

**Nouvel algorithme de calcul des
consommations
conventionnelles des logements
pour la réalisation des
diagnostics de performance
énergétique**

SOMMAIRE

1	INTRODUCTION	7
2	LA METHODE CONVENTIONNELLE	7
3	EXPRESSION DU BESOIN DE CHAUFFAGE	8
4	CALCUL DES DEPERDITIONS DE L'ENVELOPPE ENV	9
4.1	Détermination du coefficient de réduction des déperditions b	10
4.2	Calcul des U des parois opaques	12
4.2.1	Calcul des Umur	14
4.2.1.1	Schéma du calcul de Umur	14
4.2.1.2	Calcul des Umur0	16
4.2.2	Calcul des Uplancher bas (Upb)	18
4.2.2.1	Schéma du calcul de Upb	18
4.2.2.2	Calcul des Upb0	19
4.2.3	Calcul des Uplancher haut (Uph)	20
4.2.3.1	Schéma du calcul de Uph	20
4.2.3.2	Calcul des Uph0	22
4.3	Calcul des U des parois vitrées et portes	22
4.3.1	Caractérisation des fenêtres et des portes	23
4.3.1.1	Détermination de la performance du vitrage U_g	23
4.3.1.2	Coefficients U_w des fenêtres/porte-fenêtres :	26
4.3.1.3	Coefficients U_{jn} des fenêtres/porte-fenêtres :	32
4.3.1.4	Coefficients U des portes :	34
4.4	Calcul des déperditions par les ponts thermiques	34
4.4.1	Plancher bas / mur	35
4.4.2	Plancher intermédiaire / mur	35
4.4.3	Plancher haut / mur	35
4.4.4	Refend / mur	35
4.4.5	Menuiserie / mur	36
4.5	Calcul des déperditions par renouvellement d'air	36
5	DETERMINATION DES SOLLICITATIONS ENVIRONNEMENTALES	37
5.1	Calcul de METEO	37
5.2	Détermination des apports solaires	39
6	DETERMINATION DE L'INERTIE	43

6.1	Plancher haut lourd :	43
6.2	Plancher bas lourd :	43
6.3	Paroi verticale lourde :	43
7	CALCUL DU FACTEUR D'INTERMITTENCE INT	44
8	CALCUL DE LA CONSOMMATION DE CHAUFFAGE (CCH)	47
8.1	Installation de chauffage sans chauffage solaire	48
8.2	Installation de chauffage avec chauffage solaire	48
8.3	Installation de chauffage avec insert ou poêle bois en appoint	48
8.4	Installation de chauffage par insert, poêle bois (ou biomasse) avec un chauffage électrique dans la salle de bain	48
8.5	Installation de chauffage avec en appoint un insert ou poêle bois et un chauffage électrique dans la salle de bain	48
8.6	Installation de chauffage avec chauffage solaire et insert ou poêle bois en appoint	49
8.7	Installation de chauffage avec plusieurs systèmes différents indépendants	49
8.8	Installation de chauffage avec chaudière en relève de PAC	49
8.9	Installation de chauffage avec chaudière en relève de PAC avec insert ou poêle bois en appoint	50
8.10	Installation de chauffage collectif avec Base + appoint	50
8.10.1	Cas général	50
8.10.2	Convecteurs bi-jonction	51
9	RENDEMENT DE DISTRIBUTION, D'EMISSION ET DE REGULATION DE CHAUFFAGE	51
9.1	Rendement d'émission	52
9.2	Rendement de distribution	52
9.3	Rendement de régulation	52
10	RENDEMENT DE GENERATION DES GENERATEURS AUTRES QU'A COMBUSTION	53
10.1	Rendement des générateurs à effet joule direct et des réseaux de chaleur	53
10.2	COP des PAC installées	53
10.3	COP des PAC neuves recommandées	53
11	RENDEMENT DE GENERATION DES GENERATEURS A COMBUSTION	54
11.1	Profil de charge des générateurs	54

11.1.1	Profil de charge conventionnel	54
11.1.2	Présence de un ou plusieurs générateurs à combustion indépendants	55
11.1.3	Cascade de deux générateurs à combustion	55
11.1.3.1	Cascade avec priorité	56
11.1.3.2	Cascade sans priorité (même contribution au taux de charge)	56
11.2	Pertes au point de fonctionnement	57
11.2.1	Chaudières basse température et condensation :	57
11.2.2	Chaudières standard	59
11.2.3	Générateurs d'air chaud	60
11.2.4	Radiateurs à gaz	61
11.2.5	Chaudières bois	61
11.3	Valeurs par défaut des caractéristiques des chaudières	63
11.3.1	Chaudières gaz	63
11.3.2	Chaudières fioul	63
11.4	Puissances moyennes fournies et consommées	64
11.5	Rendement conventionnel annuel moyen de génération de chauffage	64
12	CALCUL DE LA CONSOMMATION D'ECS	65
12.1	Un seul système d'ECS avec solaire	66
12.2	Plusieurs systèmes d'ECS (limité à 2 systèmes différents)	66
13	RENDEMENT DE DISTRIBUTION DE L'ECS	66
13.1	Installation individuelle	66
13.2	Installation collective	67
14	RENDEMENT DE STOCKAGE DE L'ECS	68
14.1	Pertes de stockage des ballons d'accumulation	68
14.2	Pertes des ballons électriques	68
14.3	Rendement de stockage	68
15	CALCUL DU BESOIN D'EAU CHAUDE SANITAIRE (BECS)	69
15.1	Surface habitable $\leq 27m^2$	69
15.1.1	Maison ou appartement	69
15.1.2	Immeuble de N appartements	69
15.2	Surface habitable $> 27m^2$	69
15.2.1	Maison ou appartement	69
15.2.2	Immeuble de N appartements	69

16	RENDEMENT DE GENERATION D'ECS	70
16.1	Générateurs à combustion	70
16.1.1	Production d'ECS seule par chaudière gaz, fioul ou chauffe-eau gaz	70
16.1.2	Production mixte par chaudière gaz, fioul, bois	71
16.1.3	Accumulateur gaz	71
16.1.4	Chauffe bain au gaz à production instantanée	71
16.2	Chauffe-eau thermodynamique à accumulation	72
16.3	Réseau de chaleur	73
17	CALCUL DES CONSOMMATIONS DE REFROIDISSEMENT EN MAISON	73
18	CONSOMMATIONS DE REFROIDISSEMENT EN IMMEUBLE	73
19	PRISE EN COMPTE DE SYSTEMES PARTICULIERS	74
20	ANNEXES	75
20.1	Fecs pour une maison avec Ecs solaire seule	75
20.2	Fecs pour une maison avec chauffage et Ecs solaire	76
20.3	Fecs pour une immeuble avec Ecs solaire seule	77

1 Introduction

Afin d'améliorer la qualité des diagnostics de performance énergétique, il s'avère aujourd'hui nécessaire d'augmenter le spectre des données d'entrée de la méthode de calcul. Dans la méthode actuelle de calcul des consommations conventionnelles des bâtiments, le nombre de données d'entrée à renseigner se limite à environ une trentaine. L'objectif est d'augmenter ce nombre à une soixantaine en se concentrant sur les paramètres les plus pertinents. Ces paramètres ciblés sont ceux qui ont un impact notable sur le résultat final et étant à la portée effective des diagnostiqueurs.

Aujourd'hui, les données d'entrée du calcul conventionnel sont relativement détaillées sur le paramètre isolation, mais sont limitées sur d'autres paramètres influents comme l'efficacité des systèmes de chauffage, la ventilation, les apports solaires et lumineux, l'orientation et les surfaces vitrées. Les bibliothèques de données qui alimentent la méthode de calcul sont également insuffisantes et doivent donc être complétées afin d'élargir le panel d'équipements ou de matériaux et ainsi affiner la précision de l'évaluation de la consommation énergétique.

2 La méthode conventionnelle

Le diagnostic de performance énergétique a pour principal objectif d'informer sur la performance énergétique des bâtiments. Cette information communiquée doit ensuite permettre de comparer avec une relative objectivité les différents bâtiments entre eux.

Si nous prenons le cas d'une maison individuelle occupée par une famille de 3 personnes, la consommation de cette même maison ne sera pas la même si elle est occupée par une famille de 5 personnes. De plus, selon que l'hiver aura été rigoureuse ou non, que la famille se chauffe, à 20°C ou 22°C, les consommations du même bâtiment peuvent fortement fluctuer. Il est dès lors nécessaire dans l'établissement de ce diagnostic, de s'affranchir du comportement des occupants, afin d'avoir une information sur la qualité énergétique du bâtiment. C'est la raison pour laquelle l'établissement du diagnostic de performance énergétique se fait principalement par une méthode conventionnelle de calcul des consommations.

La méthode conventionnelle de calcul des consommations des bâtiments, s'appuie sur une utilisation standardisée du bâtiment pour des conditions climatiques moyennes du lieu.

Les principaux critères caractérisant la méthode conventionnelle sont les suivants :

- En présence d'un système de chauffage dans le bâtiment autre que les équipements de chauffage mobile et les cheminées à foyer ouvert, toute la surface habitable du logement est considérée chauffée en permanence pendant la période de chauffe.
- Les besoins de chauffage sont calculés sur la base de Degrés-heures moyens sur 30 ans par département. Les degrés-heures sont égaux à la somme, pour toutes les heures de la saison de chauffage pendant laquelle la température extérieure est inférieure à 18°C, de la différence entre 18°C et la température extérieure. Ils prennent en compte une inoccupation d'une semaine par an pendant la période de chauffe ainsi qu'un réduit des températures de 16°C pendant la nuit de 22h à 6h.

- Aux 18°C assurés par l'installation de chauffage, les apports internes (occupation, équipements électriques, éclairage...) sont pris en compte à travers une contribution forfaitaire de 1°C permettant ainsi d'atteindre la consigne de 19°C.
- Le besoin d'eau chaude sanitaire est forfaitisé selon la surface habitable du bâtiment et le département.

Ces caractéristiques du calcul conventionnel peuvent être responsables de différences importantes entre les consommations réelles facturées et celles calculées dans le diagnostic de performance énergétique. En effet, tout écart entre les hypothèses du calcul conventionnel ci-dessus et le scénario réel d'utilisation du bâtiment entraîne des différences au niveau des consommations. De plus, certaines caractéristiques impactant les consommations du bâtiment sont connues que de façon limitée (par exemple : les rendements des chaudières qui dépendent de leur dimensionnement et de leur entretien, la qualité de mise en œuvre du bâtiment, le renouvellement d'air du à la ventilation...).

Dans la suite, les données d'entrée du calcul sont classées en données d'entrée principales et secondaires. Les données d'entrée principales sont les données de base du calcul. Les données d'entrée secondaires sont des données d'interface qui permettent de déterminer les données d'entrée principales à partir des informations recueillies sur le terrain.

3 Expression du besoin de chauffage

Données d'entrée principales :

Surface habitable du lot : SH (m²)

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

Bch est le besoin de chauffage (kWh PCI)

SH : Surface habitable du logement (m²)

ENV : Déperdition thermiques par l'enveloppe et la ventilation (W/K.m³)

4 Calcul des déperditions de l'enveloppe ENV

Données d'entrée Principales :

Coefficient de transmission thermique : U (W/m².K) ;

Surface des parois i (murs, plafonds, planchers, baies, portes) : S_i (m²) ;

Hauteur moyenne sous plafond : HSP (m)

Coefficient de réduction des déperditions : b (sans dimension) ;

Numéro du département : (sans dimension) ;

Altitude du site : (m) ;

Inertie du logement : (sans dimension) ;

Longueur des ponts thermiques : l (m) ;

Coefficient de transmission linéique : k (W/m.K) ;

Déperditions par renouvellement d'air : aRa (W/m³.K) ;

Surface sud équivalente : S_{se} (m²)

Coefficient d'intermittence : INT (sans dimension)

$$ENV = \frac{DP_{murs} + DP_{plafonds} + DP_{planchers} + DP_{fenêtres} + DP_{portes} + PT}{2.5 \cdot Sh} + a_{RA}$$

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

$$DP_{plafond} = b_1 \times S_{plafond1} \times U_{plafond1} + b_2 \times S_{plafond2} \times U_{plafond2} + b_3 \times S_{plafond3} \times U_{plafond3}$$

$$DP_{plancher} = b_1 \times S_{plancher1} \times U_{plancher1} + b_2 \times S_{plancher2} \times U_{plancher2} + b_3 \times S_{plancher3} \times U_{plancher3}$$

$$DP_{baies} = b_1 \times S_{baies1} \times U_{baies1} + b_2 \times S_{baies2} \times U_{baies2} + b_3 \times S_{baies3} \times U_{baies3}$$

$$DP_{portes} = b_1 \times S_{portes1} \times U_{portes1} + b_2 \times S_{portes2} \times U_{portes2} + b_3 \times S_{portes3} \times U_{portes3}$$

Avec :

DP_i : Déperdition par la paroi i (W/K)

S_i : Surface de la paroi déperditive i (m²)

U_i : Coefficient de transmission thermique de la paroi i (W/m².K)

b_i : Coefficient de réduction des déperditions pour la paroi i . Pour une paroi enterrée ou donnant sur l'extérieur, $b=1$.
Pour un plancher sur vide sanitaire, $b=0.8$.

Dans l'équation des déperditions, les baies sont les fenêtres et/ou les portes fenêtres.

4.1 Détermination du coefficient de réduction des déperditions b

Données d'entrée secondaires :

Surface des parois séparant l'espace habitable des locaux non chauffés : A_{iu} (m^2)

Surface des parois séparant le local non chauffé de l'extérieur, du sol, ou d'un autre local non chauffé : A_{ue} (m^2)

Type de local non chauffé (garage, comble, circulation,...)

Des valeurs par défaut sont données dans les tableaux suivants et ceci en fonction du rapport des surfaces A_{iu}/A_{ue} et du coefficient surfacique équivalent $U_{V,ue}$.

Dans les tableaux suivants:

- la surface A_{ue} des vérandas non chauffées doit être considérée comme non isolée.
- Inc désigne un local non chauffé
- Ic désigne le local chauffé

La surface A_{ue} intègre toutes les parois du local non chauffé qui donnent sur l'extérieur, un autre local non chauffé ou qui sont enterrées. Les parois du local non chauffé sont considérées comme isolées si plus de 50% de leur surface est isolée.

La surface A_{iu} est celle des parois séparant le local chauffé du local non chauffé.

Dans la suite, les parois enterrées, donnant sur l'extérieur ou sur un local non chauffé sont dites isolées si elles le sont à plus de 50%.

Les parois en double vitrage seront considérées comme non isolées.

