - F_{ecs})$$

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

$$C_{ecs1_{pcs}} = 0.5 \times B_{ecs} \times l_{ecs1}$$

$$C_{ecs2_{pcs}} = 0.5 \times B_{ecs} \times l_{ecs2}$$

### 2.1. Calcul de $B_{ecs}$

Pour  $SH \leq 27 m^2$  :  $Q_{ecs} = 17.7 \times SH$ .

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

Tef :

H1	10.5
H2	12
H3	14.5

$$B_{ecs} = 1.163 \times Q_{ecs} \times (40 - T_{ef}) \times 48 / 1000$$

### 2.2. Calcul de $l_{ecs}$

INSTALLATION D'ECS	IECS	ÉNERGIE
Chauffe-eau électrique installé il y a plus de 15 ans	ver : 1,57 / hor :	électrique

	1,72	
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 5 ans	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
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

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

Données d'entrée :

- surface habitable (m<sup>2</sup>) : SH ;
- pourcentage de surface habitable climatisée : ;
- position en étage : dernier étage / autre ;
- département : zone climatique été (annexe I).

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

Si le refroidissement (rafraîchissement) est individuel :

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

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

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

R <sub>clim</sub>		AUTRE	DERNIER ÉTAGE
	Ea	1,5	2
	Eb	2	3Zone
	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

$$Cch_{pci} = Cch_{pcs} / p_{csi}$$

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

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 =

DPmurs + DPplafond + DPplancher + DPfenêtres + DPportes + DPvéranda + PT

$$2.5 \times Sbat$$

+ RA

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 laux
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 :

$$HSP \\ CORH =$$

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 × Sbat/NIV	0
Mixte terrasse/combles	0.5 × Sbat/NIV	0.5 × 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

INSTALLATION DE CHAUFFAGE	Rd	Re	Rg	Rr	ÉNERGIE « tarif collectif »	IND/COLL
Chaudière collective gaz installée avant 1988	Rd 1	0,95	0,65	Rr 1	Gaz	
Chaudière collective fioul installée avant 1988	Rd 1	0,95	0,65	Rr 1	Fioul	
Chaudière collective gaz sur sol installée avant 1988 et changement de brûleur	Rd 1	0,95	0,7	Rr 1	Gaz	
Chaudière collective fioul sur sol installée jusqu'à 1988 et changement de brûleur	Rd 1	0,95	0,7	Rr 1	Fioul	
Chaudière collective gaz installée entre 1989 et 2000	Rd 1	0,95	0,75	Rr 1	Gaz	
Chaudière collective fioul installée entre 1989 et 2000	Rd 1	0,95	0,75	Rr 1	Fioul	
Chaudière collective gaz installée à partir de 2001	Rd 1	0,95	0,8	Rr 1	Gaz	
Chaudière collective fioul installée à partir de 2001	Rd 1	0,95	0,8	Rr 1	Fioul	
Chaudière collective gaz condensation	Rd 1	0,95	0,85	Rr 1	Gaz	
Chaudière collective fioul condensation	Rd 1	0,95	0,85	Rr 1	Fioul	
Chaudière collective bois classe inconnue	Rd 1	0,95	0,4	Rr 1	Bois	
Chaudière collective bois classe 1	Rd 1	0,95	0,45	Rr 1	Bois	

Chaudière collective bois classe 2	Rd 1	0,95	0,5	Rr 1	Bois	
Chaudière collective bois classe 3	Rd 1	0,95	0,55	Rr 1	Bois	
Chaudière collective charbon	Rd 1	0,95	0,5	Rr 1	Charbon	
Réseau de chaleur	Rd 1	0,95	0,9	Rr 1	Réseau de chaleur	
Chaudière collective électrique	Rd 1	0,95	0,95	Rr 1	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 A 1 = 1 ; A 2 = 0.6
Pompe à chaleur collective air/eau + VCV ou radiateurs	Rd 1	0,95	2,6	Rr 1	Electrique	Ce A 1 = 1 ; A 2 = 0.85
Pompe à chaleur collective air/eau + plancher	Rd 1	1,00	2,6	Rr 1	Electrique	Ce A 1 = 1 ; A 2 = 0.85
Pompe à chaleur collective eau/eau + VCV ou radiateurs	Rd 1	0,95	3,2	Rr 1	Electrique	C A 1 = A 2 = 1
Pompe à chaleur collective eau/eau + plancher	Rd 1	1,00	3,2	Rr 1	Electrique	C A 1 = A 2 = 1
Pompe à chaleur géothermique + VCV ou radiateurs	Rd 1	0,95	4	Rr 1	Electrique	C A 1 = A 2 = 1
Pompe à chaleur géothermique + plancher	Rd 1	1,00	4	Rr 1	Electrique	C A 1 = A 2 = 1
Plancher accumulation électrique	1	1,00	1	0,9	Electrique	Ce A 1 = 1 ; A 2 = 0.6
Plafond rayonnant électrique	1	0,98	1	0,9	Electrique	Ce A 1 = 1 ; A 2 = 0.6

