

## Chapitre III : *Bilan thermique*

### III-1-Principe du bilan thermique d'hiver

Le bilan thermique permet d'estimer la puissance de chauffe à installer pour combattre les déperditions d'un local, celles-ci sont égales les déperditions à travers les parois et les déperditions par le flux d'air d'un local.

### III- 2-Calcul des déperditions

Calculer les déperditions thermiques c'est déterminer la quantité de chaleur à fournir pour le chauffage d'une pièce à température donnée. Cette chaleur fournie compense les pertes par les parois et l'aération du local, on peut synthétiser les différentes déperditions thermiques d'un bâti:

- par transmission à travers les murs et parois,
- par les liaisons entre murs et parois,
- par les sols et planchers,
- par la ventilation naturelle ou forcée.

#### 2-1.Objectifs du calcul des déperditions

Le calcul des déperditions doit être effectué pour répondre à trois préoccupations :

- La plus évidente étant le dimensionnement : ce calcul nous fournira la puissance émise vers l'extérieur et donc la puissance des radiateurs nécessaire.
- Le calcul des déperditions est également un outil de vérification. En effet, il faut essayer de limiter les déperditions dans la mesure du possible (en choisissant des matériaux adaptés pour les parois), afin d'éviter le gaspillage d'énergie.
- Enfin, le calcul des déperditions nous permettra d'avoir accès au calcul des consommations d'énergie, celles-ci lui étant proportionnelles, et donc nous permettra de vérifier que ces consommations restent raisonnables et conformes à la Réglementation Thermique de (D.T.R C 3-2)

#### 2-2. Bases de calcul

##### 2-2.1. Principe général :

Le calcul des déperditions d'une maison repose sur :

- définir les volumes thermiques,
- calculer pour chaque volume thermique les pertes par transmission et les pertes par renouvellement d'air

##### 2-2.2. Expression générale des déperditions

###### a. Déperditions totales d'un logement :

Les déperditions totales pour un logement, contenant plusieurs volumes thermiques, sont données par :

$$D = \sum D_i [W/^\circ C]$$

Où ( $D_i$ ) représentent les déperditions totales du volume  $i$ .

###### b. Déperditions totales d'un volume :

Les déperditions totales d'un volume  $i$  (**figure 1.1**) sont données par :

$$D_i = (D_T) + (D_R) [W/^\circ C]$$

Où :

- ( $D_T$ ) $_i$  représente les déperditions par transmission du volume  $i$ .
- ( $D_R$ ) $_i$  représente les déperditions par renouvellement d'air du volume  $i$ .

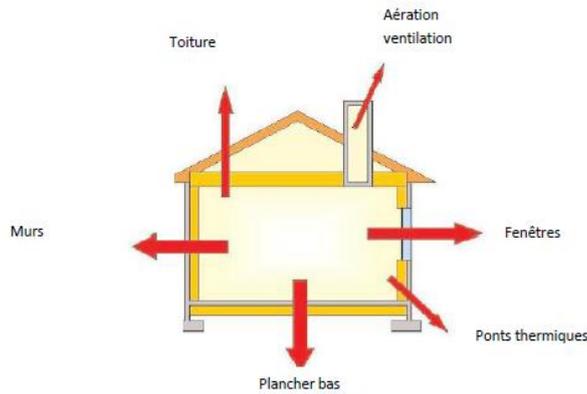


Figure 1.1 : Répartition des déperditions dans une maison individuelle

### C- Déperditions par transmission d'un volume :

Les déperditions thermiques par transmission  $(D_T)_i$  d'un volume  $i$  sont données par :

$$(D_T)_i = (D_s) + (D_{li}) + (D_{sol}) + (D_{inc})_i \quad [W/°C]$$

Où :

- $(D_s)_i$  représente les déperditions surfaciques à travers les parties courantes des parois en contact avec l'extérieur.
- $(D_{li})_i$  représente les déperditions à travers les liaisons.
- $(D_{sol})_i$  représente les déperditions à travers les parois en contact avec le sol.
- $(D_{inc})_i$  représente les déperditions à travers les parois en contact avec les locaux non chauffés.

