

ThermExcel

Présentation du programme DeperTherm 2015

Calcul des déperditions thermiques
Selon la norme NF EN 12831

Jean Yves MESSE – THERMEXCEL
Copyright © 2004 - 2013 – ThermExcel - All Rights Reserved

PRESENTATION DU PROGRAMME DEPERTHERM

Caractéristiques et fonctions du programme

Le programme DeperTherm est pourvu d'une commande barre personnalisée donnant accès aux différentes procédures, boîtes de calculs et macro-commandes.

Les fichiers de travail sont créés séparément permettant d'alléger le stockage des données.

Le fichier de travail peut être constitué de différentes feuilles de calcul. Vous pouvez à partir du même fichier, insérer une nouvelle feuille de calcul ou dupliquer la feuille de calcul en cours pour une étude similaire et apporter les modifications complémentaires par la suite.

Intégration de la barre d'outils personnalisée du programme de calcul

Les procédures et les fonctions dans un fichier add-in ajoutent des commandes optionnelles dans l'environnement de Microsoft Excel.

Par exemple sur Excel 2007 / 2010, la barre de commande est accessible en cliquant sur l'onglet « Compléments » qui est disponible après avoir chargé le programme de calcul et activé les macros

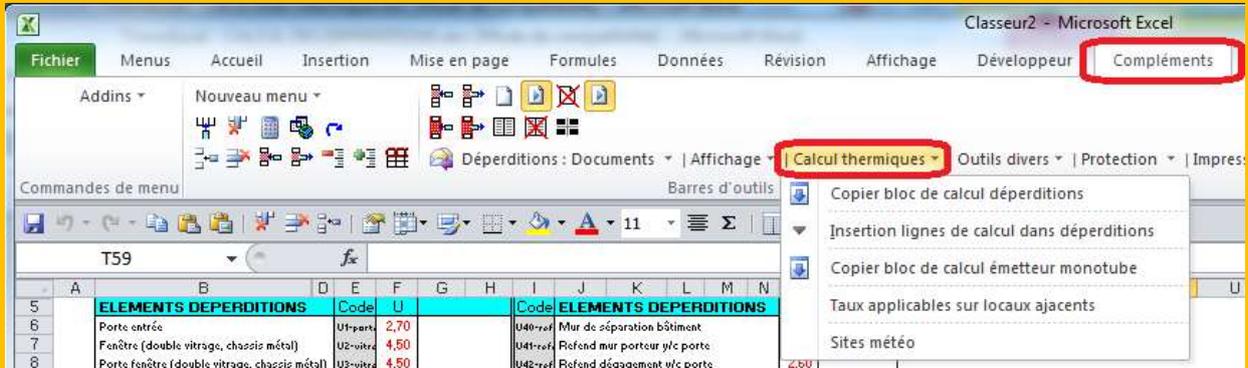
Dans le cas présent, une barre d'outils personnalisée du programme DeperTherm de ThermExcel s'est rajoutée. (Ceci est valable également pour les autres programmes)

Sur compléments, on a accès à la barre du menu personnalisée du programme DeperTherm

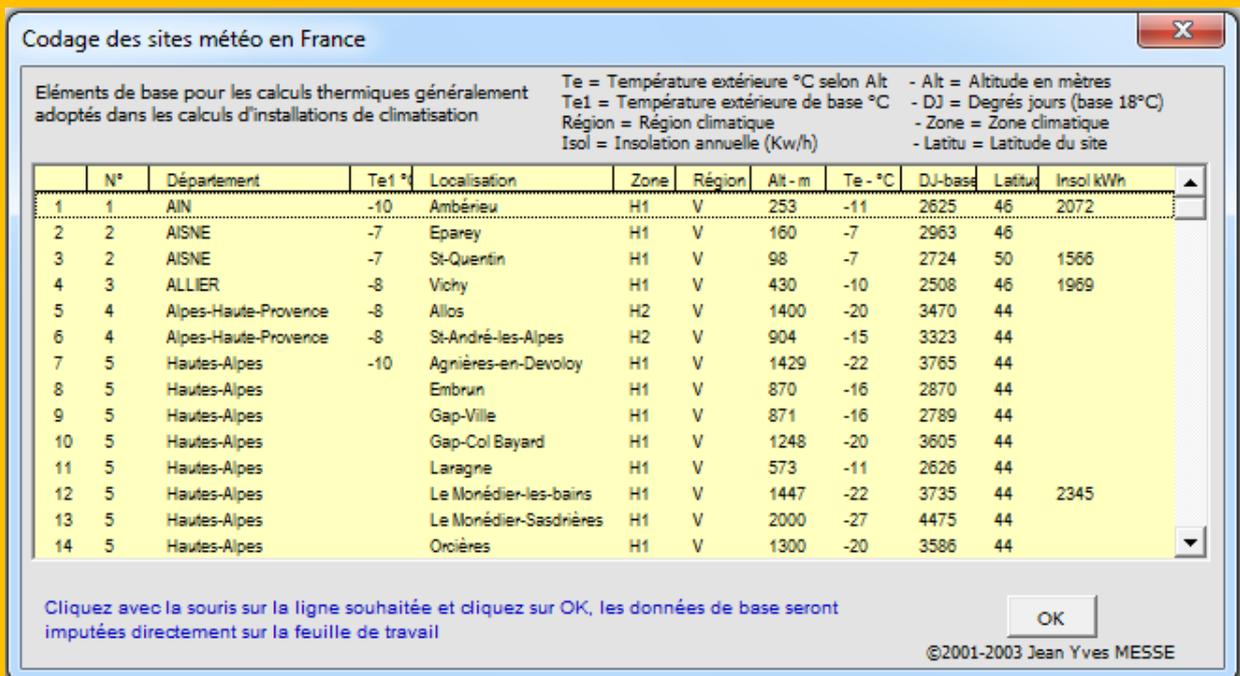
Département :		Dimensions			
Repère	ELEMENTS DEPERTITIONS	Ori	Long m	Larg m	Haut m
33	- Porte fenêtre (double vitrage, chassis métal)		2,10m		
34	- Mur extérieur (-ouvrants), façade		2,50m		