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

Si Ind/coll = ce alors base= (si appoint individuel A 2 sinon A 1) et appoint = – base

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

Rr 1 = 0,95 si les radiateurs sont munis de robinets thermostatiques ; 0,9 sinon

Rr 2 = 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.

	Rd 1	
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 :

	Rg
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 # lch1 ;

Chaudière 2 # lch 2 ;

$lch = 0,7 \times \min(lch1 ; lch 2) + 0,3 \times \max(lch 1 ; lch 2)$ .

## 2. Calcul des consommations d'ECS

$$Cecs_{pci} = Cecs_{pcs} / pcsi$$

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

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

$$Cecsi_{pcs} = Becs \times lecs$$

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

$$Cescspcs = Becs \times (1 - Fecs)$$

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

$$Cecs1_{pcs} = 0.5 \times Becs \times lecs1$$

$$Cecs2_{pcs} = 0.5 \times Becs \times lecs2$$

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 un comptage individuel, le calcul se fait avec les coefficients lecs 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.

INSTALLATION D'ECS	lecs	ÉNERGIE TARIF « collectif »
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

Cclimc.

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.

$C_{clim} = (R_{climd} \times S_{climd} + R_{clima} \times S_{clima}) \times COR_{clim}$ .

Calcul de Rclim :

	Rclima	Rclimd
Ea	1.5	2
Eb	2	3Zone
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 lch 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

Le 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 : ;
- 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 :

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

Calcul de Rclim :



Rclim		AUTRE	DERNIER ÉTAGE
	Ea	1.5	2
	Eb	2	3Zone
	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 Cxx<sub>pci</sub>.

	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

$$Cxx_{pci} = Cxx_{pcs} / p_{psi}$$

#### Données météorologiques

	Nref (h)	Dhref	Pref (W/m <sup>2</sup> )	C3 (h/m)	C4 (h/km)	ZONE ÉTÉ	ZONE HIVER Hx	T° EXT. de base	E (kW/h/m <sup>2</sup> )	Cl alt. max.
01 – Ain	4 900	55 000	80	1,5	–	Ec	1	– 10	392	5
02 – Aisne	5 800	67 000	73	–	–	Ea	1	– 7	423	1
03 – Allier	5 100	55 000	79	1,5	–	Ec	1	– 8	403	4
04 – Alpes-de-Haute-Provence	4 100	45 000	132	1,5	–	Ed	2	– 8	541	6
05 – Hautes-Alpes	4 200	47 000	130	1,5	–	Ed	1	– 10	546	6
06 – Alpes-Maritimes	3 900	31 000	135	1,8	5	Ed	3	– 5	527	6
07 – Ardèche	4 900	53 000	100	1,5	–	Ed	2	– 6	490	5
08 – Ardennes	5 600	64 000	71	–	–	Eb	1	– 10	398	2
09 – Ariège	4 400	41 000	110	1,5	–	Ec	2	– 5	484	6
10 – Aube	5 500	64 000	74	–	–	Eb	1	– 10	407	1
11 – Aude	4 000	36 000	110	1,8	5	Ed	3	– 5	440	6
12 – Aveyron	4 400	45 000	100	1,5	–	Ec	2	– 8	440	4
13 – Bouches-du-Rhône	4 000	36 000	132	1,8	5	Ed	3	– 5	528	3
14 – Calvados	4 700	61 000	79	–	5	Ea	1	– 7	371	1
15 – Cantal	5 000	54 000	87	1,5	–	Ec	1	– 8	435	5
16 – Charente	5 000	48 000	87	–	–	Ec	2	– 5	435	1
17 – Charente-Maritime	5 000	48 000	88	–	5	Ec	2	– 5	440	1