### d- Déperditions par renouvellement d'air d'un volume :

Les déperditions par renouvellement d'air d'un volume  $i$   $(D_R)_i$  sont données par :

$$(D_R)_i = (D_{Rv}) + (D_{Rs}) \quad [W/°C]$$

Où :

- $(D_{Rv})_i$  représente les déperditions dues au fonctionnement normal des dispositifs de ventilation.
- $(D_{Rs})_i$  représente les déperditions supplémentaires dues au vent.

### e- Relation entre les déperditions de logement et les déperditions des volumes :

- ❖ Les déperditions par transmission du logement sont égales à la somme des déperditions par transmission des différents volumes  $i$ , soit  $D_T = (D_T)_i$ .
- ❖ Les déperditions par renouvellement d'air du logement sont égales à la somme des déperditions par renouvellement d'air des différents volumes  $i$ , soit  $D_R = (D_R)_i$ .

## 2-2.3. Vérification et déperditions de référence

### a- Vérification réglementaire :

Les déperditions par transmission  $D_T$  du logement doivent vérifier :

$$D_T \leq 1.05 D_{réf}$$

- $(D_T)$  représente les déperditions par transmission du logement.
- $(D_{réf})$  représente les déperditions de référence.

### b- Calculs des déperditions de référence :

Les déperditions de référence sont calculées par la formule suivante :

$$D_T = a S_1 + b S_1 + c S_1 + d S_1 + e S_1 \quad [W/°C]$$

Où :

- Les  $S_i$  en ( $m^2$ ), représente les surfaces des parois en contact avec l'extérieur, un comble, un vide sanitaire, un local non chauffé ou le sol, elles concernent respectivement :
- $S_1$  La toiture.

- S2 Le plancher bas, y compris les planchers bas sur locaux non chauffés ou sur sols.
- S3 Les murs.
- S4 Les portes.
- S5 Les fenêtres et les portes-fenêtres

S1, S2 et S3 sont comptées de l'intérieur des locaux, S4 et S5 sont comptées en prenant les dimensions du pourtour de l'ouverture dans le mur.

Les coefficients (**a, b, c, d, e**) [W/m<sup>2</sup>°C] sont donnés dans le tableau 1.1. Ils dépendent de la nature du logement et de la zone climatique.

Zone	Logement individuel					Logement en immeuble collectif				
	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e
A	1,10	2,40	1,40	3,50	4,50	1,10	2,40	1,20	3,50	4,50
B	1,10	2,40	1,20	3,50	4,50	0,90	2,40	1,20	3,50	4,50
B'	1,10	2,40	1,20	3,50	4,50	0,90	2,40	1,20	3,50	4,50
C	1,10	2,40	1,20	3,50	4,50	0,85	2,40	1,20	3,50	4,50
D	2,40	3,40	1,40	3,50	4,50	2,40	3,40	1,40	3,50	4,50
D'	2,40	3,40	1,40	3,50	4,50	2,40	3,40	1,40	3,50	4,50

Tableau 1.1 : Les coefficients (**a, b, c, d, e**) en [W/m<sup>2</sup>°C]

Pour le calcul des déperditions de référence, on ne prend pas en compte les déperditions de références par renouvellement d'air.

Les coefficients (**a, b, c, d, e**) correspondent en fait à des coefficients **K** globaux bien entendus, ils ne représentent pas chacun une valeur limite intrinsèque à ne pas dépasser puisque seul le total de l'addition est caractéristique et que des compensations sont possibles.