Si les parois donnant sur l'extérieur du local non chauffé ne sont pas isolées



A_{iu}/A_{ue}	$U_{v,ue}$ W/(m ² .K)			
	0,0	0,3	3,0	9,00
$\leq 0,25$	0,95	0,95	1,00	1,00
$0,25 < \leq 0,50$	0,95	0,95	0,95	1,00
$0,50 < \leq 0,75$	0,90	0,95	0,95	1,00
$0,75 < \leq 1,00$	0,85	0,90	0,95	0,95
$1,00 < \leq 1,25$	0,85	0,90	0,90	0,95
$1,25 < \leq 2,00$	0,80	0,80	0,90	0,95
$2,00 < \leq 2,50$	0,75	0,80	0,85	0,90
$2,50 < \leq 3,00$	0,70	0,75	0,85	0,90
$3,00 < \leq 3,50$	0,65	0,75	0,80	0,90
$3,50 < \leq 4,00$	0,65	0,70	0,80	0,90
$4,00 < \leq 6,00$	0,55	0,60	0,70	0,85
$6,00 < \leq 8,00$	0,45	0,55	0,65	0,80
$8,00 < \leq 10,0$	0,40	0,50	0,60	0,75
$10,0 < \leq 25,0$	0,35	0,40	0,50	0,70
$25,0 < \leq 50,0$	0,20	0,25	0,35	0,50
$50,0 <$	0,10	0,15	0,20	0,30

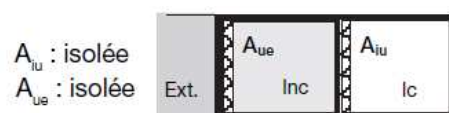


A_{iu}/A_{ue}	$U_{v,ue}$ W/(m ² .K)			
	0,0	0,3	3,0	9,00
$\leq 0,25$	0,80	0,85	0,90	0,95
$0,25 < \leq 0,50$	0,65	0,75	0,80	0,90
$0,50 < \leq 0,75$	0,55	0,65	0,75	0,85
$0,75 < \leq 1,00$	0,50	0,55	0,70	0,80
$1,00 < \leq 1,25$	0,45	0,50	0,65	0,80
$1,25 < \leq 2,00$	0,35	0,40	0,50	0,70
$2,00 < \leq 2,50$	0,30	0,35	0,45	0,65
$2,50 < \leq 3,00$	0,25	0,30	0,40	0,60
$3,00 < \leq 3,50$	0,20	0,30	0,40	0,55
$3,50 < \leq 4,00$	0,20	0,25	0,35	0,50
$4,00 < \leq 6,00$	0,15	0,20	0,25	0,40
$6,00 < \leq 8,00$	0,10	0,15	0,20	0,35
$8,00 < \leq 10,0$	0,10	0,10	0,20	0,30
$10,0 < \leq 25,0$	0,05	0,10	0,15	0,25
$25,0 < \leq 50,0$	0,05	0,05	0,05	0,15
$50,0 <$	0,00	0,00	0,05	0,05

Si les parois donnant sur l'extérieur du local non chauffé sont isolées



A_{iu}/A_{ue}	$U_{V,ue}$ W/(m ² .K)			
	0,0	0,3	3,0	9,0
≤ 0,25	0,35	0,50	0,85	0,95
0,25 < ≤ 0,50	0,20	0,35	0,70	0,90
0,50 < ≤ 0,75	0,15	0,25	0,65	0,85
0,75 < ≤ 1,00	0,15	0,20	0,55	0,80
1,00 < ≤ 1,25	0,10	0,15	0,50	0,75
1,25 < ≤ 2,00	0,05	0,10	0,40	0,65
2,00 < ≤ 2,50	0,05	0,10	0,35	0,60
2,50 < ≤ 3,00	0,05	0,10	0,30	0,55
3,00 < ≤ 3,50	0,05	0,05	0,25	0,50
3,50 < ≤ 4,00	0,05	0,05	0,25	0,45
4,00 < ≤ 6,00	0,00	0,05	0,20	0,35
6,00 < ≤ 8,00	0,00	0,05	0,15	0,30
8,00 < ≤ 10,0	0,00	0,05	0,10	0,25
10,0 < ≤ 25,0	0,00	0,00	0,10	0,20
25,0 < ≤ 50,0	0,00	0,00	0,05	0,10
50,0 <	0,00	0,00	0,00	0,05



A_{iu}/A_{ue}	$U_{V,ue}$ W/(m ² .K)			
	0,0	0,3	3,0	9,0
≤ 0,25	0,80	0,90	0,95	1,00
0,25 < ≤ 0,50	0,65	0,80	0,95	1,00
0,50 < ≤ 0,75	0,55	0,70	0,90	0,95
0,75 < ≤ 1,00	0,50	0,65	0,90	0,95
1,00 < ≤ 1,25	0,45	0,60	0,90	0,95
1,25 < ≤ 2,00	0,35	0,45	0,80	0,95
2,00 < ≤ 2,50	0,30	0,40	0,80	0,90
2,50 < ≤ 3,00	0,25	0,35	0,75	0,90
3,00 < ≤ 3,50	0,20	0,35	0,70	0,90
3,50 < ≤ 4,00	0,20	0,30	0,70	0,85
4,00 < ≤ 6,00	0,15	0,25	0,60	0,80
6,00 < ≤ 8,00	0,10	0,20	0,55	0,75
8,00 < ≤ 10,0	0,10	0,15	0,45	0,70
10,0 < ≤ 25,0	0,05	0,10	0,40	0,65
25,0 < ≤ 50,0	0,05	0,05	0,25	0,45
50,0 <	0,00	0,05	0,10	0,30

Locaux non chauffés types	$U_{V,ue}$ W/(m ² .K)
Maison individuelle	
• Garage	3
• Cellier	3
• Véranda	3
• Comble	
- fortement ventilé	9
- faiblement ventilé	3
- très faiblement ventilé	0,3

Locaux non chauffés types	$U_{V,ue}$ W/(m ² .K)
Logement collectif	
• Circulations communes	
- sans ouverture directe sur l'extérieur	0,0
- avec ouverture directe sur l'extérieur	0,3
- avec bouche ou gaine de désenfumage, ouverte en permanence	3
- halls d'entrée	3 ⁽¹⁾ ou 0,3 ⁽²⁾
- garage privé collectif	3
• Autres dépendances	3
• Comble	
- fortement ventilé	9
- faiblement ventilé	3

(1) Portes d'accès sans dispositif de fermeture automatique
 (2) Portes d'accès avec dispositif de fermeture automatique

Combles fortement ventilés : Combles couverts en tuiles ou autres éléments de couverture discontinus, sans support continu.

Combles faiblement ventilés : Combles couverts avec éléments de couverture continus, ou avec éléments de support discontinus sur support continu.

Les parois donnant sur un bâtiment tertiaire sont considérées comme non déperditives.

Dans le cas de locaux non chauffés non accessibles, une estimation des surfaces A_{iu} et A_{ue} peut être réalisée. Elle devra être justifiée dans le rapport.

4.2 Calcul des U des parois opaques

Données d'entrée secondaires :

- Mur

Type de matériau (béton, pierre, inconnu ...)

Etat d'isolation (isolé, non isolé, inconnu)

Niveau d'isolation (épaisseur, résistance, année d'isolation, année de construction)

Type de chauffage (effet joule, autres)

- *Plancher bas*

Configuration de plancher (poutrelles hourdis, dalle béton....)

Etat d'isolation (isolé, non isolé, inconnu)

Niveau d'isolation (épaisseur, résistance, année d'isolation, année de construction)

Type de chauffage (effet joule, autres)

Surface de plancher sur terre plein

Périmètre de plancher sur terre plein

- *Plancher haut*

Type de plancher haut (Terrasse, combles perdus, ...)

Configuration de plancher (poutrelles hourdis, dalle béton....)

Etat d'isolation (isolé, non isolé, inconnu)

Niveau d'isolation (épaisseur, résistance, année d'isolation, année de construction)

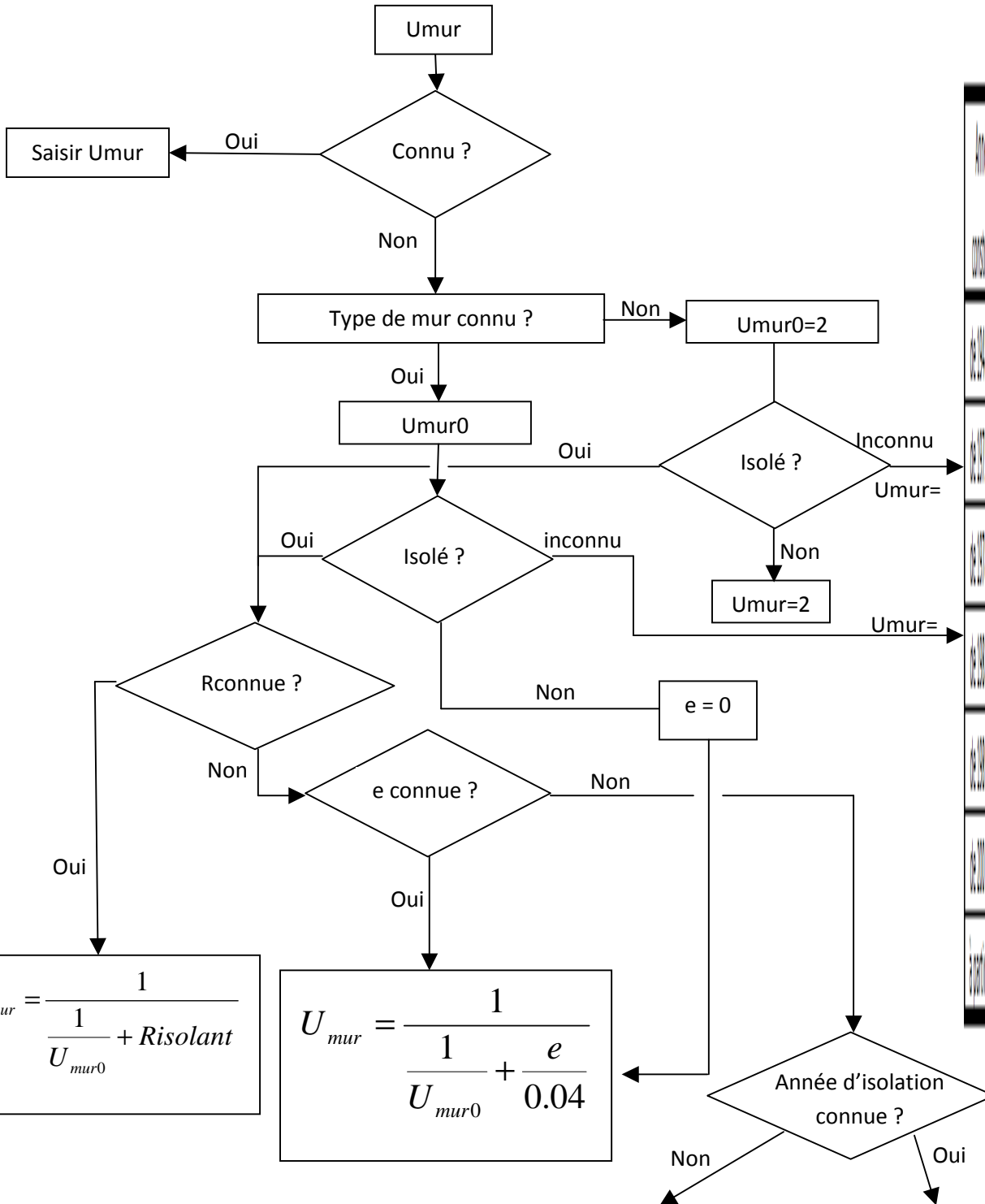
Type de chauffage (effet joule, autres)

4.2.1

Calcul des Umur

4.2.1.1

Schéma du calcul de Umur



Année	H	H	H
condition	Étérie	Avos	Étérie
e=2014	25	25	25
e=2017	1	15	11
e=2018	0	1	04
e=2019	0	0	04
e=2011	05	05	07
e=2012	04	04	07
e=2013	05	05	04

Année de construction	Umur
jusqu'à 1988	0,98
de 1989 à 2000	0,56
à partir de 2000	0,42

Année des travaux d'isolation	Umur
jusqu'à 1988	0,98
de 1989 à 2000	0,56
à partir de 2000	0,42

4.2.1.2 Calcul des Umur0

Umur0 est le coefficient de transmission thermique du mur non isolé (W/m².K).

Murs en pierre de taille et moellons (granit, gneiss, porphyres, pierres calcaires, grès, meulières, schistes, pierres volcaniques)	Epaisseur (en cm)													
	20 et -	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	
Murs constitués d'un seul matériaux	3.2	2.85	2.65	2.45	2.3	2.15	2.05	1.90	1.80	1.75	1.65	1.55	1.50	
Murs avec remplissage tout venant	-	-	-	-	-	-	1.90	1.75	1.60	1.50	1.45	1.30	1.25	

Murs en pisé ou béton de terre stabilisé (à partir d'argile crue)	Epaisseur connue (en cm)									
	40 et -	45	50	55	60	65	70	75	80	
	1.75	1.65	1.55	1.45	1.35	1.25	1.2	1.15	1.1	

Murs en pans de bois	Epaisseur connue (en cm)					
	8 et -	10	13	18	24	32
	3	2.7	2.35	1.98	1.65	1.35
Avec remplissage tout venant	1.7					

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

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

Murs en briques pleines doubles avec lame d'air	Epaisseur connue (en cm)						
	20 et -	25	30	35	45	50	60
	2	1.85	1.65	1.55	1.35	1.25	1.2

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

Murs en blocs de béton pleins	Epaisseur connue								
	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

Murs en blocs de béton creux	Epaisseur connue (en cm)		
	20 et -	23	25
	2.8	2.65	2.3

	Epaisseur connue (en cm)							
	20 et -	22.5	25	28	30	35	40	45
Murs en béton banché	2.9	2.75	2.65	2.5	2.4	2.2	2.05	1.9
Murs en béton de mâchefer	2.75	2.5	2.4	2.25	2.15	1.95	1.8	

Monomur terre cuite	Epaisseur connue (en cm)	
	30	37.5
	0.47	0.40

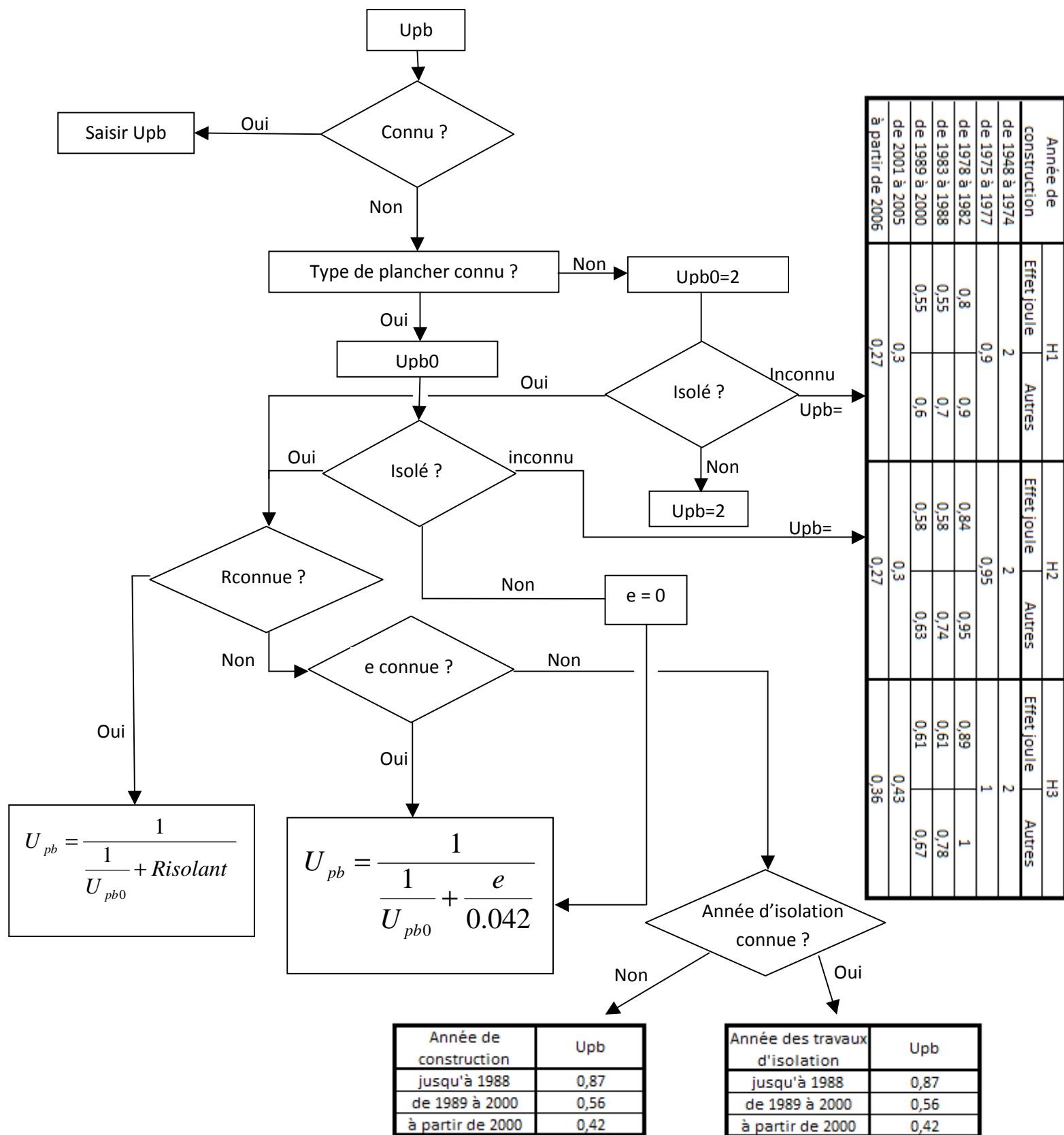
Béton cellulaire	Epaisseur connue (en cm)									
	5	7	10	15	20	25	27,5	30	32,5	37,5
	2.12	1.72	1.03	0.72	0.55	0.46	0.42	0.39	0.35	0.32

Cloison de plâtre $U_{mur0}=2.5m^2.K/W$

$U_{mur}=\text{Min}(U_{mur} ; 2)$

4.2.2 Calcul des Uplancher bas (Upb)

4.2.2.1 Schéma du calcul de Upb



Si le plancher donne sur terre-plein :

- Bâtiment d'avant 2001

2S/P (m)	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Upb (W/m ² .K)	0.37	0.35	0.34	0.32	0.31	0.3	0.29	0.28	0.27	0.27	0.26	0.25	0.24	0.24	0.23	0.23	0.22	0.22

- Bâtiments à partir de 2001

2S/P (m)	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Upb (W/m ² .K)	0.27	0.26	0.25	0.25	0.24	0.23	0.22	0.21	0.20	0.19	0.18	0.18	0.17	0.17	0.16	0.16	0.15	0.15

Avec :

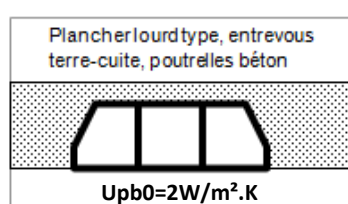
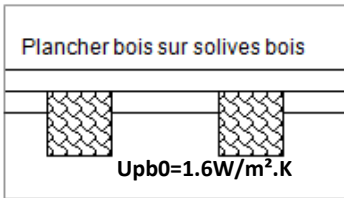
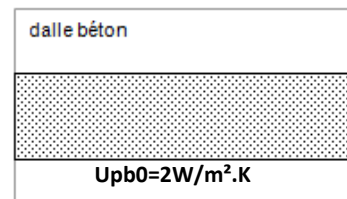
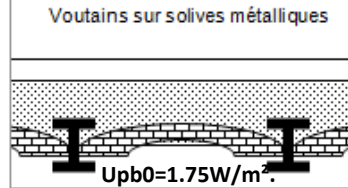
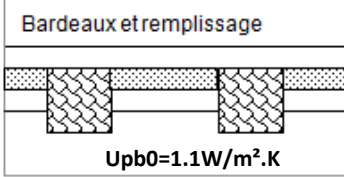
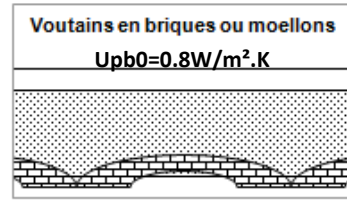
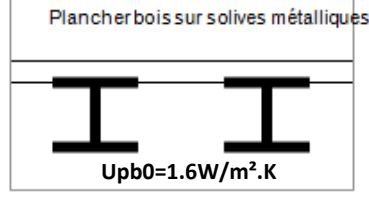
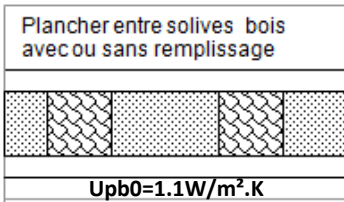
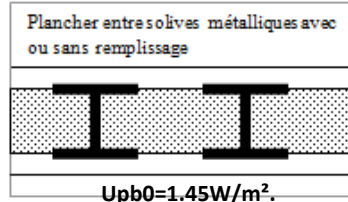
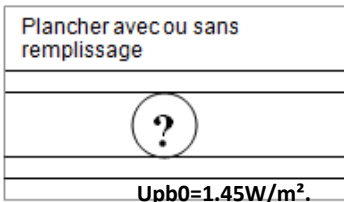
P le périmètre du plancher sur terre plein (m)

S la surface du plancher sur terre plein (m²)

2S/P est arrondi à l'entier le plus proche.