18 – Cher	5 300	58 000	79	–	–	Eb	2	– 7	419	2
19 – Corrèze	5 000	48 000	85	1,5	–	Ec	1	– 8	425	3
2A – Corse-du-Sud	4 200	34 000	126	1,8	5	Ed	3	– 2	529	6
2B – Haute-Corse	4 000	32 000	126	1,8	5	Ed	3	– 2	504	6
21 – Côtes-d’Or	4 900	57 000	73	1,5	–	Ec	1	– 10	358	2
22 – Côte-d’Armor	5 400	51 000	79	–	5	Ea	2	– 4	427	1
23 – Creuse	5 200	56 000	84	1,5	–	Ec	1	– 8	437	3
24 – Dordogne	5 000	48 000	87	–	–	Ec	2	– 5	435	2
25 – Doubs	5 000	57 000	71	1,5	–	Ec	1	– 12	355	4
26 – Drôme	4 800	53 000	110	1,5	–	Ed	2	– 6	528	6
27 – Eure	5 500	58 000	78	–	5	Ea	1	– 7	429	1
28 – Eure-et-Loir	5 600	63 000	78	–	–	Eb	1	– 7	437	1
29 – Finistère	5 800	55 000	79	–	5	Ea	2	– 4	458	1
30 – Gard	4 000	36 000	125	1,8	5	Ed	3	– 5	500	4
31 – Haute-Garonne	4 500	44 000	98	1,5	–	Ec	2	– 5	441	6
32 – Gers	4 800	50 000	92	–	–	Ec	2	– 5	442	1
33 – Gironde	4 500	41 000	91	–	5	Ec	2	– 5	410	1
34 – Hérault	4 100	38 000	120	1,8	5	Ed	3	– 5	492	3
35 – Ille-et-Vilaine	4 300	53 000	79	–	5	Ea	2	– 5	340	1
36 – Indre	4 300	59 000	84	–	–	Eb	2	– 7	361	2
37 – Indre-et-Loire	4 300	57 000	85	–	–	Eb	2	– 7	366	1
38 – Isère	4 800	55 000	100	1,5	–	Ec	1	– 10	480	6
39 – Jura	4 900	55 000	74	1,5	–	Ec	1	– 10	363	4
40 – Landes	4 400	42 000	94	–	5	Ec	2	– 5	414	1
41 – Loir-et-Cher	5 400	59 000	82	–	–	Eb	2	– 7	443	1
42 – Loire	4 900	52 000	83	1,5	–	Ec	1	– 10	407	5
43 – Haute-Loire	5 000	54 000	92	1,5	–	Ec	1	– 8	460	5
44 – Loire-Atlantique	4 900	48 000	82	–	5	Eb	2	– 5	402	1
45 – Loiret	5 400	61 000	78	–	–	Eb	1	– 7	421	1
46 – Lot	4 600	45 000	88	1,5	–	Ec	2	– 6	405	2
47 – Lot-et-Garonne	5 000	53 000	87	–	–	Ec	2	– 5	435	1
48 – Lozère	4 600	48 000	100	1,5	–	Ed	2	– 8	460	5
49 – Maine-et-Loire	5 200	55 000	83	–	–	Eb	2	– 7	432	1
50 – Manche	5 700	56 000	76	–	5	Ea	2	– 4	433	1
51 – Marne	5 600	65 000	74	–	–	Eb	1	– 10	414	1
52 – Haute-Marne	5 200	59 000	73	1,5	–	Eb	1	– 12	380	2
53 – Mayenne	5 200	56 000	81	–	–	Eb	2	– 7	421	2
54 – Meurthe-et-Moselle	5 800	71 000	69	–	–	Eb	1	– 15	400	2
55 – Meuse	5 600	68 000	71	–	–	Eb	1	– 12	398	2
56 – Morbihan	5 100	48 000	79	–	5	Ea	2	– 4	403	1
57 – Moselle	5 600	68 000	69	–	–	Eb	1	– 15	386	3
58 – Nièvre	5 200	56 000	76	1,5	–	Eb	1	– 10	395	3
59 – Nord	5 500	60 000	69	–	5	Ea	1	– 9	380	1
60 – Oise	5 700	65 000	75	–	–	Ea	1	– 7	428	1
61 – Orne	5 600	62 000	79	–	–	Ea	1	– 7	442	2
62 – Pas-de-Calais	5 500	60 000	69	–	5	Ea	1	– 9	380	1
63 – Puy-de-Dôme	4 800	50 000	83	1,5	–	Ec	1	– 8	398	5
64 – Pyrénées-Atlantiques	5 200	35 000	98	1,8	5	Ec	2	– 5	510	6