## 2-2.4. Déperditions surfaciques par transmission à travers les parois

### a- Expression générale

#### a-1. Parois séparant deux ambiances à des températures différentes

Les déperditions surfaciques par transmission à travers une paroi, pour une différence de température de 1C entre les ambiances qui séparent ces parois, sont données par la formule :

$$D_s = K \times A \text{ [W/°C]}$$

Où :

- K en [W/m<sup>2</sup>°C] est le coefficient de transmission surfacique (appelé aussi conductance).
- A en (m<sup>2</sup>) est la surface intérieure de la paroi.

#### b-1. Paroi séparant deux ambiances à la même température

Dans le cas où une paroi sépare deux ambiances chauffées à la même température, les déperditions par transmission à travers cette paroi sont considérées nulles. Les flux de chaleur d'un volume à un autre, dans un logement, ne doivent pas être pris en compte, à condition que les pièces aient des températures différentes.

## 2-2.5. Limites de calcul

Pour les panneaux légers à parement et ossature conducteurs avec ou sans coupure isolante, pour les panneaux sandwichs, et d'une façon générale pour tous les procédés de construction non traditionnels, le coefficient K à utiliser dans les calculs est celui donné par le document d'avis technique. Ou à défaut celui fourni par le fabricant.

## 2-2.6. Coefficient d' échange global K des parois opaques

### a- Principes de calcul

Si la paroi est homogène sur toute sa surface, le coefficient K à utiliser est celui calculé pour la partie courante.

### b- Expression générale

Le coefficient d'échange global K est donné par la formule :

$$\frac{1}{k} = \sum R + \frac{1}{h_e} + \frac{1}{h_i} \quad [m^2 \cdot ^\circ C/W]$$

Où :  
 -  $\sum R$  représente la somme des résistances thermiques des différentes couches de matériaux constituant la paroi. La détermination de la résistance thermique d'une couche de matériau dépend de la nature du matériau, c'est-à-dire s'il est homogène ou non.

$\frac{1}{h_e} + \frac{1}{h_i}$  représente la somme des coefficients d'échange superficiel, prise conformément aux conventions adoptées.

Pour une toiture, les matériaux de protection placés au dessus de l'étanchéité ne sont pas pris en compte dans le calcul du coefficient K.

Les résistances thermiques d'échanges superficiels extérieur  $r_e = 1/h_e$  et intérieurs  $r_i = 1/h_i$  sont données dans le tableau suivant :

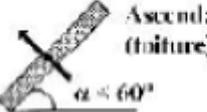
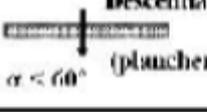
$\frac{1}{h}$ en $m^2 \cdot ^\circ C/W$	Paroi en contact avec :			Paroi en contact avec :		
	$1/h_i$	$1/h_e$	$1/h_i + 1/h_e$	$1/h_i$	$1/h_e$	$1/h_i + 1/h_e$
 Latéral (Mur) $\alpha > 60^\circ$	0,11	0,06	0,17	0,11	0,11	0,22
 Ascendant (toiture) $\alpha < 60^\circ$	0,09	0,05	0,14	0,09	0,09	0,18
 Descendant (plancher) $\alpha < 60^\circ$	0,17	0,05	0,22	0,17	0,17	0,34

Tableau 1.2 : Les résistances thermiques d'échanges superficiels

### c- Résistance thermique d' une couche homogène

La résistance thermique d'une couche est donnée par la formule suivante :

$$R_i = e_i / \lambda_i \quad [m^2 \cdot c/w]$$

- $R_i$  représente la résistance thermique de la couche i.
- $e_i$  en (m) représente l'épaisseur de la couche de matériau.
- $\lambda_i$  en (W/m. °C) représente la conductivité thermique du matériau.

### d- Résistance thermique d' une couche hétérogène

La résistance thermique d'une couche hétérogène est donnée directement en fonction de l'épaisseur de la couche de matériau. Les valeurs des résistances thermiques sont soit tirées des tableaux données en annexe, soit fournies par le document d'avis techniques, ou à défaut par le fabricant.