4.2.2.2 Calcul des Upb0

Upb0 est le coefficient de transmission thermique du plancher bas non isolé (W/m².K).

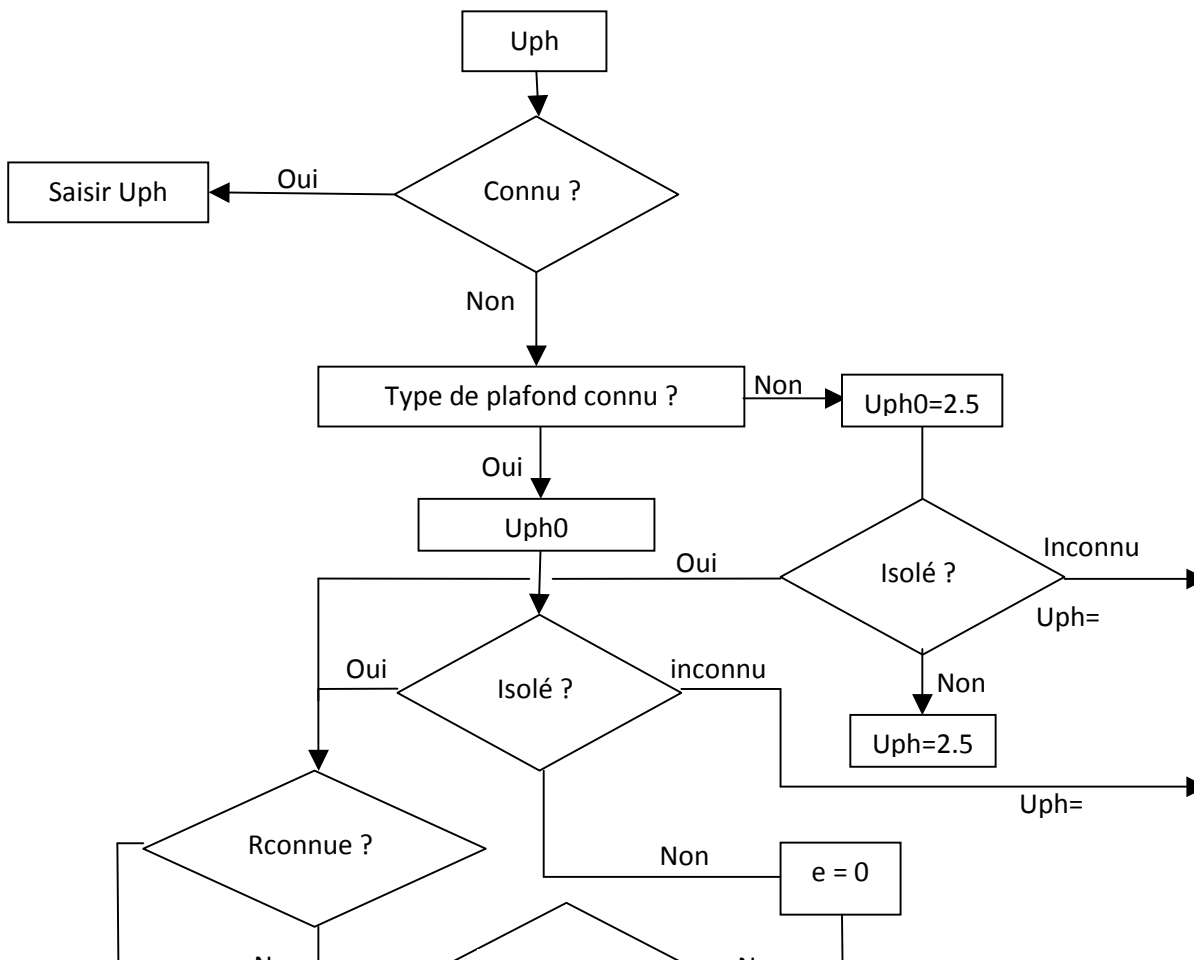


Plancher à entrevous isolant Upb0=0.45W/m².K

Upb=Min(Upb ; 2)

4.2.3 Calcul des Uplancher haut (Uph)

4.2.3.1 Schéma du calcul de Uph












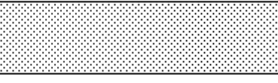
Année de construction	H1		H2		H3		H4	
	Effet joule	Autres	Effet joule	Autres	Effet joule	Autres	Effet joule	Autres
de 1948 à 1974	2,5		2,5		2,5		2,5	
de 1975 à 1977	0,5		0,53		0,56		0,7	
de 1978 à 1982	0,4	0,5	0,42	0,53	0,44	0,56	0,7	
de 1983 à 1988	0,3	0,3	0,32	0,32	0,33	0,33	0,4	
de 1989 à 2000	0,25	0,25	0,26	0,26	0,3	0,3	0,35	
de 2001 à 2005	0,23		0,23		0,3		0,3	
à partir de 2006	0,2		0,2		0,25		0,3	

Année de construction	Uph		
	Combles perdus	Combles aménagés	Toiture Terrasse
jusqu'à 1988	0,43	0,61	1
de 1989 à 2000	0,23	0,38	0,5
à partir de 2000	0,19	0,27	0,27

Année des travaux d'isolation	Uph		
	Combles perdus	Combles aménagés	Toiture Terrasse
jusqu'à 1988	0,43	0,61	1
de 1989 à 2000	0,23	0,38	0,5
à partir de 2000	0,19	0,27	0,27

4.2.3.2 Calcul des Uph0

Uph0 est le coefficient de transmission thermique du plancher haut non isolé (W/m².K).

Plafond avec ou sans remplissage  Uph0 = 1.45 W/m ² .K	Bardeaux et remplissage  Uph0 = 1.2 W/m ² .K	Plancher bois sous solives métallique  Uph0 = 2.5 W/m ² .K	
Plafond bois sous solives bois  Uph0 = 2.3 W/m ² .K	Plafond entre solives bois avec ou sans remplissage  Uph0 = 1.2 W/m ² .K	Plafond entre solives métalliques avec ou sans remplissage  Uph0 = 1.45 W/m ² .K	Plancher lourd type, entrevous terre-cuite, poutrelles béton  Uph0 = 2.5 W/m ² .K
Plafond bois sur solives bois  Uph0 = 2 W/m ² .K	Plancher bois sur solives métallique  Uph0 = 2.5 W/m ² .K	Dalle béton  Uph0 = 2.5 W/m ² .K	

Combles aménagés sous rampant : Uph0=2.5W/m².K

Toiture en chaume : Uph0=0.24W/m².K

Plafond en plaque de plâtre : Uph0=2.5W/m².K

Uph=Min(Uph ; 2)

Pour les murs, plafonds, planchers non répertoriés, saisir directement les coefficients de transmission thermique les données des règles TH-U peuvent être utilisées.

4.3 Calcul des U des parois vitrées et portes

Données d'entrée secondaires :

- *Parois vitrées*

Inclinaison des parois (verticales, horizontales)

Type de vitrage (simple vitrage, double vitrage, survitrage...)

Niveau d'isolation (épaisseur lame d'air, isolation renforcée, remplissage gaz rare,...)

Nature de menuiserie (bois, PVC, métal...)

Type de menuiserie (battante, coulissante)

Type de baie (fenêtre, porte-fenêtre sans soubassement, porte-fenêtre avec soubassement)

Type de volets (jalousie, volet roulant...)

- *Porte*

Type de porte (opaque pleine, avec 30% de vitrage...)

Type de menuiserie (bois, PVC, ...)

4.3.1 Caractérisation des fenêtres et des portes

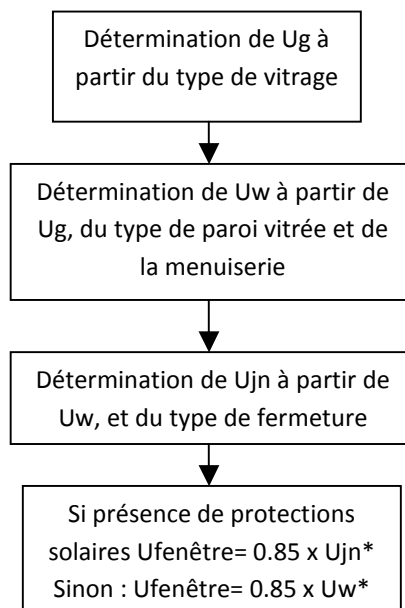
Définition de l'inclinaison des fenêtres :

Paroi verticale= angle par rapport à l'horizontale $\geq 75^\circ$

Paroi horizontale= angle par rapport à l'horizontale $< 75^\circ$

Le coefficient U des fenêtres est connu : Saisir $U_{fen\hat{e}tre}$

Si $U_{fen\hat{e}tre}$ est inconnu alors suivre la démarche suivante :



Avec :

U_g : Coefficient de transmission thermique du vitrage

U_w : Coefficient de transmission thermique de la fenêtre ou de la porte fenêtre (vitrage + menuiserie)

U_{jn} : Coefficient de transmission thermique de la fenêtre ou de la porte fenêtre avec les protections solaires (vitrage + menuiserie + volet)

4.3.1.1 Détermination de la performance du vitrage U_g

- **Simple vitrage et survitrage**

Pour un simple vitrage, quelle que soit l'épaisseur du verre, prendre :

- $U_g = 5.8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ pour un vitrage vertical
- $U_g = 6.9 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ pour un vitrage horizontal

Le U_g d'un survitrage est déterminé en apportant, une majoration de $0.1W/(m^2.K)$ au U_g du double vitrage rempli à l'air sec ayant la même épaisseur de lame d'air.

- **Double vitrage vertical**

Remplissage air sec

mm Épaisseur lame	U_g W/(m ² .K)	
	Vitrages non traités	Vitrages à isolation thermique renforcée
6	3,3	2,8
8	3,1	2,5
10	2,9	2,3
12	2,8	2,2
14	2,8	2,1
15	2,7	2,0
16	2,7	2,0
18	2,7	2,0
20	2,7	2,0

Remplissage Argon ou Krypton

mm Épaisseur lame	U_g W/(m ² .K)	
	Vitrages non traités	Vitrages à isolation thermique renforcée
6	3,1	2,5
8	2,9	2,3
10	2,8	2,1
12	2,7	2,0
14	2,6	1,9
15	2,6	1,9
16	2,6	1,9
18	2,6	1,9
20	2,6	1,9

- **Double vitrage horizontal**

Remplissage air sec

mm Épaisseur lame	U_g W/(m ² .K)	
	Vitrages non traités	Vitrages à isolation thermique renforcée
6	3,6	3,1
8	3,5	2,8
10	3,4	2,8
12	3,4	2,8
14	3,4	2,7
15	3,4	2,7
16	3,4	2,7
18	3,4	2,7
20	3,3	2,7

Remplissage Argon ou Krypton

mm Épaisseur lame	U_g W/(m ² .K)	
	Vitrages non traités	Vitrages à isolation thermique renforcée
6	3,4	2,7
8	3,3	2,6
10	3,2	2,5
12	3,2	2,5
14	3,2	2,5
15	3,2	2,5
16	3,2	2,4
18	3,2	2,4
20	3,2	2,4

- **Triple vitrage vertical**

Remplissage air sec

mm épaisseur de chacune des 2 lames	U _g W/(m ² .K)	
	Vitrages non traités	Vitrages à isolation renforcée
6	2,3	1,7
8	2,1	1,5
10	2,0	1,3
12	1,9	1,2
14	1,8	1,1
15	1,8	1,0
16	1,8	1,0

Remplissage Argon ou Krypton

mm épaisseur de chacune des 2 lames	U _g W/(m ² .K)	
	Vitrages non traités	Vitrages à isolation renforcée
6	2,1	1,4
8	1,9	1,2
10	1,8	1,1
12	1,8	1,0
14	1,7	0,9
15	1,7	0,9
16	1,7	0,8

- **Triple vitrage horizontal**

Remplissage air sec

mm épaisseur de chacune des 2 lames	U _g W/(m ² .K)	
	Vitrages non traités	Vitrages à isolation renforcée
6	2,5	1,8
8	2,2	1,5
10	2,1	1,4
12	2,1	1,4
14	2,1	1,3
15	2,1	1,3
16	2,1	1,3

Remplissage Argon ou Krypton

mm épaisseur de chacune des 2 lames	U _g W/(m ² .K)	
	Vitrages non traités	Vitrages à isolation renforcée
6	2,2	1,5
8	2,1	1,3
10	2,0	1,2
12	2,0	1,2
14	2,0	1,1
15	2,0	1,1
16	2,0	1,1

4.3.1.2 Coefficients U_w des fenêtres/porte-fenêtres :

Les baies sans ouverture possible (ni battantes ni coulissantes) seront traitées comme battantes dans toute la suite.