65 – Hautes-Pyrénées	5 600	43 000	98	1,5	–	Ec	2	– 5	549	6
66 – Pyrénées-Orientales	3 700	30 000	130	1,8	5	Ed	3	– 5	481	6
67 – Bas-Rhin	5 200	63 000	66	1,5	–	Eb	1	– 15	343	3
68 – Haut-Rhin	5 300	64 000	69	1,5	–	Eb	1	– 15	366	4
69 – Rhône	4 900	54 000	80	1,5	–	Ec	1	– 10	392	3
70 – Haute-Saône	5 300	62 000	71	1,5	–	Eb	1	– 12	376	4
71 – Saône-et-Loire	5 200	57 000	74	1,5	–	Ec	1	– 10	385	3
72 – Sarthe	5 300	57 000	82	–	–	Eb	2	– 7	435	1
73 – Savoie	4 600	55 000	100	1,5	–	Ec	1	– 10	460	6
74 – Haute-Savoie	4 900	58 000	80	1,5	–	Ec	1	– 10	392	6
75 – Paris	5 100	55 000	66	–	–	Eb	1	– 5	337	1
76 – Seine-Maritime	5 500	58 000	76	–	5	Ea	1	– 7	418	1
77 – Seine-et-Marne	5 500	62 000	72	–	–	Eb	1	– 7	396	1
78 – Yvelines	5 800	66 000	72	–	–	Eb	1	– 7	418	1
79 – Deux-Sèvres	5 300	56 000	85	–	–	Eb	2	– 7	451	1
80 – Somme	5 800	64 000	73	–	5	Ea	1	– 9	423	1
81 – Tarn	4 400	45 000	100	1,5	–	Ec	2	– 5	440	4
82 – Tarn-et-Garonne	4 800	51 000	90	–	–	Ec	2	– 5	432	2
83 – Var	3 900	31 000	132	1,8	5	Ed	3	– 5	515	5
84 – Vaucluse	4 600	44 000	126	1,5	–	Ed	2	– 6	580	5
85 – Vendée	5 200	50 000	85	–	5	Eb	2	– 5	442	1
86 – Vienne	5 300	56 000	86	–	–	Eb	2	– 7	456	1
87 – Haute-Vienne	5 200	54 000	86	1,5	–	Ec	1	– 8	447	2
88 – Vosges	5 300	62 000	71	1,5	–	Eb	1	– 15	376	4
89 – Yonne	5 400	62 000	76	–	–	Eb	1	– 10	410	2
90 – Territoire de Belfort	5 300	63 000	70	1,5	–	Eb	1	– 15	371	4
91 – Essonne	5 500	61 000	72	–	–	Eb	1	– 7	396	1
92 – Hauts-de-Seine	5 300	58 000	66	–	–	Eb	1	– 7	350	1
93 – Seine-Saint-Denis	5 300	58 000	66	–	–	Eb	1	– 7	350	1
94 – Val-de-Marne	5 300	58 000	66	–	–	Eb	1	– 7	350	1
95 – Val-d'Oise	5 500	61 000	72	–	–	Eb	1	– 7	396	1

CLIMAT = DHcor/1000,

avec :

$DH_{cor} = D_{href} + [(N_{ref}/C2) + 5] \times dN$ .

Si C4 = – ; C2 = 340 sinon C2 = 400.

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

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 – 1 200 m	1 100
1 201 – 1 600 m	1 500
1 601 – 2 000 m	1 900
> 2 000 m	2 100

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

Si altitude < 200 m ; corText = 0

Si  $200 \text{ m} \leq \text{altitude} \leq 400$  corText = 1° C

Si altitude > 400 :

Pour les départements 5 ; 13 ; 30 ; 31 ; 34 ; 64 ; 65 ; 65 ; 66 ; 81 ; 83, corText =  $2 \times \left[ \frac{\text{altitude} - 400}{100} + 1 \right]$ .

Pour les autres départements, corText =  $1 \times \left[ \frac{\text{altitude} - 400}{100} + 1 \right]$ .