### e- Résistance thermique d'une lame d'air

La résistance thermique d'une lame d'air est obtenue à partir du tableau 1.3.

Position de la lame d'air	Sens du flux de chaleur	Epaisseur de la lame d'air en mm						
		5 à 7	8 à 9	10 à 11	12 à 13	14 à 24	25 à 50	55 à 300
Horizontale	Ascendant	0,11	0,12	0,13	0,14	0,14	0,14	0,14
Verticale		0,11	0,13	0,14	0,15	0,16	0,16	0,16
Horizontale	descendant	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,18	0,20

Tableau 1.3 : Résistance thermique de la lame d'air

## 2-2.7. Coefficient K des parois vitrées

### a- Limites du calcul

Les parois vitrées sont celles dont les menuiseries sont en bois, ou métallique, de fabrication courante. Pour tout autre type de menuiserie, on pourra se reporter aux avis techniques les concernant, ou à défaut se rapprocher du fabricant.

### b- Expression générale

Le coefficient K des parois vitrées est donné par la formule suivante :

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{K_{vn}} + r_v + r_{rid} + r_{occ} \quad [m^2 \cdot ^\circ C/W]$$

Où :

- $K_{vn}$  en (W/m<sup>2</sup>. °C) représente le coefficient K du vitrage nu, voir tableau 1-4.
- $r_v$  en (m<sup>2</sup>. °C/W) représente la résistance supplémentaire des voilages éventuels, on adapte :  $r_v = 0.025$ .
- $r_{rid}$  en (m<sup>2</sup>. °C/W) représente la résistance supplémentaire des rideaux éventuels on adapte :  $r_{rid} = 0.030$
- $r_{occ}$  (m<sup>2</sup>. °C/W) représente la résistance supplémentaire des occultations.

La résistance des occultations ou des systèmes associés aux vitrages dans le but de constituer une isolation thermique nocturne (volet, stores,...),  $r_{occ}$  est donnée par la formule :

$$r_{occ} = 0.16 + \frac{e_{occ}}{\lambda_{occ}} \quad [m^2 \cdot ^\circ C/W]$$

Où :

- $e_{occ}$  en (m) représente l'épaisseur de l'occultation.
- $\lambda_{occ}$  en (W/m. °C) la conductivité thermique du matériau constituant l'occultation.

Type de vitrage	Epaisseur de la lame d'air (en mm)	Nature de la menuiserie	Paroi verticale	Paroi horizontale
Vitrage Simple	-	Bois	5,0	5,5
		Métal	5,8	6,5
Vitrage Double	5 à 7	Bois	3,3	3,5
		Métal	4,0	4,3
	8 à 9	Bois	3,1	3,3
		Métal	3,9	4,2
	10 à 11	Bois	3,0	3,2
		Métal	3,8	4,1
	12 à 13	Bois	2,9	3,1
		Métal	3,7	4,0
Double Fenêtre	plus de 30	Bois	2,6	2,7
		Métal	3,0	3,2

Tableau 1.4 : Coefficients  $K_{vn}$  des vitrages

## 2-2.8 Coefficient K des portes

Les Coefficients K des portes courantes sont donnés dans le tableau suivant

	Portes donnant sur l'extérieur	Portes donnant sur un local non chauffé
<b>Portes en bois</b>		
- Portes opaques	3,5	2
- Portes avec une proportion de vitrage < 30%	4,0	2,4
- Portes avec une proportion de vitrage comprise entre 30% et 60%	4,5	2,7
<b>Portes en métal</b>		
- Portes opaques	5,8	4,5
- Portes équipées de vitrage simple	5,8	4,5