- Menuiserie métallique à rupture de pont thermique**

Type de la paroi vitrée	U_g du vitrage W/(m ² .K)	U_w W/(m ² .K)	Type de la paroi vitrée	U_g du vitrage W/(m ² .K)	U_w W/(m ² .K)
Fenêtres battantes	1,2	2,5	Fenêtres coulissantes	1,2	2,3
	1,3	2,6		1,3	2,4
	1,4	2,7		1,4	2,5
	1,5	2,7		1,5	2,5
	1,6	2,8		1,6	2,6
	1,7	2,9		1,7	2,7
	1,8	2,9		1,8	2,8
	1,9	3,0		1,9	2,8
	2,0	3,0		2,0	2,9
	2,1	3,0		2,1	2,9
	2,2	3,1		2,2	2,9
	2,3	3,2		2,3	3,0
	2,4	3,2		2,4	3,1
	2,5	3,3		2,5	3,2
	2,6	3,4		2,6	3,2
	2,7	3,4		2,7	3,3
2,8	3,5	2,8	3,4		
2,9	3,6	2,9	3,5		
Portes-fenêtres battantes	1,2	2,4	Portes-fenêtres coulissantes	1,2	2,1
	1,3	2,5		1,3	2,2
	1,4	2,5		1,4	2,3
	1,5	2,6		1,5	2,4
	1,6	2,7		1,6	2,5
	1,7	2,7		1,7	2,5
	1,8	2,8		1,8	2,6
	1,9	2,9		1,9	2,7
	2,0	2,9		2,0	2,8
	2,1	2,9		2,1	2,8
	2,2	3,0		2,2	2,8
	2,3	3,1		2,3	2,9
	2,4	3,1		2,4	3,0
	2,5	3,2		2,5	3,1
	2,6	3,3		2,6	3,2
	2,7	3,4		2,7	3,2
2,8	3,4	2,8	3,3		
2,9	3,5	2,9	3,4		

Type de la paroi vitrée	U_g du vitrage W/(m ² .K)	U_w W/(m ² .K)	Type de la paroi vitrée	U_g du vitrage W/(m ² .K)	U_w W/(m ² .K)
Fenêtres battantes	3,0	3,6	Fenêtres coulissantes	3,0	3,5
	3,1	3,7		3,1	3,6
	3,2	3,8		3,2	3,7
	3,3	3,8		3,3	3,8
	5,8	5,2		5,8	5,3
Portes-fenêtres battantes	3,0	3,6	Portes-fenêtres coulissantes	3,0	3,5
	3,1	3,6		3,1	3,6
	3,2	3,7		3,2	3,6
	3,3	3,8		3,3	3,7
	5,8	5,3		5,8	5,4

Type de la paroi vitrée	U_g du vitrage W/(m ² .K)	U_w W/(m ² .K)	Type de la paroi vitrée	U_g du vitrage W/(m ² .K)	U_w W/(m ² .K)
Fenêtres battantes	0,8	2,3	Fenêtres coulissantes	0,8	2,0
	0,9	2,3		0,9	2,1
	1,0	2,4		1,0	2,2
	1,1	2,5		1,1	2,2
Portes-fenêtres battantes	0,8	2,1	Portes-fenêtres coulissantes	0,8	1,8
	0,9	2,2		0,9	1,9
	1,0	2,3		1,0	2,0
	1,1	2,3		1,1	2,1

- **Menuiserie métallique sans rupture de pont thermique**

U_g du vitrage W/(m ² .K)	U_w W/(m ² .K)			
	Fenêtres battantes	Portes-fenêtres battantes	Fenêtres coulissantes	Portes-fenêtres coulissantes
2,0	4,1	3,8	3,7	3,4
2,1	4	3,8	3,7	3,4
2,2	4,1	3,9	3,7	3,4
2,3	4,2	3,9	3,8	3,5
2,4	4,2	4	3,9	3,6
2,5	4,3	4,1	4	3,7
2,6	4,4	4,2	4	3,8
2,7	4,4	4,2	4,1	3,8
2,8	4,5	4,3	4,2	3,9
2,9	4,6	4,4	4,2	4
3,0	4,6	4,4	4,3	4,1
3,1	4,7	4,5	4,4	4,2
3,2	4,8	4,6	4,5	4,2
3,3	4,8	4,7	4,5	4,3
5,8	6,2	6,1	6,1	6

- **Menuiserie PVC**

Type de la paroi vitrée	U_g du vitrage W/(m ² .K)	U_w W/(m ² .K)
Fenêtres battantes	3,0	2,8
	3,1	2,9
	3,2	3
	3,3	3
	5,8	4,4
Portes-fenêtres battantes sans soubassement	3,0	2,9
	3,1	2,9
	3,2	3
	3,3	3,1
	5,8	4,5

Type de la paroi vitrée	U_g du vitrage W/(m ² .K)	U_w W/(m ² .K)
Portes-fenêtres battantes avec soubassement	3,0	2,8
	3,1	2,8
	3,2	2,9
	3,3	3
	5,8	4,4

Type de la paroi vitrée	U_g du vitrage $W/(m^2.K)$	U_w $W/(m^2.K)$
		$U_f = 2,5$
Fenêtres coulissantes	3,0	3,1
	3,1	3,1
	3,2	3,2
	3,3	3,3
	5,8	4,8
Portes-fenêtres coulissantes	3,0	3,1
	3,1	3,2
	3,2	3,2
	3,3	3,3
	5,8	4,9

Type de la paroi vitrée	U_g du vitrage $W/(m^2.K)$	U_w $W/(m^2.K)$
Fenêtres battantes	1,2	1,7
	1,3	1,8
	1,4	1,9
	1,5	1,9
	1,6	2,0
	1,7	2,0
	1,8	2,1
	1,9	2,2
	2,0	2,2
	2,1	2,2
	2,2	2,3
	2,3	2,4
	2,4	2,4
	2,5	2,5
	2,6	2,6
Portes-fenêtres battantes sans soubassement	1,2	1,7
	1,3	1,8
	1,4	1,9
	1,5	1,9
	1,6	2,0
	1,7	2,0
	1,8	2,1
	1,9	2,2
	2,0	2,2
	2,1	2,2
	2,2	2,3
	2,3	2,4
	2,4	2,4
	2,5	2,5
	2,6	2,6
2,7	2,6	
2,8	2,7	
2,9	2,8	

Type de la paroi vitrée	U_g du vitrage $W/(m^2.K)$	U_w $W/(m^2.K)$
Portes-fenêtres battantes avec soubassement	1,2	1,8
	1,3	1,8
	1,4	1,9
	1,5	1,9
	1,6	2,0
	1,7	2,1
	1,8	2,1
	1,9	2,2
	2,0	2,2
	2,1	2,2
	2,2	2,3
	2,3	2,3
	2,4	2,4
	2,5	2,5
	2,6	2,5
2,7	2,6	
2,8	2,7	
2,9	2,7	

Type de la paroi vitrée	U_g du vitrage W/(m ² .K)	U_w W/(m ² .K)	Type de la paroi vitrée	U_g du vitrage W/(m ² .K)	U_w W/(m ² .K)
Fenêtres coulissantes	1,2	1,9	Portes-fenêtres coulissantes	1,2	1,8
	1,3	2,0		1,3	1,9
	1,4	2,1		1,4	2,0
	1,5	2,1		1,5	2,1
	1,6	2,2		1,6	2,1
	1,7	2,3		1,7	2,2
	1,8	2,3		1,8	2,3
	1,9	2,4		1,9	2,4
	2,2	2,4		2,0	2,4
	2,1	2,4		2,1	2,4
	2,2	2,5		2,2	2,5
	2,3	2,6		2,3	2,6
	2,4	2,6		2,4	2,6
	2,5	2,7		2,5	2,7
	2,6	2,8		2,6	2,8
	2,7	2,9		2,7	2,9
2,8	2,9	2,8	3,0		
2,9	3,0	2,9	3,0		

Type de la paroi vitrée	U_g du vitrage W/(m ² .K)	U_w W/(m ² .K)
Fenêtres battantes	0,8	1,5
	0,9	1,5
	1,0	1,6
	1,1	1,6
Portes-fenêtres battantes sans soubassement	0,8	1,4
	0,9	1,5
	1,0	1,6
	1,1	1,6
Portes-fenêtres battantes avec soubassement	0,8	1,5
	0,9	1,6
	1,0	1,6
	1,1	1,7

Type de la paroi vitrée	U_g du vitrage W/(m ² .K)	U_w W/(m ² .K)
Fenêtres coulissantes	0,8	1,6
	0,9	1,7
	1,0	1,7
	1,1	1,8
Portes-fenêtres coulissantes	0,8	1,5
	0,9	1,6
	1,0	1,7
	1,1	1,7

- **Menuiserie bois ou bois métal**

Dans tous les calculs, les menuiseries mixtes bois métal prendront les caractéristiques du bois.

Type de la paroi vitrée	U_g du vitrage W/(m ² .K)	U_w W/(m ² .K)
Fenêtres battantes ou coulissantes	3,0	3
	3,1	3,1
	3,2	3,2
	3,3	3,2
	5,8	4,7
Portes-fenêtres battantes sans soubassement ou coulissantes	3,0	3,1
	3,1	3,1
	3,2	3,2
	3,3	3,3
	5,8	4,8

Type de la paroi vitrée	U_g du vitrage W/(m ² .K)	U_w W/(m ² .K)
Portes-fenêtres battantes avec soubassement	3,0	3
	3,1	3,1
	3,2	3,1
	3,3	3,2
	5,8	4,5

Type de la paroi vitrée	U_g du vitrage W/(m ² .K)	U_w W/(m ² .K)
Fenêtres battantes	1,2	1,9
	1,3	2,0
	1,4	2,1
	1,5	2,1
	1,6	2,2
	1,7	2,2
	1,8	2,3
	1,9	2,4
	2,0	2,4
	2,1	2,4
	2,2	2,5
	2,3	2,5
	2,4	2,6
	2,5	2,7
	2,6	2,8
	2,7	2,8
2,8	2,9	
2,9	3,0	
Portes-fenêtres battantes sans soubassement ou coulissantes	1,2	1,9
	1,3	1,9
	1,4	2,0
	1,5	2,1
	1,6	2,1
	1,7	2,2
	1,8	2,3
	1,9	2,4
	2,0	2,4
	2,1	2,4
	2,2	2,5
	2,3	2,5
	2,4	2,6
	2,5	2,7
	2,6	2,8
	2,7	2,8
2,8	2,9	
2,9	3,0	

Type de la paroi vitrée	U_g du vitrage W/(m ² .K)	U_w W/(m ² .K)
Portes-fenêtres battantes avec soubassement	1,2	2,0
	1,3	2,1
	1,4	2,1
	1,5	2,2
	1,6	2,2
	1,7	2,3
	1,8	2,4
	1,9	2,4
	2	2,4
	2,1	2,4
	2,2	2,5
	2,3	2,6
	2,4	2,6
	2,5	2,7
	2,6	2,7
	2,7	2,8
2,8	2,9	
2,9	2,9	

Type de la paroi vitrée	U_g du vitrage W/(m ² .K)	U_w W/(m ² .K)
Fenêtres battantes ou coulissantes	0,8	1,5
	0,9	1,6
	1,0	1,6
	1,1	1,7
Portes-fenêtres battantes sans soubassement ou coulissantes	0,8	1,4
	0,9	1,5
	1,0	1,6
	1,1	1,6
Portes-fenêtres battantes avec soubassement	0,8	1,6
	0,9	1,6
	1,0	1,7
	1,1	1,7

- Traitement des doubles fenêtres

$$U_w = \frac{1}{\frac{1}{U_{w1}} + \frac{1}{U_{w2}} + 0.07}$$

U_{w1} et U_{w2} sont respectivement le coefficient de transmission thermique des fenêtres 1 et 2 (W/m².K)

4.3.1.3 Coefficients U_{jn} des fenêtres/porte-fenêtres :

La présence de volets aux fenêtres et porte-fenêtres leur apporte un supplément d'isolation avec une résistance additionnelle ΔR .

Fermetures	ΔR m ² .K/W
• Jalousie accordéon, fermeture à lames orientables y compris les vénitiens extérieurs tout métal, volets battants ou persiennes avec ajours fixes	0,08
• Fermeture sans ajours en position déployée, volets roulants Alu	0,14
• Volet roulant PVC (e ≤ 12 mm)	0,19
• Persienne coulissante ou volet battant PVC, volet battant bois, (e ≤ 22 mm)	0,19
• Persienne coulissante PVC et volet battant bois, (e > 22 mm)	0,25
• Volet roulant PVC (e > 12 mm)	0,25
<i>e étant l'épaisseur du tablier</i>	

U_w W/(m ² .K)	U_{jn} pour une résistance thermique complémentaire ΔR de : m ² .K/W			
	0,08	0,14	0,19	0,25
1,2	1,1	1,1	1,1	1,1
1,3	1,2	1,2	1,2	1,1
1,4	1,3	1,3	1,3	1,2
1,5	1,4	1,4	1,3	1,3
1,6	1,5	1,5	1,4	1,4
1,7	1,6	1,5	1,5	1,4
1,8	1,7	1,6	1,6	1,5
1,9	1,8	1,7	1,6	1,6
2,0	1,9	1,8	1,7	1,7
2,1	1,9	1,9	1,8	1,7
2,2	2	1,9	1,9	1,8
2,3	2,1	2	2	1,9
2,4	2,2	2,1	2	2
2,5	2,3	2,2	2,1	2
2,6	2,4	2,3	2,2	2,1
2,7	2,5	2,3	2,2	2,2
2,8	2,5	2,4	2,3	2,2
2,9	2,6	2,5	2,4	2,3

U_w W/(m ² .K)	U_{jn} pour une résistance thermique complémentaire ΔR de : m ² .K/W			
	0,08	0,14	0,19	0,25
3,0	2,7	2,6	2,5	2,4
3,2	2,9	2,7	2,6	2,5
3,4	3,0	2,9	2,7	2,6
3,6	3,2	3,0	2,9	2,7
3,8	3,4	3,1	3,0	2,9
4,0	3,5	3,3	3,1	3,0
4,2	3,7	3,4	3,3	3,1
4,4	3,8	3,6	3,4	3,2
4,6	4,0	3,7	3,5	3,4
4,8	4,1	3,8	3,7	3,5
5,0	4,3	4,0	3,8	3,6
5,2	4,4	4,1	3,9	3,7
5,4	4,6	4,2	4,0	3,8
5,6	4,7	4,4	4,2	4,0
5,8	4,9	4,5	4,3	4,1
6,0	5,0	4,6	4,4	4,2
6,2	5,2	4,8	4,5	4,3

4.3.1.4 Coefficients U des portes :

Le coefficient U des portes est connu : **Uporte** à saisir

Sinon, **Uporte** = :

Nature de la menuiserie	Type de porte	Uporte
Portes simples en bois ou PVC	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
Porte simple 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
Toute menuiserie	Porte opaque pleine isolée	2
	Porte précédée d'un SAS	1.5

Attention : une porte vitrée avec plus de 60% de vitrage est considérée comme une porte-fenêtre avec soubassement.

4.4 Calcul des déperditions par les ponts thermiques

Données d'entrée secondaires :

Type d'isolation (ITI, ITE, ITR)

Nombre de niveaux

Nombre d'appartements

Retour d'isolation autour des menuiseries (avec ou sans)

Position des menuiseries (nu extérieur, nu intérieur, tunnel)

Largeur des dormant

$$PT = \sum_{i,j} k_{pb_i/m_j} \cdot l_{pb_i/m_j} + \sum_{i,j} k_{pi_i/m_j} \cdot l_{pi_i/m_j} + \sum_i k_{rf/m_i} \cdot l_{rf/m_i} + \sum_{i,j} k_{ph_i/m_j} \cdot l_{ph_i/m_j} + \sum_i k_{men/m_i} \cdot l_{men_i}$$

Avec :

- l_{pb_i/m_j} : longueur du pont thermique plancher bas i mur j
- l_{pi_i/m_j} : longueur du pont thermique plancher intermédiaire i mur j
- l_{ph_i/m_j} : longueur du pont thermique plancher haut i mur j
- l_{rf/m_i} : longueur du pont thermique refend mur. En immeuble collectif d'habitation, $l_{rf/m} = 2 \cdot hsp \cdot (N - niv)$ avec hsp : hauteur moyenne sous plafond, N le nombre d'appartements et niv le nombre de niveaux dans le bâtiment.
- l_{men_i/m_j} : longueur du pont thermique menuiserie i mur j

- ITI, ITE, ITR respectivement isolation thermique intérieure, extérieure et répartie.

4.4.1 Plancher bas / mur

k_{pb_i/m_j} : Valeur du pont thermique de la liaison Plancher bas i/Mur j

k_{pb_i/m_j}		Plancher Bas		
		Non Isolé	ITI	ITE
Mur extérieur	Non Isolé	0,39	0,47	0,80
	ITI	0,31	0,08	0,71
	ITE	0,49	0,48	0,64
	ITR	0,35	0,1	0,45

4.4.2 Plancher intermédiaire / mur

k_{pi_i/m_j} : Valeur du pont thermique de la liaison Plancher intermédiaire i/Mur j

k_{pi_i/m_j}		
Mur extérieur	Non Isolé	0,86
	ITI	0,92
	ITE	0,13
	ITR	0,24

4.4.3 Plancher haut / mur

k_{ph_i/m_j} : Valeur du pont thermique de la liaison Plancher haut i/Mur j

- Terrasse ou plancher haut lourd

k_{ph_i/m_j}		Plancher Haut		
		Non Isolé	ITI	ITE
Mur extérieur	Non Isolé	0,3	0,83	0,4
	ITI	0,27	0,75	0,07
	ITE	0,55	0,76	0,58
	ITR	0,4	0,3	0,48

- Rampant ou plancher haut léger

k_{ph_i/m_j}		Plancher Haut		
		Non Isolé	ITI	ITE
Mur extérieur	Non Isolé	0	0,1	0,1
	ITI	0	0	0
	ITE	0	0,1	0,1
	ITR	0,1	0,1	0,1

4.4.4 Refend / mur

k_{rf/m_i} : Valeur du pont thermique de la liaison Refend/Mur i

k_{rf/m_i}	
Non Isolé	0,73

Mur extérieur	Non Isolé	0,73
	ITE	0,82
	ITR	0,2

4.4.5 Menuiserie / mur

k_{men/m_i} : Valeur du pont thermique de la liaison Menuiserie/Mur i

On entend par menuiserie, les fenêtres, portes ou portes-fenêtres.

k_{men/m_i}		Menuiserie					
		Au nu extérieur		En tunnel		Au nu intérieur	
		Lp=5	Lp=10	Lp=5	Lp=10	Lp=5	Lp=10
	Non Isolé	0.43	0.29	0.31	0.19	0.38	0.25
	ITI avec retour d'isolant	0.22	0.18	0.16	0.13	0	0
	ITI sans retour d'isolant	0.43	0.29	0.31	0.19	0	0
	ITE avec retour d'isolant	0	0	0.19	0.15	0.25	0.2
	ITE sans retour d'isolant	0	0	0.45	0.4	0.9	0.8
	ITR	0.2					

Lp est la largeur approximative du dormant de la menuiserie (cm).