Text base corrigée : Text base – corText

### Départements et classes extrêmes d'altitude

DÉPARTEMENT	MINI	MAXI
01	1	5
02	1	1
03	1	4
04	1	6
05	2	6
06	1	6
07	1	5
08	1	2
09	1	6
10	1	1
11	1	6
12	1	4
13	1	3
14	1	1
15	1	6
16	1	1
17	1	1
18	1	2
19	1	3
2A	1	6
2B	1	6
21	1	2
22	1	1
23	1	3
24	1	2
25	1	4
26	1	6
27	1	1
28	1	1
29	1	1
30	1	4
31	1	6
32	1	1
33	1	1
34	1	3
35	1	1
36	1	2
37	1	1
38	1	6
39	1	4

40	1	1
41	1	1
42	1	5
43	1	5
44	1	1
45	1	1
46	1	2
47	1	1
48	1	5
49	1	1
50	1	1
51	1	1
52	1	2
53	1	2
54	1	2
55	1	2
56	1	1
57	1	3
58	1	3
59	1	1
60	1	1
61	1	2
62	1	1
63	1	5
64	1	6
65	1	6
66	1	6
67	1	3
68	1	4
69	1	3
70	1	4
71	1	3
72	1	1
73	1	6
74	1	6
75	1	1
76	1	1
77	1	1
78	1	1
79	1	1
80	1	1
81	1	4
82	1	2
83	1	5
84	1	5
85	1	1
86	1	1
87	1	2

88	1	4
89	1	2
90	1	4
91	1	1
92	1	1
93	1	1
94	1	1
95	1	1

Codification des tranches d'altitude :

ALTITUDE	CODE
0 – 400 m	1
401 – 800 m	2
801 – 1 200 m	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 ( $1/\text{régénération} \times \text{redistribution} \times \text{rémission} \times \text{régulation}$ ).

SH : surface habitable de la maison ( $\text{m}^2$ ).

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 ( $\text{m}^2$ ).

S plafond : surface de plafond ( $\text{m}^2$ ).

S plancher : surface de plancher ( $\text{m}^2$ ).

S fenêtres : surface de fenêtres ( $\text{m}^2$ ).

S portes : surface de porte ( $\text{m}^2$ ).

S véranda : surface de véranda ( $\text{m}^2$ ).

U murs : coefficient de déperditions thermiques des murs sur extérieur ( $\text{W}/\text{m}^2.\text{K}$ ).

U plafond : coefficient de déperditions thermiques du plafond ( $\text{W}/\text{m}^2.\text{K}$ ).

U plancher : coefficient de déperditions thermiques du plancher ( $\text{W}/\text{m}^2.\text{K}$ ).

U fenêtres : coefficient de déperditions thermiques des fenêtres ( $\text{W}/\text{m}^2.\text{K}$ ).

U portes : coefficient de déperditions thermiques des portes ( $\text{W}/\text{m}^2.\text{K}$ ).

U véranda : coefficient de déperditions thermiques des vérandas ( $\text{W}/\text{m}^2.\text{K}$ ).

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).  
lecs : l'inverse du rendement moyen annuel de l'installation d'eau chaude sanitaire (1. régénération x redistribution x restockage).  
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 (Electricité de France, Gaz de France), des filières professionnelles (Chaleur Fioul, Charbonnages de France), des bureaux d'études (Tribu Energie, CoSTIC) et des organismes de certification de la qualité des constructions (Qualitel-Cerqual, Promotelec).

## ANNEXE II MÉTHODE COMFIE-DPE 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  $7 \text{ Wh/K/m}^2$ ), 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  $< 7 \text{ Wh/[m}^2.K]$ ) 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  $\text{kg/m}^3$ .  
 $k$  : conductivité thermique d'un matériau en  $\text{W/m/K}$ .  
 $c$  : chaleur massique d'un matériau en  $\text{Wh/kg/K}$ .  
 $U$  : coefficient de transfert thermique d'une paroi en  $\text{W/m}^2/\text{K}$ .  
 $A$  : 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 ( $\text{W/K}$ ).  
 $UA_v$  : coefficient de transfert par un vitrage ( $\text{W/K}$ ).  
 $h$  : coefficient de transfert thermique superficiel (incluant les transferts radiatifs et convectifs), indice int (resp. ext) côté intérieur (resp. extérieur).  
 $y_L$  : coefficient de transfert global correspondant aux ponts thermiques entre une zone et l'extérieur ( $\text{W/K}$ ).  
 $T$  : température.  
 $\dot{T}$  : 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 ( $\text{Wh/K}$ ).  
 $Q'_{\text{sol}}$  : flux solaire net restant dans la zone en  $\text{W}$ .  
 $Q_{\text{sw}}$  : rayonnement solaire incident sur un mur opaque ( $\text{W/m}^2$ ).  
 $T_{\text{eq}}$  : température équivalente (sortie du système d'équations d'une zone adjacente).  
 $\alpha$  : facteur d'absorption d'une surface.  
 $t$  : 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 ( $T_{\text{sol}}$  : température du sol à 10 m de profondeur).  
zone : zone ( $T_{\text{zone}}$  : température de la zone considérée).