Tableau 1.5

### 2-2.9. Déperditions à travers les ponts thermiques :

Les liaisons à la jonction des parois (entre deux parois extérieures, entre une paroi intérieure et une paroi extérieure) et les liaisons entre les murs et les menuiseries, appelées communément **ponts thermiques** (figure 1.2), constituent des sources supplémentaires de déperditions. En outre ces liaisons, points faibles thermiques, sont souvent à l'origine de désordres dans la construction (dus à la condensation principalement). Les déperditions à travers les liaisons, ou pont thermique,  $D_{it}$  pour une différence de température de  $1^{\circ}\text{C}$ , sont données par la formule :

$$D_{it} = k_l \times L \quad [\text{W}/^{\circ}\text{C}]$$

Où :

$k_l$  en  $(\text{W}/\text{m} \cdot ^{\circ}\text{C})$  représente le coefficient de transmission linéique de la liaison.  $L$  en (m) représente la longueur intérieure de la liaison.

#### Type des liaisons :

On distingue trois types de liaisons :

- Les liaisons entre un mur et une menuiserie extérieure.
- Les liaisons de deux parois extérieures.
- Les liaisons entre une paroi intérieure et une paroi extérieure

Les parois extérieures sont soit imbriquées (harpage), soit liées par une ossature (en béton armé ou métallique), tableau 1.6

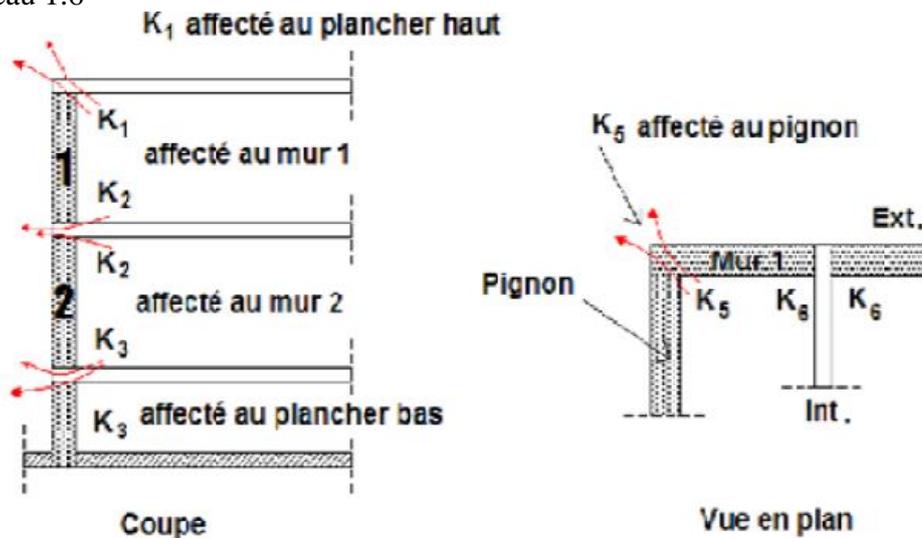


Figure 1.2 : Ponts thermiques

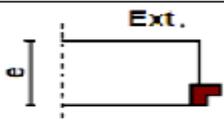
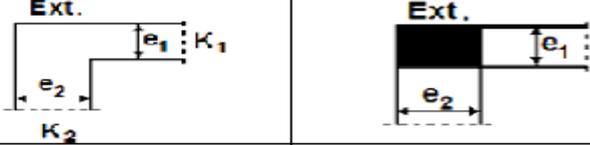
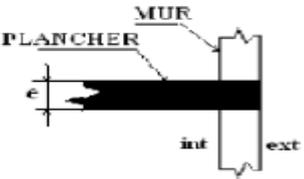
<b>Liaison entre un mur et une menuiserie</b>	
Schéma vue plan	
Valeur de $K_1$	$\frac{0.9 \times e}{1.25 + R_m}$
<b>Liaison entre deux parois extérieures</b>	
Schéma vue plan	
Valeur de $K_1$	$0.2 \times K \times e$
	$0.45 \times e$
<b>Liaison entre mur et plancher</b>	
Schéma vue plan	
Valeur de $K_1$	$\frac{0.4 \times e}{R + 0.15}$