4.5 Calcul des déperditions par renouvellement d'air

Données d'entrée secondaires :

Menuiseries avec ou sans joint

Cheminée avec ou sans trappe

a_{RA} (W/m ³ .K) (maison individuelle, appartement, immeuble collectif d'habitation)	Menuiseries sans joint et cheminée sans trappe	Menuiseries sans joint ou cheminée sans trappe	Autres cas
VMC SF Auto réglable avant 82	0,23	0,23	0,23
VMC SF Auto réglable après 82	0,20	0,20	0,20
VMC SF Hygro A	0,17	0,16	0,15
VMC SF Hygro B	0,15	0,14	0,14
VMC SF Hygro Gaz	0,18	0,17	0,17
VMC DF sans échangeur	0,26	0,23	0,23
VMC DF avec échangeur (60%)	0,10	0,10	0,10
Ouverture des fenêtres	0,21	0,20	0,19
Entrées d'air hautes et basses	0,26	0,26	0,26
Naturelle par conduit	0,26	0,26	0,26
Hybride	0,25	0,25	0,25
Mécanique sur conduit existant	0,24	0,23	0,23
Puits canadien ou provençal	0,15	0,14	0,14

En présence de menuiseries avec et sans joint, il sera pris le type ayant la surface majoritaire pour caractériser la ventilation du bâtiment. En maison ou appartement, si une cheminée n'a pas de trappe, toutes les cheminées sont considérées sans trappe. En immeuble collectif, les cheminées seront considérées avec trappe si plus de la moitié ont des trappes.

5 Détermination des sollicitations environnementales

5.1 Calcul de METEO

DHcor= Dhref + ((Nref / C2)+5) x dN

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

dN = C3 x altitude (m)

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

Si le bâtiment a une inertie lourde : $\alpha=3.6$

Si le bâtiment n'est pas à inertie lourde : $\alpha=2.9$

α	χ_α
H1 α	$\frac{22,9 + Sse \times E}{ENV \times 2.5 \times CLIMAT}^\alpha$
H2 α	$\frac{21,7 + Sse \times E}{ENV \times 2.5 \times CLIMAT}^\alpha$
H3 α	$\frac{18,1 + Sse \times E}{ENV \times 2.5 \times CLIMAT}^\alpha$

5.2 Détermination des apports solaires

Données d'entrée secondaires :

Inclinaison des parois vitrées (verticale, pente, horizontale)

Orientation des parois (Nord, Sud, Est, Ouest)

Position des baies en flanc de loggias

Position des baies en fond de loggias et de balcons

La prise en compte des apports solaires exige à minima une saisie par façade des fenêtres du bâtiment.

Calcul de la surface Sud équivalente

$$S_{se} = \sum_i A_i \cdot w_i \cdot f_i \cdot C_{1,i}$$

S_{se} est la surface Sud équivalente d'un logement. Elle est égale à la somme des surfaces transparentes Sud équivalentes de chacune de ses parois vitrées i (m²).

A_i : Surface de la paroi i (m²)

w_i : Proportion d'énergie solaire incidente qui pénètre dans le logement par la paroi i

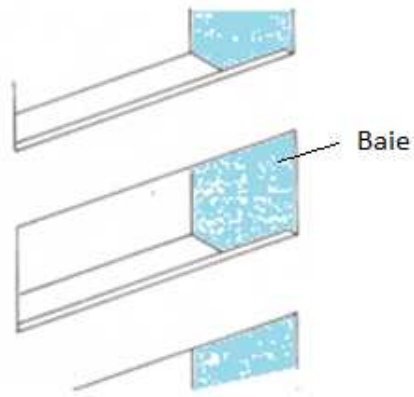
f_i : Facteur d'ensoleillement au niveau de la paroi i (dépend des éventuels masques)

$C_{1,i}$: Coefficient d'orientation et d'inclinaison pour la paroi i.

C_1	Orientation de la paroi			
Inclinaison de la paroi	Sud	Ouest	Est	Nord
Verticale ($\geq 75^\circ$)	1	0,54	0,54	0,22
Pente ($75^\circ > \geq 15^\circ$)	1,19	0,72	0,72	0,28
Horizontale ($< 15^\circ$)	0,81	0,81	0,81	0,81

ω		Fenêtre ou porte fenêtre au nu extérieur					Fenêtre ou porte fenêtre au nu intérieur ou en tunnel				
	Type de fenêtre	Simple vitrage	Double vitrage	Double vitrage VIR	Triple vitrage	Triple vitrage VIR	Simple vitrage	Double vitrage	Double vitrage VIR	Triple vitrage	Triple vitrage VIR
Bois	Fenêtre battante	0,49	0,44	0,38	0,39	0,35	0,44	0,40	0,34	0,35	0,32
	Porte fenêtre battante ou coulissante sans soubassement	0,52	0,47	0,40	0,42	0,37	0,47	0,42	0,36	0,37	0,34
	Porte fenêtre battante avec soubassement	0,45	0,40	0,35	0,36	0,32	0,40	0,36	0,31	0,32	0,29
PVC	Fenêtre battante	0,46	0,41	0,35	0,36	0,33	0,41	0,37	0,32	0,33	0,30
	Porte fenêtre battante sans soubassement	0,48	0,43	0,37	0,38	0,34	0,43	0,39	0,33	0,34	0,31
	Porte fenêtre battante avec soubassement	0,42	0,38	0,33	0,34	0,30	0,38	0,34	0,30	0,30	0,27
	Fenêtre coulissante	0,51	0,46	0,39	0,40	0,36	0,46	0,41	0,35	0,36	0,33
	Porte fenêtre coulissante	0,54	0,49	0,42	0,43	0,39	0,49	0,44	0,38	0,39	0,35
Métal avec rupture de pont thermique	Fenêtre battante	0,50	0,45	0,39	0,40	0,36	0,45	0,40	0,35	0,36	0,32
	Porte fenêtre battante	0,53	0,48	0,41	0,42	0,38	0,48	0,43	0,37	0,38	0,34
	Fenêtre coulissante	0,55	0,50	0,43	0,44	0,40	0,50	0,45	0,38	0,40	0,36
	Porte fenêtre coulissante	0,59	0,53	0,46	0,47	0,42	0,53	0,48	0,41	0,42	0,38
Métal	Fenêtre battante	0,52	0,47	0,41	0,42	0,38	0,47	0,42	0,36	0,37	0,34
	Porte fenêtre battante	0,55	0,49	0,43	0,44	0,40	0,49	0,44	0,38	0,39	0,36
	Fenêtre coulissante	0,57	0,51	0,44	0,45	0,41	0,51	0,46	0,40	0,41	0,37
	Porte fenêtre coulissante	0,60	0,54	0,47	0,48	0,43	0,54	0,49	0,42	0,43	0,39

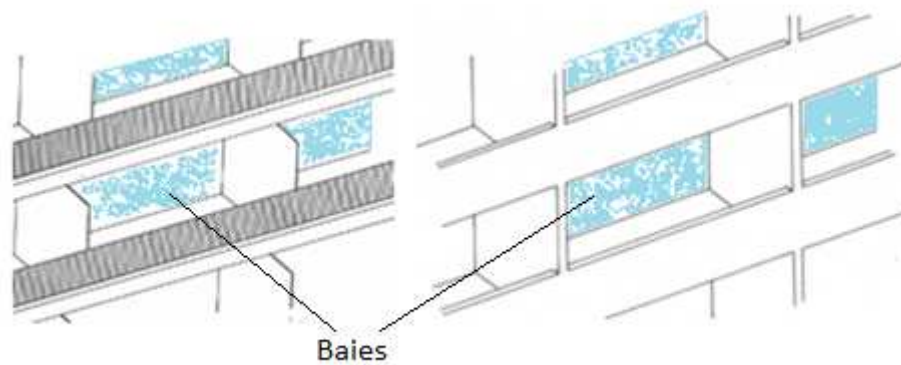
- Détermination de f pour les flancs de loggias



Configuration du masque

Position de la baie	f
Façade Sud flanc quelconque	0,5
Façade Est ou Ouest baie orienté Sud	0,32
Façade Est ou Ouest baie orienté Nord	0,22
Façade Nord flanc quelconque	0,07

- Détermination de f pour les fonds de loggias et les balcons



Configuration du masque

Position de la baie	f
Façade Sud	0,33
Façade Est ou Ouest	0,28
Façade Nord	0,23

- Sinon prendre f=1

$E = Pref \times Nref / 1000$ (selon méthode DEL2), par département – Ensoleillement sur(kWh/m²)

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.

Conventionnellement, les orientations Nord, Sud, Est et Ouest correspondent aux secteurs situés de part et d'autre de ces orientations dans un angle de 45°. Pour respectivement le Nord et le Sud, les orientations incluent les limites Nord-Est Nord-Ouest et Sud-Est, Sud Ouest.

6 Détermination de l'inertie

6.1 Plancher haut lourd :

- plancher sous toiture (terrasse, combles perdus, rampant lourd) constitué de :
 - béton plein de plus de 8 cm,
 - de poutrelles et hourdis béton ou terre cuitenon isolé ou isolé par l'extérieur et sans faux plafond (**);
- sous-face de plancher intermédiaire constitué de :
 - béton plein de plus de 15 cm
 - de poutrelles et hourdis béton ou terre cuitesans isolant et sans faux plafond (**);

(**) Ne sont considérés que les faux plafonds possédant une lame d'air non ventilée ou faiblement ventilée (moins de 1 500 mm² d'ouverture par m² de surface), couvrant plus de la moitié de la surface du plafond du niveau considéré.

6.2 Plancher bas lourd :

- face supérieure de plancher intermédiaire avec un revêtement non isolant :
 - béton plein de plus de 15 cm sans isolant,
 - chape ou dalle de béton de 4 cm ou plus sur entrevous lourds (béton, terre cuite), sur béton cellulaire armé ou sur dalles alvéolées en béton.
- plancher bas non isolé ou avec un isolant thermique en sous-face et un revêtement non isolant :
 - béton plein de plus de 10 cm d'épaisseur.
 - chape ou dalle de béton de 4 cm ou plus sur entrevous lourds (béton, terre cuite), sur béton cellulaire arme ou sur dalles alvéolées en béton
 - dalle de béton de 5 cm ou plus sur entrevous en matériau isolant.
 - Autres planchers dans un matériau lourd (pierre, brique ancienne, terre...) et sans revêtement isolant.

6.3 Paroi verticale lourde :

Une paroi verticale est dite lourde si elle remplit l'une ou l'autre des conditions suivantes :

- lorsque les murs de façade et pignon sont non isolés ou isolés par l'extérieur avec en matériau constitutif :

- béton plein (banche, bloc, préfabriqué) de 7 cm ou plus,
- bloc agglo béton 11 cm ou plus
- bloc perforé en béton (ou autres matériaux lourds) 10 cm ou plus,
- bloc creux béton 11 cm ou plus,
- brique pleine ou perforée 10,5 cm ou plus
- tout matériaux anciens lourd (pierre, brique ancienne, terre, pisée...)

Dans ce cas les parois verticales seront dites lourdes lorsque la majorité (du point de vue des surfaces) d'entre elles seront lourdes.

- murs extérieurs à isolation répartie de 30 cm minimum, avec un cloisonnement réalisé en bloc de béton, en brique plâtrière enduite ou en carreau de plâtre de 5 cm minimum ou en béton cellulaire de 7 cm minimum.
- Environ les trois quarts (en surface) des doublages intérieurs des murs extérieurs et des murs de cloisonnements (parois intérieures), font 5 cm minimum et sont réalisés en bloc de béton, brique enduite ou carreau de plâtre.
- lorsque la taille moyenne des locaux est inférieure à 30 m² :
 - Environ les trois quarts des murs de cloisonnement intérieur lourds, réalisés en :
 - béton plein de 7 cm minimum,
 - bloc de béton creux ou perforé (ou autres matériaux lourds) de 10 cm minimum,
 - brique pleine ou perforée de 10,5 cm minimum,
 - autre brique de 15 cm minimum avec un enduit plâtre sur chaque face.

Plancher bas	Plancher haut	Paroi verticale	Classe d'inertie
lourd	lourd	lourde	très lourde
-	lourd	lourde	lourde
lourd	-	lourde	lourde
lourd	lourd	-	lourde
-	-	lourde	moyenne
-	lourd	-	moyenne
lourd	-	-	moyenne
-	-	-	légère

En présence de plusieurs types de murs, planchers hauts ou de planchers bas, l'inertie de la paroi à considérer dans le tableau ci-dessus, sera donnée par le type de surface majoritaire.

7 Calcul du facteur d'intermittence INT

Le facteur d'intermittence traduit les baisses temporaires de température, lors de ralenti nuit ou en l'absence des occupants.

Données d'entrée secondaires :

Type de bâtiment

Type de chauffage (divisé, central)

Type de régulation (par pièce ou pas)

Équipement d'intermittence (absent, central sans minimum de température...)

Type d'émetteur (air soufflé, convecteurs,...)

Présence d'un comptage

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

G = ENV/CORH

CORH=HSP/2.5

HSP est la hauteur moyenne sous plafond. En présence de plusieurs surfaces habitables, avec des hauteurs sous plafond différentes, une pondération est faite par les surfaces habitables affectées à chaque hauteur sous plafond.

Dans la prise en compte de l'intermittence, en maison individuelle comme en immeuble collectif, c'est le système principal couvrant la plus importante surface habitable qui est considéré.

10 en Maison individuelle (avec chauffage individuel)			Inertie Légère ou Moyenne				Inertie Lourde ou Très lourde			
			Equipement d'intermittence				Equipement d'intermittence			
			Absent	Central sans minimum de température	Central avec minimum de température	Par pièce avec minimum de température	Absent	Central sans minimum de température	Central avec minimum de température	Par pièce avec minimum de température
Chauffage divisé	Avec régulation pièce par pièce	Planchers chauffants	0,90	0,89	0,88	0,86	0,92	0,91	0,90	0,88
		Autres systèmes	0,84	0,83	0,81	0,77	0,86	0,85	0,83	0,80
Chauffage central	Avec régulation pièce par pièce	Air soufflé	0,86	0,85	0,83	0,79	0,88	0,87	0,85	0,82
		Radiateurs	0,88	0,87	0,85	0,82	0,90	0,89	0,87	0,85
		Planchers chauffants	0,90	0,89	0,88	0,86	0,92	0,91	0,90	0,88
	Sans régulation pièce par pièce	Air soufflé	0,90	0,89	0,87	-	0,91	0,91	0,89	-
		Radiateurs	0,91	0,90	0,88	-	0,93	0,92	0,90	-
		Planchers chauffants	0,92	0,91	0,90	-	0,94	0,93	0,92	-

Une maison individuelle branchée sur un réseau collectif de fourniture d'énergie pour le chauffage sera traitée comme une maison individuelle avec un chauffage individuel central.

10 en Immeuble collectif avec chauffage individuel			Equipement d'intermittence			
			Absent	Central sans minimum de température	Central avec minimum de température	Par pièce avec minimum de température
Chauffage divisé	Avec régulation pièce par pièce	Planchers chauffants	0,95	0,94	0,93	0,91
		Autres systèmes	0,90	0,89	0,88	0,86
Chauffage central	Avec régulation pièce par pièce	Air soufflé	0,91	0,90	0,89	0,87
		Radiateurs	0,93	0,92	0,91	0,89
		Planchers chauffants	0,95	0,94	0,93	0,91
	Sans régulation pièce par pièce	Air soufflé	0,95	0,94	0,93	-
		Radiateurs	0,96	0,95	0,94	-
		Planchers chauffants	0,97	0,96	0,95	-

10 en Immeuble collectif avec chauffage collectif			Comptage individuel			
			Absent		Présent	
			Equipement d'intermittence			
			Absent	Central collectif	Absent	Central collectif
Chauffage central	Avec régulation pièce par pièce	Air soufflé	1,01	0,99	0,93	0,91
		Radiateurs	1,03	1,01	0,95	0,93
		Planchers chauffants	1,05	1,03	0,97	0,95
	Sans régulation pièce par pièce	Air soufflé	1,03	1,01	0,95	0,93
		Radiateurs	1,05	1,03	0,97	0,95
		Planchers chauffants	1,07	1,05	0,99	0,97

En immeuble collectif, le chauffage mixte, c'est-à-dire dont une partie est facturée collectivement et une autre individuellement, est traité au niveau de l'intermittence comme un système collectif avec comptage individuel.