### Maille correspondant au volume d'air

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  $k$ ,  $\rho$ ,  $c$ ,  $y$  donnés dans les textes réglementaires peuvent être considérés.

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

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

Le flux solaire net restant dans la zone est :

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

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  $Q_{\text{sol}}$  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**  
**Maille intermédiaire**  
**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.

**Coefficients de transfert superficiels ( $h_{int}$  et  $h_{ext}$ )**

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 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 .

POSITION	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.

$$C \cdot T = A \cdot T + E \cdot U$$

$$Y = J. T + G. U$$

}  
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 :

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

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

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

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

$$T_0 = C^{-1}. A. T_0 + A^{-1}. E. U$$

$$Y = J. T_0 + (G - J.A^{-1}. E). U$$

}  
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. A est diagonale. Cela est possible grâce à un changement de base, la nouvelle base étant formée des vecteurs propres de C-1. A. Le champ T des températures est transformé en vecteur d'état X par la relation :

$$T = P. X$$

où P est la matrice de passage.

Le système (2) est alors transformé en :

$$\dot{X} = F. X + B. U$$

$$Y = H. X + S. U$$

}  
système (3)

où F est une matrice diagonale dont le ième terme est  $-1/t_i$  ;

t étant la ième constante de temps de la zone.

On a de plus les relations :

$$B = P^{-1}. A^{-1}. E$$

$$H = J. P$$

$$S = G - J. A^{-1}. E$$

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 :

$$\dot{X}_r = F_r. X_r + B_r. U$$

$$Y = H_r. X_r + S. U$$

}  
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, s'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 Br et S les colonnes concernant  $U_g$ , que l'on regroupe dans les matrices  $B_gGA$  et  $S_gGA$ , et celles concernant  $Y_g$ , regroupées dans  $B_gGB$  et  $S_gGB$ .

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) :

$$\left. \begin{aligned} X_g &= F_g \cdot X_g + B_gGA \cdot U_g + B_gGB \cdot Y_g \\ Y_g &= H_g \cdot X_g + S_gGA \cdot U_g + S_gGB \cdot Y_g \end{aligned} \right\} \text{système (5)}$$

Ce système peut alors être intégré sur un pas de temps  $Dt$ , ce qui permet d'obtenir les valeurs au temps  $(n+1)$ .  $Dt$ , notées  $X_g^{n+1}$  et  $Y_g^{n+1}$ , en fonction des valeurs  $X_g^n$  et  $Y_g^n$  au temps  $n$ .  $Dt$ . On note de même  $U_g^{n+1}$  et  $U_g^n$  les vecteurs des sollicitations aux temps  $(n+1)$ .  $Dt$  et  $n$ .  $Dt$ . Le système (5) devient après intégration :

#### 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

$d$  : déclinaison

$f$  : latitude

$w$  : angle horaire

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

$g$  : 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 :

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

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

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

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  $b$  et d'orientation  $g$  est :

$$G_{incl} = Dir_n \cos q + Dif_h (1 + \cos b / 2 + G_h \cdot r \cdot (1 - \cos b / 2)$$

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

$r$  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  $q$  entre le rayonnement direct du soleil et la normale au plan considéré est donné par :

$$\cos q = \sin d \sin f - \cos b - \sin d \cos f \sin b \cos g + \cos d \cos f \cos b \cos w + \cos d \sin f \sin b \cos g \cos w + \cos d \sin b \sin g \sin w$$

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 :

$$[(ag - ad) / 180] \cdot [\arctg(2 \cdot (hm - hp) / (dg + dd)) / (p-b)]$$

où

$ag$  et  $ad$  sont les azimuts gauche et droit du masque

$dd$  et  $dg$  les distances gauche et droite à la paroi

$hm$  et  $hp$  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 :

$$\arctg(a / (d + h)) / p - b$$

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  $p$  du vitrage, qui varie en fonction de l'angle d'incidence  $inc$  :