Tableau 1. 6 : Ponts thermiques

Sachant que :

$$K = \frac{K_1 + K_2}{2} \quad \text{et} \quad e = \frac{e_1 + e_2}{2}$$

- R : désigne la résistance de la paroi fictive
- $R_m$  : désigne la résistance moyenne

### 2-2.10. Déperditions à travers les parois en contact avec des locaux non chauffés :

On entend par local non chauffé tout local pour lequel le chauffage n'existe pas ou risque d'être interrompu pendant de longues périodes, ainsi que tout local chauffé par intermittence. Les déperditions à travers les parois en contact avec des locaux non chauffés sont pondérées par un coefficient  $\tau$ , sans dimension, dit « coefficient de réduction de température », La valeur de  $\tau$  est comprise entre 0 et 1.

Les déperditions thermiques  $D_{inc}$  par transmission par degré d'écart à travers une paroi en contact avec un local non chauffé sont données par la formule suivante :

$$D_{inc} = [ K.A + K_i.L ] [W/^\circ C]$$

Où :

- K en (W/m<sup>2</sup>. °C) est le coefficient de transmission surfacique de chaque partie.
- A en (m<sup>2</sup>) est la surface intérieure de chaque partie surfacique.
- $K_i$  en (W/m<sup>2</sup>. °C) est le coefficient de transmission linéique de chaque liaison.
- L en (m) est la longueur intérieure de chaque liaison.
- $\tau$  est le coefficient de réduction de température, il est soit :

- Calculé dans le cas général.
- Déterminé forfaitairement.
- Fixé par les pièces du marché.

#### Calcul de $\tau$ dans le cas général :

Le coefficient  $\tau$  est obtenu en considérant le bilan énergétique du local non chauffé. Le coefficient  $\tau$  est donné par la formule :

$$\tau = \frac{T_i - T_n}{T_i - T_e}$$

Où :

- $T_i$  en ( $^{\circ}\text{C}$ ) est la température intérieure.
- $T_n$  en ( $^{\circ}\text{C}$ ) est la température de l'espace non chauffé.
- $T_e$  en ( $^{\circ}\text{C}$ ) est la température extérieure.

### **2-2.11. Déperditions par renouvellement d'air :**

Les déperditions par renouvellement d'air doivent être prises en compte seulement lors du dimensionnement des installations de chauffage des locaux d'habitation.

Par convention sont considérées, pour l'établissement du bilan thermique, les déperditions par renouvellement d'air moyennes, c'est-à-dire les plus probables. Les déperditions par renouvellement d'air tiennent compte :

- Des déperditions dues au fonctionnement des dispositifs de ventilation ; on associe à ces déperditions le débit spécifique de ventilation.
- Des déperditions supplémentaires par infiltration dues à l'effet de vent.

#### **a-Calcul des déperditions par renouvellement d'air :**

Les déperditions par renouvellement d'air  $D_R$  d'un logement ont pour expression :

$$D_R = 0.34(Q_v + Q_s) [W/^{\circ}\text{C}]$$

- 0.34 en ( $\text{Wh}/\text{m}^3 \cdot ^{\circ}\text{C}$ ) est la chaleur volumique de l'air.
- $Q_v$  en ( $\text{m}^3/\text{h}$ ) est le débit spécifique de ventilation.
- $Q_s$  en ( $\text{m}^3/\text{h}$ ) est le débit spécifique supplémentaire par infiltration dues au vent.
- $0.34 \times Q_v$  en ( $\text{W}/^{\circ}\text{C}$ ) représente les déperditions dues au fonctionnement normal des dispositifs de ventilation, notées  $D_R$ .
- $0.34 \times Q_s$  en ( $\text{W}/^{\circ}\text{C}$ ) représente les déperditions supplémentaires dues au vent, notées  $D_R$ .