L'équipement d'intermittence peut être :

- En chauffage individuel
 - Absent : pas d'équipement permettant de programmer des réduits de température.
 - Central sans minimum de température : équipements permettant une programmation seulement de la fonction marche arrêt et donc ne garantissant pas un minimum de température.

- Centrale avec un minimum de température : équipement pouvant assurer :
 - Centralement un ralenti ou un abaissement de température fixe, non modifiable par l'occupant, ainsi que la fonction hors gel
 - Centralement, un ralenti ou un abaissement de température au choix de l'occupant
- Pièce par pièce avec minimum de température : équipement permettant d'obtenir par pièce un ralenti ou un abaissement de température fixe, non modifiable par l'occupant
- En chauffage collectif
 - Absent : pas de réduit de nuit
 - Central collectif : possibilité de ralenti de nuit

Un système de chauffage divisé est un système pour lequel la génération et l'émission sont confondues. C'est le cas des convecteurs électriques, planchers chauffants électriques...

Un système de chauffage central comporte un générateur central, individuel ou collectif et une distribution par fluide chauffant : air ou eau.

8 Calcul de la consommation de chauffage (Cch)

Données d'entrée principales :

Rendement de génération : R_g (sans dimension)

Coefficient de performance des pompes à chaleur : COP (sans dimension)

Rendement d'émission : R_e (sans dimension) ;

Rendement de distribution : R_d (sans dimension) ;

Rendement de régulation : R_r (sans dimension) ;

Programmation : P_g (sans dimension) ;

Type d'installation de chauffage : avec ou sans solaire ; base + appoint...

Puissance nominale de tous les générateurs : P_n (W)

$$C_{ch} = B_{ch} * I_{ch} \quad (\text{kWh PCI/m}^2)$$

Si le chauffage est assuré par une chaudière individuelle positionnée en volume chauffé une partie P_r (kWh) des pertes du système de chauffage sera récupérée.

Dans ce cas :

$$C_{ch} = B_{ch} * I_{ch} - P_r \quad (\text{kWh PCI/m}^2)$$

Avec :

C_{ch} : Consommation de chauffage (kWh PCI)

$$I_{ch} = P_g * \left(\frac{1}{R_g * R_e * R_d * R_r} \right)$$

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

R_g ; R_e ; R_d et R_r sont respectivement le rendement conventionnel du générateur ou le coefficient de performance des pompes à chaleur (COP), le rendement d'émission, le rendement de distribution et le rendement de régulation.

Les pertes récupérées par mètre carré sont :

Zone climatique	H1	H2	H3
Pertes récupérées P_r (kWh/m ²)	3,6	3,4	2,9

8.1 Installation de chauffage sans chauffage solaire

$$Cch = Bch * Ich$$

8.2 Installation de chauffage avec chauffage solaire

$$Cch1 = Bch * (1 - Fch) * Ich$$

$$Cch2 = Bch * Fch * Ich$$

Fch: Facteur de couverture solaire pour le chauffage (voir annexes)

Cch1: Consommation de chauffage liée au système principal de chauffage (kWh PCI)

Cch2 : Consommation de chauffage par le solaire (kWh PCI)

8.3 Installation de chauffage avec insert ou poêle bois en appoint

Configuration correspondant à un à un insert ou poêle en appoint dans le logement en plus d'un système principal chauffant tout le logement.

$$Cch1 = 0.75 * Bch * Ich1$$

$$Cch2 = 0.25 * Bch * Ich2$$

Cch1: Consommation de chauffage liée au système principal de chauffage (kWh PCI)

Cch2: Consommation de chauffage liée à l'insert ou au poêle (kWh PCI)

8.4 Installation de chauffage par insert, poêle bois (ou biomasse) avec un chauffage électrique dans la salle de bain

$$Cch1 = 0.9 * Bch * Ich1$$

$$Cch2 = 0.1 * Bch * Ich2$$

Cch1: Consommation de chauffage liée au poêle bois (kWh PCI) et

Cch2: Consommation de chauffage liée au chauffage électrique de la salle de bain (kWh PCI)

8.5 Installation de chauffage avec en appoint un insert ou poêle bois et un chauffage électrique dans la salle de bain

$$Cch1 = 0.75 * 0.9 * Bch * Ich1$$

$$Cch2 = 0.25 * 0.9 * Bch * Ich2$$

$$Cch3 = 0.1 * Bch * Ich3$$

Cch1: Consommation de chauffage liée au système principal de chauffage (kWh PCI)

Cch2: Consommation de chauffage liée à l'insert ou au poêle (kWh PCI)

Cch3: Consommation de chauffage liée au chauffage électrique de la salle de bain (kWh PCI)

8.6 Installation de chauffage avec chauffage solaire et insert ou poêle bois en appoint

$$Cch1 = 0.75 * Bch * (1 - Fch) * Ich1$$

$$Cch2 = 0.25 * Bch * (1 - Fch) * Ich2$$

$$Cch3 = Bch * Fch * (0.75 * Ich1 + 0.25 * Ich2)$$

Cch1: Consommation de chauffage liée au système principal de chauffage (kWh PCI)

Cch2: Consommation de chauffage liée à l'insert ou au poêle (kWh PCI)

Cch3 : Consommation de chauffage liée à l'installation solaire (kWh PCI)

8.7 Installation de chauffage avec plusieurs systèmes différents indépendants

Un minimum de six systèmes différents doit être proposé.

Surface chauffée par le système 1 : Sh1 (m²) ; Surface chauffée par le système 2 : Sh2 (m²)

Surface chauffée par le système 3 : Sh3 (m²) ; Surface chauffée par le système 4 : Sh4 (m²)

Surface chauffée par le système 5 : Sh5 (m²) ; Surface chauffée par le système 6 : Sh6 (m²)

$$Cch1 = Sh1 / Sh * Bch * Ich 1$$

$$Cch2 = Sh2 / Sh * Bch * Ich 2$$

$$Cch3 = Sh3 / Sh * Bch * Ich 3$$

$$Cch4 = Sh4 / Sh * Bch * Ich 4$$

$$Cch5 = Sh5 / Sh * Bch * Ich 5$$

$$Cch6 = Sh6 / Sh * Bch * Ich 6$$

Pour une partie i du bâtiment indépendant au niveau aéraulique du reste du bâtiment, sa consommation de chauffage sera traitée de façon indépendante en considérant pour son besoin de départ :

$$Bchi = Shi / Sh * Bch$$

Dans ce cas toutes les installation précédentes peuvent être traitées.

Cette configuration peut correspondre à des appartements en immeuble collectif d'habitation, ou encore à des maisons individuelles composées de deux lots.

8.8 Installation de chauffage avec chaudière en relève de PAC

$$Cch1 = 0.8 * Bch * Ich 1$$

$$Cch2 = 0.2 * Bch * Ich 2$$

Cch1 et Cch2 sont respectivement les consommations de chauffage de la PAC et de la chaudière (kWh PCI)

8.9 Installation de chauffage avec chaudière en relèvement de PAC avec insert ou poêle bois en appoint

$$C_{ch1} = 0.8 * 0.75 * B_{ch} * I_{ch1}$$

$$C_{ch2} = 0.2 * 0.75 * B_{ch} * I_{ch2}$$

$$C_{ch3} = 0.25 * B_{ch} * I_{ch3}$$

C_{ch1} et C_{ch2} sont respectivement les consommations de chauffage de la PAC et de la chaudière (kWh PCI).

C_{ch3} Consommation de chauffage de l'insert ou du poêle en appoint (kWh PCI)

8.10 Installation de chauffage collectif avec Base + appoint

8.10.1 Cas général

Par hypothèse, la base fonctionne en permanence tant que la température extérieure reste supérieure à 14°C cette température extérieure correspond à un besoin nul. La base fonctionne seule tant que la température extérieure reste supérieure à une température de dimensionnement T. A cette température T, le besoin instantané du bâtiment est égal à la puissance utile du générateur en base.

$$T = 14 - \frac{P_e * DH_{14}}{B_{ch}} \quad (°C)$$

P_e est la puissance émise utile par le générateur en base (W) $P_e = P_n * R_d * R_r * R_e$

P_n est la puissance nominale du générateur en base (W)

R_d , R_r et R_e sont respectivement le rendement de distribution, de régulation et d'émission de l'installation de chauffage de base.

DH_{14} sont les degrés heures de base 14 (°C).

Le besoin de chauffage assuré par la base est :

$$B_{ch_base} = B_{ch} * \left(1 - \frac{DH_T}{DH_{14}}\right) \quad (KWh)$$

$$DH_T = N * (T_{moy} - T_{min}) * X^5 * (14 - 28 * X + 20 * X^2 - 5 * X^3)$$

Avec :

$$X = \frac{1}{2} * \frac{T - T_{min}}{T_{moy} - T_{min}}$$

	Zone climatique		
	H1	H2	H3
N	5500	5200	4350
Tmoy	6.58	8.08	9.65
Tmin	-10.3	-9.6	-7.5
X	$\frac{T+10.3}{33.76}$	$\frac{T+9.6}{35.36}$	$\frac{T+7.5}{34.3}$
DH14	42030	33300	22200

$$Cch1 = Bch_base * Ich1$$

$$Cch2 = (Bch - Bch_base) * Ich2$$

Cch1 et Cch2 : consommations respectives de chauffage liée à la base et à l'appoint (kWh PCI)

8.10.2 Convecteurs bi-jonction

La base et l'appoint sont assurés par un même convecteur disposant d'un circuit collectif assurant la base et un circuit individuel pour l'appoint.

$$Cch1 = 0.6 * Bch * Ich1$$

$$Cch2 = 0.4 * Bch * Ich1$$

En kWh PCI

9 Rendement de distribution, d'émission et de régulation de chauffage

Données d'entrée secondaires :

Type d'émetteur

Type de distribution

Installation collective ou individuelle

Type de d'installation (convecteur, panneaux rayonnants, Chaudières,...)

Re, Rd et Rr sont respectivement les rendements d'émission, de distribution et de régulation.

9.1 Rendement d'émission

Type d'émetteur	Re
Convecteur électrique NFC	0,95
Panneau rayonnant électrique NFC	0,97
Radiateur électrique NFC	0,97
Autre émetteur à effet joule	0,95
Autres radiateurs et convecteurs	0,95
Soufflage d'air chaud	0,95
Plancher chauffant	1
Plafond rayonnant	0,98

9.2 Rendement de distribution

Type de distribution	Rd	
	Non isolé	Isolé
Pas de réseau de distribution	1	1
Réseau aéraulique collectif	0,8	0,85
Réseau aéraulique individuel	0,85	0,85
Réseau collectif eau chaude haute température ($\geq 65^{\circ}\text{C}$)	0,85	0,87
Réseau collectif eau chaude moyenne ou basse température ($< 65^{\circ}\text{C}$)	0,87	0,9
Réseau individuel eau chaude moyenne ou basse température ($< 65^{\circ}\text{C}$)	0,95	0,95
Réseau individuel eau chaude haute température ($\geq 65^{\circ}\text{C}$)	0,92	0,92

9.3 Rendement de régulation

	Type d'installation	Rr
Installation individuelle	Convecteur électrique NFC	0,99
	Panneau rayonnant électrique NFC	0,99
	Radiateur électrique NFC	0,99
	Electrique direct autre	0,96
	Plancher ou plafond rayonnant électrique avec régulation terminale	0,98
	Radiateur électrique à accumulation	0,95
	Plancher électrique à accumulation	0,95
	Split ou multisplit	0,96
	Radiateur gaz à ventouse ou sur conduit de fumées	0,96
	Poêle charbon/bois/fioul/GPL	0,80
	Chaudière électrique	0,90
	Radiateur sur chaudière ou réseau de chaleur sans robinet thermostatique	0,90
	Radiateur sur chaudière ou réseau de chaleur avec robinet thermostatique	0,95
Installation collective	PAC air/air; air/eau; eau/eau; géothermie	0,95
	Radiateur sans robinet thermostatique	0,90
	Radiateur avec robinet thermostatique	0,95
	Convecteur bi-jonction	0,90
	Plancher ou plafond rayonnant électrique	0,90

10 Rendement de génération des générateurs autres qu'à combustion

Données d'entrée secondaires :

Type de générateur

Type de régulation des PAC

10.1 Rendement des générateurs à effet joule direct et des réseaux de chaleur

Type de générateur	Rg
Générateur à effet joule direct	1
Chaudières électriques	0.77
Réseau de chaleur	0.9

10.2 COP des PAC installées

Type de générateur	COP
Split ou multi-split	2.6
PAC Air/Air installée	2.2
PAC Air/eau installée	2.6
PAC eau/eau installée	3.2
PAC géothermique installée	4

10.3 COP des PAC neuves recommandées

$$\text{COP} = \text{COP}_{\text{nom}} * \text{Cregul}$$

COP coefficient de performance annuel de la PAC

COP_{nom} coefficient de performance nominal à 7°C.

Cregul coefficient de correction pour la régulation.

Le COP nominal des PAC recommandées peut être issu des caractéristiques des PAC fournies sur le site <http://www.certita.org/>.

Si ce sont des valeurs déclarées par le fabricant (**COP_{decl}**), alors **COP_{nom} = 0.9 * COP_{decl}**

	Planchers	Autres émetteurs
Cregul	0,95	0,85

11 Rendement de génération des générateurs à combustion

Données d'entrée secondaires :

Type de générateur

Type de cascade

Présence d'une régulation

Type d'émetteur

Type d'énergie

Puissance nominale générateur

Rendement à pleine charge

Rendement à charge intermédiaire

Type de brûleur

Type de générateur	Rg
Poêle ou insert installé avant 2000 ou sans label flamme verte	0,5
Poêle ou insert installé après 2000 ou avec label flamme verte	0,7

Pour les générateurs à combustion, le calcul du rendement conventionnel annuel moyen pour un générateur donné est basé sur la prise en compte de valeurs conventionnelles de profils de charge.

Attention : Les systèmes remplacés dans le cadre des recommandations doivent l'être par des équipements de même puissance, si aucune étude de dimensionnement des installations n'est réalisée.

11.1 Profil de charge des générateurs

Le profil de charge conventionnel donne pour chaque intervalle de taux de charge, le coefficient de pondération correspondant.

11.1.1 Profil de charge conventionnel

Pour les bâtiments d'habitation, un profil de charge long est considéré (correspond au type d'horaire d'occupation longue).

Le tableau suivant donne le coefficient de pondération pour un profil de charge correspondant à une occupation longue (ex : logement)

Taux de charge Tchx	de 0% à 10%	de 10% à 20%	de 20% à 30%	de 30% à 40%	de 40% à 50%	de 50% à 60%	de 60% à 70%	de 70% à 80%	de 80% à 90%	de 90% à 100%
Coefficient de pondération coeff_pondx	0,1	0,25	0,2	0,15	0,1	0,1	0,05	0,025	0,025	0

Pour les calculs les taux de charge sont pris en milieu de classe (5% ; 15% ; 25% ; ... ; 85% ; 95%).

Le coefficient de pondération **Coeff_pond_x** est associé au taux de charge **Tch_x** qui correspond à l'intervalle **[Tch_x - 5%; Tch_x + 5%]**.

11.1.2 Présence de un ou plusieurs générateurs à combustion indépendants

Nous considérerons la présence dans la zone au maximum de N générateurs à combustion indépendants.

Les taux de charge doivent être pondérés par un coefficient **Cdimref** qui permet de prendre en compte les charges partielles.

Pour un seul générateur à combustion de puissance installée **Pn_{gen}** :

$$Cdimref = \frac{Pn_{gen}}{Déper * (Tint_{consigne} - Tbase_{ext})}$$

Pour N générateurs à combustion :

$$Cdimref = \frac{Pn_{gen_1} + Pn_{gen_2} + \dots + Pn_{gen_N}}{Déper * (Tint_{consigne} - Tbase_{ext})}$$

Pn_{gen_i} = puissance installée du générateur à combustion i (W)

Déper = déperditions totales du bâtiment (W/K)

Tbase_{ext} = **-9°C en H1; -6°C en H2; -3°C en H3**

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.

Les profils de charge conventionnels sont modifiés pour prendre en compte **Cdimref** : le coefficient **Coeff_pond_{x_dim}** est alors affecté au taux de charge **Tch_{x_dim}**.

$$Coeff_pond_{x_dim} = Coeff_pond_x$$

$$Tch_{x_dim} = \frac{Tch_x}{Cdimref}$$

Sauf pour le taux de charge **Tch₉₅** (correspondant à une charge entre 90% et 100%)

$$Tch_{95_dim} = Tch_{95}$$

En présence d'un ou de N générateurs indépendants :

- le taux de charge final de chaque générateur est : **Tch_{x_final} = Tch_{x_dim}**.
- Le coefficient de pondération final est : **Coeff_pond_{x_final} = Coeff_pond_{x_dim}**

11.1.3 Cascade de deux générateurs à combustion

Une donnée d'entrée est la puissance relative du générateur **i** : **Prel(gen_i)**.