Pour un double vitrage :

$$t = t_n \cdot \cos inc \cdot (2.5 - 1.56 \cos inc)$$

Pour un simple vitrage :

$$t = t_n \cdot [\cos inc \cdot (2.5 - 1.56 \cos inc)]$$

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

## 1.5. Mise en œuvre 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 0 h, 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

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

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

Pour des événements (louvres), on a de même :

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

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

Pour un mur Trombe

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

$H$  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 Vecs (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 :

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

où A est la surface du capteur ;

t le facteur solaire de la couverture transparente

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 :

$$V \cdot \rho_{eau} C_{eau} T_i = d_1 D_c C_{eau} (T_{sortie} - T_i) + d_2 D_{ecs} C_{eau} (T_{froid} - T_i) + D_{i-1} C_{eau} (T_{i-1} - T_i) + D_{i+1} C_{eau} (T_{i+1} - T_i) + d_3 UA_1 (T_{ech1} - T_i) + d_4 UA_2 (T_{ech2} - T_i) + k_{eau} A (T_{i+1} - T_i + T_{i-1} - T_i) / e - UA_{bi} (T_i - T_{ext}) + d_5 Q_{aux}$$

$d_1$  à  $d_6$  valant 1 si la maille i est concernée par l'échange et 0 sinon :

$d_1$  vaut 1 si la sortie de la boucle de captage arrive dans la maille i

$d_2$  vaut 1 si l'eau froide arrive dans la maille i

$d_3$  vaut 1 s'il existe un échangeur de chaleur (de coefficient de transfert  $UA_1$ ) entre la boucle de captage et la maille i

$d_4$  vaut 1 s'il existe un échangeur de chaleur (de coefficient de transfert  $UA_2$ ) entre l'appoint et la maille i

$d_5$  vaut 1 s'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 :

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

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

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

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

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 :

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>).

$I_{OR}$  : 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) ;

$e_g$  : gap du matériau, vaut 1.12eV pour le silicium cristallin.

q : charge de l'électron, soit 1.602 10<sup>-19</sup> C.

g : 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 W pour du silicium cristallin, 50 W pour du silicium amorphe).

Les paramètres  $I_{OR}$ ,  $I_{LR}$ , g 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).

$m_{VOC}$  : coefficient de dépendance en température de la tension de circuit ouvert (Volts/K).

$m_{ISC}$  : coefficient de dépendance en température du courant de court-circuit (A/K).

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

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).

$t_{PV}$  : taux de transmission du vitrage du module PV à incidence normale (par défaut 0.85).

$a_{PV}$  : coefficient d'absorption des cellules PV (par défaut 0.9).

$h_{PV}$  : 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.I) / dV = 0.

La puissance fournie par le module est alors déduite ( $P = V.I$ ). 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.



# SOMMAIRE

1. **Généralités**
2. **Calcul des caractéristiques du bâti**
  - 2.1. *Isolation*
  - 2.2. *Protection solaire*
  - 2.3. *Inertie*
3. **Calcul des consommations d'énergie**
  - 3.1. *Chapitres utilisés sans modification*
  - 3.2. *Chapitres modifiés*
  - 3.3. *Chapitres remplacés*
    - 3.3.1. Consommations de chauffage
    - 3.3.2. Consommations d'ECS
    - 3.3.3. Consommations de refroidissement

## 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 CO<sub>2</sub> 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. Généralités
  2. Définitions
  3. Données d'entrées
  4. Architecture des calculs
  5. Climat
  7. Caractérisation thermique de l'enveloppe
  9. Eclairage
  10. Besoins d'eau chaude sanitaire
- ANNEXE A. – Calcul des puissances moyennes de ventilateurs

## 3.2. Chapitre modifiés

## 6. Les scénarios 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 débits 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	Q4Pa m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup> sparext sous 4 PA
Fenêtres sans joint et cheminée sans trappe de fermeture	2,5
Fenêtres sans joint ou cheminée sans trappe de fermeture	2,0
Autres cas	1,5

## 11. Comportement thermique d'un groupe et couplage avec le système d'émission

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

L'équation  $F_i = F_{svl} + F_{intc} + F_{sysc} + F_{recup}$

Est donc remplacée par :

$$F_i = F_{svl} + F_{intc} + F_{sysc}$$

## 12. Emission de chaleur et de froid

Pour prendre en compte la correction en cas de bâtiments fortement déperditif, l'équation:

$$q_{ich} = q_{iich} + dq_{vsch} + dq_{vtch}$$

Est remplacée par :

$$q_{ich} = q_{iich} + dq_{vtch} + dq_{vtch} + dT_{cfd}$$

Avec :  
 $dT_{cfd} = - \max(0, 0.5 (Depshon - 1))$   
 $dT_{cfd}$  (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. Installations solaires photovoltaïques