#### **b-Débit spécifique de ventilation :**

Le débit spécifique de ventilation  $Q_v$  est calculé par rapport au débit extrait de référence  $Q_{v\text{réf}}$ , qui est déterminé en considérant que la ventilation est générale et permanente. Une ventilation est dite générale (système de ventilation le plus courant) lorsque l'extraction de l'air vicié s'effectue dans les pièces de services (SDB, WC, salle d'eau et cuisine). L'aération est considérée permanente car l'enveloppe d'un bâtiment n'est jamais parfaitement étanche à l'air.

La détermination de débit spécifique de ventilation s'effectue de la même manière quel que soit le système de ventilation. En effet, ce débit est lié principalement aux exigences d'hygiène.

Le débit spécifique de la ventilation  $Q_v$  pour un logement est donné par la relation suivante :

$$Q_v = \text{Max} [0.6 \times V_h ; Q_{v\text{réf}}] [\text{m}^3/\text{h}]$$

Où :

- $V_h$  en ( $\text{m}^3$ ) désigne le volume habitable.
- $Q_{v\text{réf}}$  désigne le débit extrait de référence

On admet qu'en hiver les dispositifs de ventilation calculés pour permettre un taux de ventilation de l'ordre de **0.6** fois le volume habitable par heure répondent aux exigences contradictoires de confort thermique, d'hygiène et d'économie d'énergie.

Le débit extrait de référence  $Q_{v\text{réf}}$  est donné par la formule suivante :

$$Q_{v\text{réf}} = \frac{5Q_{v\text{min}} + Q_{v\text{max}}}{6} \quad [\text{m}^3/\text{h}]$$

Où :

- $Q_{v\text{min}}$  est le débit extrait minimal de référence.
- $Q_{v\text{max}}$  est le débit extrait maximal de référence.

Le débit extrait de référence est égal à la valeur pondérée par rapport au temps d'un débit extrait maximum de référence établi **4h** par jour, et d'un débit extrait maximal de référence établi le reste du temps.

Les valeurs du débit extrait minimal de référence  $Q_{v\text{min}}$  en fonction du nombre du logement, sont données dans le tableau suivant :

Nombre de pièces principales	1	2	3	4	5	> 5
$Q_{vmin}$ (en $m^3/h$ )	25	50	75	100	110	On ajoute $10 m^3/h$ par pièce supplémentaire

Tableau 1.7 : Débit extrait minimal de référence

Le débit extrait maximum  $Q_{vmax}$  est la somme des débits extraits de chaque pièce de service de logement, dont les valeurs sont données dans le tableau suivant :

Nombre de pièces principales par logement	$Q_{vmax}$ (en $m^3/h$ )			
	Cuisine	Salle de bains	Autre salle d'eau	Cabinet d'aisance
1	75	15	15	15
2	90	15	15	15
3	105	30	15	15
4	120	30	15	30
5 et plus	135	30	15	30

Tableau 1.8 : Débit extrait maximum

**c- Débit supplémentaire par infiltration due au vent :**

Le débit supplémentaire par infiltration dû au vent est donné par la relation suivante :

$$Q_s = (P_{Pi} \cdot e_{vi}) \quad [m^3/h]$$

Où :

-  $P_{Pi}$  est la perméabilité à l'air de la paroi  $i$  sous une différence de pression  $\Delta P=1$  (Pa).

-  $e_{vi}$  est le coefficient adimensionnel d'exposition au vent affecté à la paroi  $i$ .