$P_n(\text{gen}_i)$ est la puissance nominale du générateur i (W).

Dans notre cas avec 2 générateurs :

$$\text{Prel}(\text{gen}_1) = \frac{P_n(\text{gen}_1)}{P_n(\text{gen}_1) + P_n(\text{gen}_2)} \qquad \text{Prel}(\text{gen}_2) = \frac{P_n(\text{gen}_2)}{P_n(\text{gen}_1) + P_n(\text{gen}_2)}$$

On détermine pour chaque point de fonctionnement x et pour chaque générateur i sa contribution $\text{CTch}_{x,\text{dim}}(\text{gen}_i)$ au taux de charge du système $\text{Tch}_{x,\text{dim}}$.

11.1.3.1 Cascade avec priorité

Dans notre cas avec 2 générateurs en cascade, le générateur 1 sera le plus performant ou à défaut le plus puissant. Il sera considéré comme prioritaire si aucune information complémentaire n'est disponible :

La contribution $\text{CTch}_{x,\text{dim}}$ de chaque générateur au taux de charge $\text{Tch}_{x,\text{dim}}$ est :

$$\text{CTch}_{x,\text{dim}}(\text{gen}_1) = \min(\text{Prel}(\text{gen}_1); \text{Tch}_{x,\text{dim}})$$

$$\text{CTch}_{x,\text{dim}}(\text{gen}_2) = \min(\text{Prel}(\text{gen}_2); \text{Tch}_{x,\text{dim}} - \text{CTch}_{x,\text{dim}}(\text{gen}_1))$$

Avec le taux de charge final suivant :

$$\text{Tch}_{x,\text{final}}(\text{gen}_1) = \min\left(1; \frac{\text{CTch}_{x,\text{dim}}(\text{gen}_1)}{\text{Prel}(\text{gen}_1)}\right)$$

$$\text{Tch}_{x,\text{final}}(\text{gen}_2) = \min\left(1; \frac{\text{CTch}_{x,\text{dim}}(\text{gen}_2)}{\text{Prel}(\text{gen}_2)}\right)$$

11.1.3.2 Cascade sans priorité (même contribution au taux de charge)

$$\text{CTch}_{x,\text{dim}}(\text{gen}_1) = \text{CTch}_{x,\text{dim}}(\text{gen}_2) = \frac{\text{Tch}_{x,\text{dim}}}{2}$$

Avec le taux de charge final suivant :

$$\text{Tch}_{x,\text{final}}(\text{gen}_1) = \min\left(1; \frac{\text{CTch}_{x,\text{dim}}(\text{gen}_1)}{\text{Prel}(\text{gen}_1)}\right)$$

$$\text{Tch}_{x,\text{final}}(\text{gen}_2) = \min\left(1; \frac{\text{CTch}_{x,\text{dim}}(\text{gen}_2)}{\text{Prel}(\text{gen}_2)}\right)$$

Le coefficient de pondération final est :

$$\begin{aligned} & \text{Coeff_pond}_{x_final}(\text{gen}_1) \\ &= \frac{\frac{\text{CTch}_{x_dim}(\text{gen}_1)}{\text{Tch}_{x_dim}} * \text{Coeff_pond}_{x_dim}(\text{gen}_1)}{\frac{\text{CTch}_{5_dim}(\text{gen}_1)}{\text{Tch}_{5_dim}} * \text{Coeff_pond}_{5_dim}(\text{gen}_1) + \dots + \frac{\text{CTch}_{95_dim}(\text{gen}_1)}{\text{Tch}_{95_dim}} * \text{Coeff_pond}_{95_dim}(\text{gen}_1)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{Coeff_pond}_{x_final}(\text{gen}_2) \\ &= \frac{\frac{\text{CTch}_{x_dim}(\text{gen}_2)}{\text{Tch}_{x_dim}} * \text{Coeff_pond}_{x_dim}(\text{gen}_2)}{\frac{\text{CTch}_{5_dim}(\text{gen}_2)}{\text{Tch}_{5_dim}} * \text{Coeff_pond}_{5_dim}(\text{gen}_2) + \dots + \frac{\text{CTch}_{95_dim}(\text{gen}_2)}{\text{Tch}_{95_dim}} * \text{Coeff_pond}_{95_dim}(\text{gen}_2)} \end{aligned}$$

11.2 Pertes au point de fonctionnement

QP_x (kW) Représente les pertes au point de fonctionnement x (taux de charge x)

QP_0 sont les pertes à l'arrêt (kW)

R_{Pn} et R_{Pint} sont respectivement les rendements à pleine charge et à charge intermédiaire

Pn est la puissance nominale du générateur (kW)

11.2.1 Chaudières basse température et condensation :

Pour les chaudières basse température et condensation, le point de fonctionnement w correspond à un fonctionnement à 15% de charge.

Entre 0 et 15% de charge :

$$QP_x = \frac{[QP_{15} - QP_0] * x}{0.15} + QP_0$$

Entre 15 et 30% de charge :

$$QP_x = \frac{[QP_{30} - QP_{15}] * x}{0.15} + QP_{15} - \frac{[QP_{30} - QP_{15}] * 0.15}{0.15}$$

Entre 30 et 100% de charge :

$$QP_x = \frac{[QP_{100} - QP_{30}] * x}{0.7} + QP_{30} - \frac{[QP_{100} - QP_{30}] * 0.3}{0.7}$$

$$QP_{15} = \frac{QP_{30}}{2}$$

$$QP_{30} = 30 * P_n * \frac{100 - (R_{P_{int}} + 0.001 * (50 - T_{fonc_{30}}))}{R_{P_{int}} + 0.001 * (50 - T_{fonc_{30}})} \quad \text{S'il y a une régulation}$$

$$QP_{30} = 30 * P_n * \frac{100 - (R_{P_{int}} + 0.001 * (50 - T_{fonc_{100}}))}{R_{P_{int}} + 0.001 * (50 - T_{fonc_{100}})} \quad \text{En l'absence de régulation}$$

$$QP_{100} = P_n * \frac{100 - (R_{P_n} + 0.1 * (70 - T_{fonc_{100}}))}{R_{P_n} + 0.1 * (70 - T_{fonc_{100}})}$$

$T_{fonc_{100}}$ (°C) est la température de fonctionnement de la chaudière à 100% de charge. Elle est donnée dans le tableau suivant en fonction des périodes d'installation et des types d'émetteur :

Température de distribution/ Type d'émetteur	Période		
	Avant 1980	Entre 1981 et 2000	Après 2000
Basse/ Plancher basse température	60	35	35
Moyenne/ Radiateur à chaleur douce	80	70	60
Haute/ Autres émetteurs	80	70	70

Température de fonctionnement des chaudières à 100 % de charge

$T_{fonc_{30}}$ (°C) est la température de fonctionnement de la chaudière à 30% de charge. Elle est donnée selon le type d'installation.

Chaudière Condensation			
Température de distribution / Type d'émetteur	Période (émetteurs)		
	Avant 1980	Entre 1981 et 2000	Après 2000
Basse / Plancher basse Température	32	24.5	24.5
Moyenne / Radiateur à chaleur douce	38	35	32
Haute / Autres émetteurs	38	35	35

Chaudière Basse Température			
Température de distribution / Type d'émetteur	Période (émetteurs)		
	Avant 1980	Entre 1981 et 2000	Après 2000
Basse / Plancher basse Température	42.5	35	35
Moyenne / Radiateur à chaleur douce	48.5	45.5	42.5
Haute / Autres émetteurs	48.5	45.5	45.5

Si un système de génération alimente des réseaux de distribution de températures différentes, la température de fonctionnement est prise égale à la température maximale.

Pour les installations neuves, les caractéristiques réelles des chaudières basse température et condensation présentées sur le site <http://www.rt2005-chauffage.com/> peuvent être saisies.

11.2.2 Chaudières standard

Pour les chaudières standards, le point de fonctionnement w correspond à un fonctionnement à 30% de charge.

Entre 0 et 30% de charge :

$$QP_x = \frac{[QP_{30} - QP_0] * x}{0.3} + QP_0$$

Entre 30 et 100% de charge :

$$QP_x = \frac{[QP_{100} - QP_{30}] * x}{0.7} + QP_{30} - \frac{[QP_{100} - QP_{30}] * 0.3}{0.7}$$

$$QP_{30} = 30 * P_n * \frac{100 - (R_{pint} + 0.001 * (50 - T_{func_{30}}))}{R_{pint} + 0.001 * (50 - T_{func_{30}})}$$

$$QP_{100} = P_n * \frac{100 - (R_{pn} + 0.1 * (70 - T_{func_{100}}))}{R_{pn} + 0.1 * (70 - T_{func_{100}})}$$

$T_{func_{30}}$ (°C) est la température de fonctionnement de la chaudière à 30% de charge. Elle est donnée selon le type d'installation.

Chaudière Standard depuis 1994				Chaudière Standard jusqu'en 1993			
Température de distribution / Type d'émetteur	Période (émetteurs)			Température de distribution / Type d'émetteur	Période (émetteurs)		
	Avant 1980	Entre 1981 et 2000	Après 2000		Avant 1980	Entre 1981 et 2000	Après 2000
Basse / Plancher basse Température	49.5	45	45	Basse / Plancher basse Température	53	50	50
Moyenne / Radiateur à chaleur douce	55.5	52.5	49.5	Moyenne / Radiateur à chaleur douce	59	56	53
Haute / Autres émetteurs	55.5	52.5	52.5	Haute / Autres émetteurs	59	56	56

Si un système de génération alimente des réseaux de distribution de températures différentes, la température de fonctionnement est prise égale à la température maximale.

Pour les installations neuves, les caractéristiques réelles des chaudières standards présentées sur le site <http://www.rt2005-chauffage.com/> peuvent être saisies.

11.2.3 Générateurs d'air chaud

Pour les générateurs d'air chaud standard, le point de fonctionnement w correspond à un fonctionnement à 50% de charge.

Entre 0 et 50% de charge :

$$QP_x = \frac{[QP_{50} - QP_0] * x}{0.5} + QP_0$$

Entre 50 et 100% de charge :

$$QP_x = \frac{[QP_{100} - QP_{50}] * x}{0.5} + 2 * QP_{50} - QP_{100}$$

$$QP_{50} = 50 * P_n * \frac{100 - R_{pint}}{R_{pint}}$$

$$QP_{100} = P_n * \frac{100 - R_{pn}}{R_{pn}}$$

$$QP_0 = \frac{P_n * (1.75 - 0.55 * \log P_n)}{100}$$

L'expression de QP_0 est valable pour une puissance nominale inférieure ou égale à 300 kW. On conservera les valeurs pour $P_n = 300$ kW si $P_n > 300$ kW.

- Si les équipements sont anciens (avant 2006)

$$R_{pn} = 74\%$$

$$R_{pint} = 77\%$$

- Si les équipements sont neufs (après 2006)

- Pour un générateur standard

$$R_{pn} = 84\%$$

$$R_{pint} = 77\%$$

- Pour un générateur à condensation

$$R_{pn} = 90\%$$

$$R_{pint} = 83\%$$

Pour les installations neuves, les caractéristiques réelles des générateurs à air chaud présentées sur le site <http://www.rt2005-chauffage.com/> peuvent être saisies.

11.2.4 Radiateurs à gaz

$$QP_x = f_{maj} * \frac{100 - R_{pn}}{R_{pn}} * P_n * Tch_{x,final}$$

f_{maj} est un coefficient de majoration qui tient compte du fait que ces générateurs fonctionnent en moyenne à une puissance inférieure à la puissance nominale.

Radiateur gaz		
Ventilateur côté combustion	Évacuation des fumées	f_{maj}
Oui	Tout type	1,02
Non	Par micro ventouse	1,04
Non	Par une cheminée	1,06

- Pour les radiateurs à gaz neufs (après 2006) :

Si $P_n < 5kW$: $R_{pn} = 80 + \log P_n$

Si $P_n \geq 5kW$: $R_{pn} = 82 + \log P_n$

- Pour les radiateurs à gaz anciens (avant 2006) :

Si $P_n < 5kW$: $R_{pn} = 70\%$

Si $P_n \geq 5kW$ et sans ventilateur coté combustion : $R_{pn} = 72\%$

Si $P_n \geq 5kW$ avec ventilateur coté combustion : $R_{pn} = 74\%$

11.2.5 Chaudières bois

Le point de fonctionnement w des chaudières bois correspond à 50% de charge.

Entre 0 et 50% de charge :

$$QP_x = \frac{[QP_{50} - QP_0] * x}{0.5} + QP_0$$

Entre 50 et 100% de charge :

$$QP_x = \frac{[QP_{100} - QP_{50}] * x}{0.5} + 2 * QP_{50} - QP_{100}$$

$$QP_{50} = 0.5 * P_n * \frac{100 - R_{Pint}}{R_{Pint}}$$

$$QP_{100} = P_n * \frac{100 - R_{Pn}}{R_{Pn}}$$

Pour les chaudières classe 3

$$R_{Pn} = 67 + 6 * \log P_n$$

$$R_{Pint} = 68 + 6 * \log P_n$$

Pour les chaudières classe 2

$$R_{Pn} = 57 + 6 * \log P_n$$

$$R_{Pint} = 58 + 6 * \log P_n$$

Pour les chaudières classe 1

$$R_{Pn} = 47 + 6 * \log P_n$$

$$R_{Pint} = 48 + 6 * \log P_n$$

L'expression de R_{Pn} de R_{Pint} est valable pour une puissance nominale inférieure ou égale à 70 kW. On conservera les valeurs pour $P_n = 70$ kW si $P_n > 70$ kW.

Les pertes à l'arrêt QP_0 dépendent de l'âge de la chaudière et du type de brûleur :

Type de chaudière	Année de fabrication	QP_0
Chaudière atmosphérique à biomasse	Avant 1978	$QP_0 = P_n * \frac{0.08}{100} * (P_n_limit)^{-0.27}$
	De 1978 à 1994	$QP_0 = P_n * \frac{0.07}{100} * (P_n_limit)^{-0.3}$
	Après 1994	$QP_0 = P_n * \frac{0.085}{100} * (P_n_limit)^{-0.4}$
Chaudière à biomasse assistée par ventilateur	Avant 1978	$QP_0 = P_n * \frac{0.09}{100} * (P_n_limit)^{-0.28}$
	De 1978 à 1994	$QP_0 = P_n * \frac{0.075}{100} * (P_n_limit)^{-0.31}$
	Après 1994	$QP_0 = P_n * \frac{0.085}{100} * (P_n_limit)^{-0.4}$

P_n_limit puissance nominale en kW; limitée à une valeur maximale de 400kW. Si la puissance nominale est supérieure à 400 kW.

Pour les installations neuves, les caractéristiques réelles des chaudières bois présentées sur le site <http://www.rt2005-chauffage.com/> peuvent être saisies.