En cas de non-disponibilité des caractéristiques de l'installation, on applique la méthode simplifiée du cahier des charges

#### 20. Coefficient CEP du bâtiment

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  $CO_2$  se fait suivant une approche analogue sur la base des coefficients d'équivalence énergie finale – impact  $CO_2$ .

### 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 frigorigène.
- 15. Pertes de distribution de l'eau chaude sanitaire.
- 16. Pertes de stockage hors générateurs stockeurs.
- 17. Génération 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.

DÉPARTEMENTS	DHREF
01 Ain	55000
02 Aisne	67000
03 Allier	55000
04 Alpes-de-Haute-Provence	45000
05 Hautes-Alpes	47000
06 Alpes-Maritimes	31000

07 Ardèche	53000
08 Ardennes	64000
09 Ariège	41000
10 Aube	64000
11 Aude	36000
12 Aveyron	45000
13 Bouches-du-Rhône	36000
14 Calvados	61000
15 Cantal	54000
16 Charente	48000
17 Charente-Maritime	48000
18 Cher	58000
19 Corrèze	48000
2A Corse-du-Sud	34000
2B Haute-Corse	32000
21 Côte-d'Or	57000
22 Côtes-d'Armor	51000
23 Creuse	56000
24 Dordogne	48000
25 Doubs	57000
26 Drôme	53000
27 Eure	58000
28 Eure-et-Loir	63000
29 Finistère	55000
30 Gard	36000
31 Haute-Garonne	44000
32 Gers	48000
33 Gironde	55000
34 Hérault	56000
35 Ille-et-Vilaine	65000
36 Indre	59000
37 Indre-et-Loire	56000
38 Isère	71000
39 Jura	68000
40 Landes	48000
41 Loir-et-Cher	68000
42 Loire	56000
43 Haute-Loire	60000
44 Loire-Atlantique	65000
45 Loiret	62000
46 Lot	60000
47 Lot-et-Garonne	50000
48 Lozère	48000
49 Maine-et-Loire	55000
50 Manche	56000
51 Marne	65000
52 Haute-Marne	59000
53 Mayenne	56000

<del>54 Meurthe-et-Moselle</del>	<del>71000</del>
55 Meuse	68000
56 Morbihan	48000
57 Moselle	68000
58 Nièvre	56000
59 Nord	60000
60 Oise	65000
61 Orne	62000
62 Pas-de-Calais	60000
63 Puy-de-Dôme	50000
64 Pyrénées-Atlantiques	35000
65 Hautes-Pyrénées	43000
66 Pyrénées-Orientales	30000
67 Bas-Rhin	63000
68 Haut-Rhin	64000
69 Rhône	54000
70 Haute-Saône	62000
71 Saône-et-Loire	57000
72 Sarthe	57000
73 Savoie	55000
74 Haute-Savoie	58000
75 Paris	55000
76 Seine-Maritime	58000
77 Seine-et-Marne	62000
78 Yvelines	66000
79 Deux-Sèvres	56000
80 Somme	64000
81 Tarn	45000
82 Tarn-et-Garonne	51000
83 Var	31000
84 Vaucluse	44000
85 Vendée	50000
86 Vienne	56000
87 Haute-Vienne	54000
88 Vosges	62000
89 Yonne	62000
90 Territoire de Belfort	63000
91 Essonne	61000
92 Hauts-de-Seine	58000
93 Seine-Saint-Denis	58000
94 Val-de-Marne	58000
95 Val-d'Oise	61000

### 3.3.2. Consommations d'ECS

Les consommations d'ECS sont calculées par :

$C_{ecs} = B_{ecs} / (R_d R_s R_g)$ , avec :

$B_{ecs}$  : besoins d'ECS.

$R_d$  : rendement de distribution.

$R_s$  : rendement de stockage.

$R_g$  : 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  $C_{ref} = B_{emref}/R_{dref}$ , avec :

$B_{emref}$  : besoins de refroidissement aux bornes de l'émetteur.

$R_{dref}$  : rendement de distribution génération pris égal à 2.