La perméabilité d'une paroi  $i$   $P_{Pi}$  est donnée par la relation suivante :

$$P_{Pi} = (P_{0j} \cdot A_j) \quad [m^3/h]$$

Où :

-  $P_{0j}$  en ( $m^3/h \cdot m^2$ ) sous  $\Delta P = 1$  (Pa) est la perméabilité surfacique à l'air de l'ouvrant  $j$  c'est-à-dire le débit d'air traversant  $1(m^2)$  de paroi sous une pression  $\Delta P = 1$  (Pa); les valeurs de  $P_0$  pour les ouvrants courants sont regroupées dans le tableau suivant :

Type de parois	Valeurs de $P_0$ ( $m^3/h \cdot m^2$ sous $\Delta P = 1$ Pa)
Fenêtre ou porte fenêtre	4,0
Porte avec seuil et joint d'étanchéité	1,2
Porte	6,0
Double fenêtre	2,4

Tableau 1.9 : Perméabilité surfacique à l'air

Le coefficient d'exposition au vent  $e_v$  est tiré du tableau suivant :

Hauteur H (m)	Classes de rugosité				
	V	IV	III	II	I
$H \leq 4$	0,40	1,47	2,71	4,06	6,36
$4 < H \leq 7$	1,10	2,30	3,51	4,82	7,08
$7 < H \leq 11$	1,76	3,00	4,19	5,46	7,67
$11 < H \leq 18$	2,57	3,87	4,97	6,17	8,32
$18 < H \leq 30$	3,50	4,80	5,80	6,93	9,02
$30 < H \leq 50$	4,47	5,78	6,66	7,71	9,72

Tableau 1.10: Coefficient d'exposition au vent

La hauteur  $H$  correspond à la moyenne de la distance entre le sol et la mi-hauteur des ouvrants de la paroi considérée.

Les classes de rugosité du site d'implantation du bâtiment sont définies ci-dessous :

- Rugosité de classe **I** : bord de mer.
- Rugosité de classe **II** : rase campagne, aéroport.
- Rugosité de classe **III** : zone rurales avec arbre, haies, zones faiblement urbanisées.
- Rugosité de classe **IV** : zone urbaines ; zones industrielles ; forêts.
- Rugosité de classe **V** : centre des grandes villes.

Le coefficient d'exposition au vent caractérise le rapport entre le débit d'air pour la différence de pression due au vent, et le débit d'air dû aux infiltrations pour une différence de pression de 1 pascal.

### 2-2.12. Déperdition par transmissions à travers les parois en contact avec le sol

Les déperditions  $D_{sol}$  pour un plancher, sont données par la formule :

$$D_{sol} = k_s \cdot p \quad [W/°C]$$

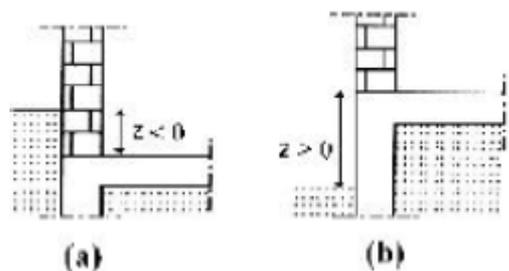
Où :

- $P$  en [m] est le périmètre intérieur
- $k_s$  en [ $W/m \cdot °C$ ] est le coefficient de transmission linéique dont les valeurs sont données dans le tableau suivant :

$z$ (en m)	inférieur à - 6,00	de -5,00 à - 4,05	de -4,00 à - 2,55	de -2,50 à - 1,85	de -1,80 à - 1,25	de -1,20 à - 0,75
$k_s$ (en $W/m \cdot °C$ )	0	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00
$z$ (en m)	de - 0,70 à - 0,45	de - 0,40 à - 0,25	de - 0,20 à 0,20	de 0,25 à 0,40	de 0,45 à 1,00	de 1,05 à 1,50
$k_s$ (en $W/m \cdot °C$ )	1,20	1,40	1,75	2,10	2,35	2,55

Tableau 1.11

Les valeurs des coefficients  $k_s$  sont données en fonction de la différence niveau, notée  $z$



(figure 1.3)

(figure 1.3)

\* La formule (1.20) tient compte des déperditions surfaciques à travers les parties courantes des parois en contact avec le sol, ainsi que les déperditions à travers les ponts thermiques.