11.3 Valeurs par défaut des caractéristiques des chaudières

11.3.1 Chaudières gaz

Chaudières gaz- valeurs par défaut R_{Pn} , R_{Pint} et Q_{p0}						
type	Ancienneté	Puissance nominale P_n (kW)	Rendement (PCI) R_{Pn} (%)	Rendement (PCI) R_{Pint} (%)	Q_{p0} en % puissance nominale P_n	Puissance veilleuse en W (si veilleuse)
Classique	Avant 1980	<14	79 %	74 %	4 %	240
		=23	82 %	77 %	4 %	240
		P_n	$79+2\log P_n$	$73+3\log P_n$	4 %	240
	1981 - 1985	=23	85 %	80 %	2 %	150
		P_n	$82+2\log P_n$	$76+3\log P_n$	2 %	150
		1986 - 1990	=23	86 %	83 %	1.5 %
standard	1991 - 2000	23	87 %	84 %	1.2 %	120
		P_n	$84 + 2\log P_n$	$80 + 3\log P_n$	1.2 %	120
	Après 2000 *	23	87 %	84 %	1 %	NA
		P_n	$84+ 2\log P_n$	$80+3\log P_n$	1 %	NA
BT	1991 - 2000	23	89.5 %	89.5 %	1.2 %	120
		P_n	$87.5 +1.5\log P_n$	$87.5 +1.5\log P_n$	1.2 %	120
	Après 2000 *	23	89.5 %	89.5 %	1 %	NA
		P_n	$87.5 +1.5\log P_n$	$87.5 +1.5\log P_n$	1 %	NA
Condensation	1981 - 1985	23	93 %	98 %	1 %	150
		P_n	$91+1\log P_n$	$97+1\log P_n$	1 %	150
	1986 - 2000	23	93 %	98 %	1 %	120
		P_n	$91+1\log P_n$	$97+1\log P_n$	1 %	120
	Après 2000 *	23	93 %	98 %	1 %	NA
		P_n	$91+1\log P_n$	$97+1\log P_n$	1 %	NA

* Les valeurs de la base <http://www.rt2005-chauffage.com/> peuvent aussi être utilisées

11.3.2 Chaudières fioul

Type	Ancienneté	Puissance nominale P _n (kW)	Rendement (PCI) R _{p_n} (%)	Rendement (PCI) R _{p_{int}} (%)	Q _{po} en % puissance nominale P _n
Classique	Avant 1970	23	77 %	67 %	4 %
		P _n	74+2logP _n	63+3logP _n	4 %
	1970 - 1975	23	80 %	75 %	3 %
		P _n	77+2logP _n	71+3logP _n	3 %
	1976 - 1980	23	81 %	80 %	2 %
		P _n	78+2logP _n	76+3logP _n	2 %
1981 - 1990	23	83 %	82 %	1 %	
	P _n	80+2logP _n	78+3logP _n	1 %	
standard	Depuis 1991	23	87 %	84 %	1 %
		P _n	84+2logP _n	80+3logP _n	
BT	Depuis 1991	23	89.5 %	89.5 %	1 %
		P _n	87.5+1.5P _n	87.5+1.5P _n	
Condensation	Depuis 1996	23	92.5 %	98 %	1 %
		P _n	91+1logP _n	97+1logP _n	

11.4 Puissances moyennes fournies et consommées

On calcule les puissances fournies et consommées (en kW) par un générateur au point de fonctionnement x :

$$P_{fou_{x-fonc}} = P_x * coeff_pond_{x_final} \qquad P_{cons_{x-fonc}} = P_{fou_{x-fonc}} * \frac{P_x + Q_{P_x}}{P_x}$$

Avec : $P_x = P_n * Tch_{x_final}$

Puissances moyennes fournies et consommées par un générateur :

$$P_{mfou} = \sum_{x=0\%}^{x=100\%} P_{fou_{x-fonc}}$$

$$P_{mfou} = P_5 * Coeff_pond_{5_final} + P_{15} * Coeff_pond_{15_final} + \dots + P_{95} * Coeff_pond_{95_final}$$

$$P_{mcons} = \sum_{x=0\%}^{x=100\%} P_{cons_{x-fonc}}$$

$$P_{mcons} = P_5 * Coeff_pond_{5_final} * \frac{P_5 + Q_{P_5}}{P_5} + P_{15} * Coeff_pond_{15_final} * \frac{P_{15} + Q_{P_{15}}}{P_{15}} + \dots + P_{95} * Coeff_pond_{95_final} * \frac{P_{95} + Q_{P_{95}}}{P_{95}}$$

11.5 Rendement conventionnel annuel moyen de génération de chauffage

$$R_g = \frac{P_{mfou}}{P_{mcons} + 0,3 * QP_0 + P_{veill}}$$

P_{veill} est la puissance de la veilleuse (kW)

Une chaudière standard avec un condenseur sur ses fumées est traitée comme une chaudière condensation de même ancienneté.

12 Calcul de la consommation d'ECS

Données d'entrée principales :

Rendement de génération : R_g (sans dimension)

Rendement de distribution : R_d (sans dimension)

Rendement de stockage : R_s (sans dimension)

Type d'installation d'ECS : avec ou sans solaire ; base + appoint...

Puissance nominale des générateurs : P_n (W)

Données d'entrée secondaires :

Type d'installation

$$C_{ecs} = B_{ecs} * I_{ecs} - Prs \quad (\text{kWh PCI})$$

$$I_{ecs} = \frac{1}{R_s + R_d + R_g}$$

Becs : Besoin d'ECS (kWh)

Prs : pertes de chaleur récupérable des systèmes (kWh)

Pertes récupérables des systèmes prs (kWh/m ²)					
			Zone climatique		
Type d'installation	Type de production	Type de systèmes	H1	H2	H3
Individuelle	Instantannée	Chauffe-bain	2,1	2	1,7
		Chaudière mixte	1,05	1	0,85
	A accumulation	Ballon en volume habitable	3,7	3,5	3,05
		Ballon hors volume habitable	1,05	1	0,85
Collective		Tous les systèmes	1,05	1	0,85

12.1 Un seul système d'ECS avec solaire

$$Cecs = Becs * (1 - Fecs) * Iecs - Prs$$

Fecs est le facteur de couverture solaire (voir annexe)

12.2 Plusieurs systèmes d'ECS (limité à 2 systèmes différents)

$$Cecs1 = 0.5 * Becs * Iecs1 - Prs1$$

$$Cecs2 = 0.5 * Becs * Iecs2 - Prs2$$

13 Rendement de distribution de l'ECS

Données d'entrée secondaires :

Type d'installation

Localisation de la production

Configuration des logements

Isolation du réseau collectif

13.1 Installation individuelle

Rendement de distribution Rd	Production en volume habitable		Production hors volume habitable
	Pièces alimentées contiguës	Pièces alimentées non contiguës	
Electrique classique	0.9	0.85	0.8
Electrique thermodynamique	0.95	0.9	0.85
Autre type de chauffe-eau	0.92	0.87	0.82

Les pièces considérées sont les salles de bain et les cuisines. S'il existe plusieurs salles de bain en plus de la cuisine, il faut vérifier leur contiguïté verticale ou horizontale.

13.2 Installation collective

Rendement de distribution Rd	Majorité des logements	
	Pièces alimentées contiguës	Pièces alimentées non contiguës
Réseau collectif non isolé	0.276	0.261
Réseau collectif isolé	0.552	0.522

14 Rendement de stockage de l'ECS

Données d'entrée secondaires :

Volume des ballons

Type de ballon

Catégorie des ballons

Type d'alimentation du ballon

14.1 Pertes de stockage des ballons d'accumulation

La présence d'un ballon de préparation de l'ECS est responsable de pertes de stockage :

$$Q_{\text{E,w}} = 56.28 * V_s^{0.55} \quad \text{en kWh}$$

V_s est le volume du ballon de stockage (litres).

S'il n'y a pas de stockage $Q_{\text{E,w}} = 0$

14.2 Pertes des ballons électriques

Les pertes de stockage des ballons électriques sont données par la relation suivante :

$$Q_{\text{E,w}} = 13.6 * V_s * Cr * C_{\text{ef}} \quad \text{en kWh}$$

V_s est le volume du ballon de stockage (litres) et Cr sa constante de refroidissement (Wh/l.°C.jour)

Constante de refroidissement (Cr)	Volume du ballon (litre)				
	≤ 100	entre 100 et 200	entre 200 et 300	300 <	
Chauffe-eau horizontal	0.39	0.33	0.3	0.3	
Chauffe-eau vertical	Catégorie A	0.35	0.26	0.24	0.22
	Catégorie B	0.32	0.23	0.22	0.22
	Catégorie C	0.27	0.22	0.2	0.18

C _{ef}	Ballon en volume habitable	Ballon hors volume habitable
Alimentation heure creuse	0.6	0.75
Alimentation permanente	0.9	1.1

14.3 Rendement de stockage

$$R_s = \frac{1}{1 + \frac{Q_{\text{E,w}} * R_d}{B_{\text{ecs}}}}$$

15 Calcul du besoin d'eau chaude sanitaire (Becs)

Données d'entrée principales :

Nombre d'appartement : N (sans dimension)

θ_{cw} Température de l'eau froide entrant dans le système de préparation chaude : 10,5°C en H1 ; 12°C en H2 ; 14,5°C en H3.

Sh est la surface habitable des maisons et appartements (m²).

Sh_{moy} est la surface habitable moyenne d'un appartement dans un immeuble collectif (m²).

N est le nombre d'appartements dans un immeuble collectif d'habitation

Le besoin d'eau chaude sanitaire est calculé de façon conventionnelle sur la base d'un profil d'occupation standard du bâtiment.

15.1 Surface habitable $\leq 27\text{m}^2$

15.1.1 Maison ou appartement

$$Becs = 0.988 * (40 - \theta_{cw}) * Sh \quad \text{en kWh}$$

15.1.2 Immeuble de N appartements

$$Becs = N * 0.988 * (40 - \theta_{cw}) * Sh_{moy} \quad \text{en kWh}$$

15.2 Surface habitable $> 27\text{m}^2$

15.2.1 Maison ou appartement

$$Becs = 0.0558 * (470.9 * \ln(Sh) - 1075) * (40 - \theta_{cw}) * Sh \quad \text{en kWh}$$

15.2.2 Immeuble de N appartements

$$Becs = N * 0.0558 * (470.9 * \ln(Sh_{moy}) - 1075) * (40 - \theta_{cw}) * Sh_{moy} \quad \text{en kWh}$$

16 Rendement de génération d'ECS

Données d'entrée secondaires :

Type de production

Puissance nominale

Rendement à pleine charge et à charge intermédiaire

Pertes à l'arrêt

Volume de stockage

Isolation de la distribution

Type de distribution

Température de distribution,

Type d'alimentation

16.1 Générateurs à combustion

16.1.1 Production d'ECS seule par chaudière gaz, fioul ou chauffe-eau gaz

Le rendement conventionnel annuel moyen de génération d'ECS a pour expression :

$$R_g = \frac{1}{\frac{1}{R_{pn}} + \left(1675 * \frac{QP_0}{B_{ecs}}\right) + \left(6215 * \frac{P_{veil}}{B_{ecs}}\right)}$$

B_{ecs} est l'énergie annuelle à fournir par le générateur pour l'ECS en kWh

P_{veil} est la puissance de la veilleuse en kW

QP₀ Pertes à l'arrêt du générateur en kW

R_{pn} Rendement à pleine charge du générateur

Pour un chauffe-eau gaz, les valeurs de **P_{veil}**, **QP₀**, **R_{pn}** sont données dans le tableau suivant :

Ancienneté	P _n < 10 kW		P _n > 10 kW		Puissance veilleuse en W (si veilleuse)
	Rendement (PCI) R _{pn} (%)	Q _{p0} en % puissance nominale P _n	Rendement (PCI) R _{pn} (%)	Q _{p0} en % puissance nominale P _n	
Avant 1980	70.0 %	4.0 %	70.0 %	4.0 %	150
1981-1989	75.0 %	2.0 %	75.0 %	2.0 %	120
1990 - 2000	81.0 %	1.2 %	82.0 %	1.2 %	120
Après 2000*	82.0 %	1.0 %	84.0 %	1.0 %	100

Pour les autres générateurs voir le paragraphe sur le rendement des générateurs à combustion.

16.1.2 Production mixte par chaudière gaz, fioul, bois

$$R_g = \frac{1}{\frac{1}{R_{pn}} + \left(1675 * \frac{QP_0}{Becs}\right) + \left(6215 * \frac{0.5 * P_{veil}}{Becs}\right)}$$

QP_0 sont les pertes à l'arrêt de la chaudière (kW).

R_{pn} est le rendement à 100% de charge.

16.1.3 Accumulateur gaz

$$R_g = \frac{1}{\frac{1}{R_{pn}} + \frac{(8040 * QP_0 + Q_{g,w})}{Becs} + \left(6215 * \frac{P_{veil}}{Becs}\right)}$$

Avec : $Q_{g,w} = 8.040 * (11 * V_{s^{\frac{2}{3}}} + 0.015 * P_n)$ en kWh

Les caractéristiques par défaut peuvent être retrouvées dans les tableaux suivants :

Ancienneté	Type de chaudière	Qp0 en % de Pn
Avant 1989	Classique	2%
1990-2000		1.20%
Après 2000		1%
1996-2000	Condensation	1%
Après 2000		1%

Ancienneté	Type	R_{pn} (rendement PCI à 100 % de charge) %	Pveil (Puissance de la veilleuse) W
Avant 1989	Classique	81 %	200
1990 - 2000		84 %	150
Après 2000		84 %	150
1996-2000	A condensation	98 %	NA
Après 2000 *			

16.1.4 Chauffe bain au gaz à production instantanée

Le rendement de stockage est égal à 1.

- Pour un chauffe-bain sans veilleuse

$$R_g = \frac{0.7}{1 + 0.28 * Rd}$$

- Pour un chauffe bain avec veilleuse

$$R_g = \frac{0.7}{1 + 0.14 * Rd + \frac{490 * Rd}{Becs}}$$

16.2 Chauffe-eau thermodynamique à accumulation

- En présence d'un appoint électrique :

$$Rs * Rg = \frac{1}{\frac{3}{1 + 2 * COP} + Rd * \frac{11.9 * Cr * Vs * \left(Cef - 0.0576 \frac{BeCs}{Pn * Rd * COP} \right)}{BeCs}}$$

- Sans appoint électrique :

$$Rs * Rg = \frac{1}{\frac{1}{COP} + Rd * \frac{11.9 * Cr * Vs * \left(Cef - 0.0576 \frac{BeCs}{Pn * Rd * COP} \right)}{BeCs}}$$

COP est le coefficient de performance du chauffe-eau :

- Chauffe-eau sur air extrait : **COP = 1.6**
- Chauffe-eau sur air extérieur : **COP = 1.4**

Cr est le coefficient de refroidissement (Wh/l.°C.jour)

	Capacité de stockage en litre				
	≤ 100	entre 100 et 200	entre 200 et 300	entre 300 et 400	400 <
Cr	0.48	0.38	0.36	0.35	0.34

Vs est le volume de stockage du chauffe-eau (litre)

Rd est le rendement de distribution

Pn est la puissance nominale du chauffe-eau (W)

BeCs est le besoin d'ECS (kWh)

Cef	Ballon en volume habitable	Ballon hors volume habitable
Alimentation heure creuse	0.6	0.75
Alimentation permanente	0.9	1.1

16.3 Réseau de chaleur

Les rendements de stockage et de génération sont remplacés par le rendement d'échange de la sous station :

$R_s * R_g$	Distribution de vapeur	Distribution d'eau surchauffée $T^\circ > 100^\circ\text{C}$	Distribution d'eau $T^\circ < 100^\circ\text{C}$
Conduites et équipements non isolés	0.44	0.54	0.64
Conduites seules isolées	0.66	0.76	0.81
Conduites et équipements isolés	0.83	0.89	0.89

17 Calcul des consommations de refroidissement en maison

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

Données d'entrée :

- Surface habitable (m^2) : S_h
- Pourcentage de surface habitable climatisée : α
- Zone climatique été

$$S_{\text{clim}} = \alpha \times S_h$$

Calcul de R_{clim} :

R_{clim}		$S_{\text{clim}} < 150\text{m}^2$	$S_{\text{clim}} \geq 150\text{m}^2$
Zone	Ea	2	4
	Eb	3	5
	Ec	4	6
	Ed	5	7

18 Consommations de refroidissement en immeuble

Données d'entrée secondaires :

Type de climatisation

Etage

$$C_{\text{clim}} = R_{\text{clim}} * S_{\text{clim}} * \text{COR}_{\text{clim}} \quad (\text{en kWhPCS})$$

Calcul de S_{clim} :

$$S_{\text{clim}} = \alpha * S_H \quad (0 \leq \alpha \leq 1)$$

Calcul de Rclim :

Rclim		Autre	Dernier étage
Zone	Ea	1.5	2
	Eb	2	3
	Ec	3	4
	Ed	4	5

Calcul de CORclim :

Si refroidissement au gaz naturel : 2.8 sinon 1

Facteur de conversion PCS/PCI :

Gaz naturel : Consommation PCS=1.11 Consommation PCI

19 Prise en compte de systèmes particuliers

Production d'électricité par des capteurs photovoltaïques (Ppv) : $P_{pv} = 100 * \text{Scapeurs (kWh/an)}$

Production d'électricité par une micro-éolienne (Peo) : $P_{eo} = 2000 \text{ (kWh/an)}$

Production de chauffage et d'électricité par cogénération :

- Pour le chauffage, assimiler les rendements à une chaudière condensation.
- Pour l'électricité : $P_{co} = C_{ch}/8$

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

20 Annexes

20.1 Fecs pour une maison avec Ecs solaire seule

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

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

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

20.2 Fecs pour une maison avec chauffage et Ecs solaire

Département	Fecs (%)		
1	89	50	89
2	86	51	86
3	90	52	88
4	96	53	90
5	95	54	87
6	98	55	86
7	96	56	90
8	86	57	86
9	96	58	89
10	88	59	86
11	96	60	87
12	94	61	89
13	96	62	86
14	89	63	91
15	91	64	98
16	94	65	94
17	94	66	99
18	89	67	86
19	91	68	88
20	98	69	90
21	88	70	89
22	89	71	89
23	91	72	89
24	94	73	92
25	89	74	89
26	96	75	87
27	87	76	87
28	89	77	87
29	90	78	87
30	97	79	99
31	94	80	87
32	94	81	94
33	94	82	94
34	97	83	100
35	90	84	96
36	89	85	92
37	89	86	91
38	92	87	91
39	89	88	88
40	96	89	89
41	89	90	88
42	90	91	87
43	91	92	87
44	92	93	87
45	89	94	87
46	93	95	87
47	94		
48	94		
49	92		

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

20.3 Fecs pour une immeuble avec Ecs solaire seule

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

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

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

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

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