Sur cette barre d'outils personnalisée on peut accéder à différentes fonctions du programme.

On va en premier lieu cliquer sur « **Déperditions : Documents** » ou va s'afficher un menu déroulant et en cliquant sur « **Création d'un nouveau fichier de travail** » on va créer un document de travail qu'on pourra ensuite sauvegarder.



Toujours sur cette barre d'outils personnalisée on peut accéder à d'autres différentes fonctions du programme comme par exemple sur le menu déroulant « **Outils thermiques** » et bien d'autres encore.



Sur cette barre d'outils personnalisée on peut afficher les sites météo pour la France ou les pays étrangers ou d'autres fenêtres comme par exemple sur les taux par défaut de renouvellement d'air dans des zones spécifiques.

Taux de renouvellement d'air locaux et coefficient réducteur

Eléments de calcul pouvant être adoptés par faute d'éléments plus précis.

Nature locaux non chauffés	Circulation en contact sur	Circulation commune logt	N vol/h	Taux
Immeuble collectif d'habitation	Circulation en contact sur	Circulation commune logt	N vol/h	Taux
Circulations communes	Parois extérieures de la circulation commune	Parois séparant la circulation commune des logements		
- Circulation sans ouverture directe sur l'extérieur	Isolées	non isolées	0,5	0,2
		isolées	0,5	0,4
- Circulation sans ouverture directe sur l'extérieur	Non isolées	non isolées	0,5	0,3
		isolées	0,5	0,5
- Circulation sans ouverture directe sur l'extérieur	inexistantes (circul.)	non isolées	0,5	0,1
	commune en posit. central	isolées	0,5	0,25
- Circulation celles avec ouvertures sur l'extérieur	Isolées	non isolées	2	0,3
		isolées	2	0,55
- Circulation celles avec ouvertures sur l'extérieur	Non isolées	non isolées	2	0,35
		isolées	2	0,6
- Circulation celles avec ouvertures sur l'extérieur	inexistantes (circul.)	non isolées	2	0,25

©2001-2003 Jean Yves MESSE

Dans le menu déroulant « **Déperditions : Documents** » on peut rajouter des feuilles de calcul complémentaires comme les coefficients U prédéfinis dans le même fichier de travail qui a été créé.

N°	Désignation et composition des parois	Epaisseur	Conduct	Résistan	U	ψ	masse	
		matériaux	thermique	thermique	surfaccique	linéique	volumiq	unitaire
		m	W/m.K	m ² .K/W	W/m ² .K	W/m. ² .c	kg/m ³	kg/m ³
	Mur verticaux							
	Murs non isolés							
K40	<u>MUR EXTERIEUR (construction ancienne)</u>							
	- pierres lourdes	0,3	3,500	0,086			2400	720
	- pierres calcaires (dures)	0,3	2,200	0,136			2400	720
	- pierres calcaires (fermes)	0,3	1,700	0,176			2200	660
	- joint ciment intérieur	0,02	1,150	0,017				
	- ri + re			0,170				
				#DIV/0!	#DIV/0!			
K40	<u>MUR EXTERIEUR</u>							
	- blocs parpaings 17,5 (doubles alvéoles)	0,175		0,160				
	- joint ciment intérieur/extérieur	0,03	1,150	0,026				
	- ri + re			0,170				
				0,356	2,808			
K41	<u>MUR EXTER. (non isolé)</u>							
	- béton armé	0,16	1,750	0,091			2300	368
	- ri + re			0,170				
				0,261	3,825			368
	Murs isolés							
K40	<u>MUR EXTERIEUR</u>							
	- blocs parpaings 20 (triple alvéoles)	0,2		0,220				

ELEMENTS DEPERDITIONS				Code	U	ELEMENTS DEPERDITIONS				U			
Porte entrée	U1-porte	2,70	w/m2.K	U44-ba	Mur en enterré isolé					w/m2.K			
Fenêtre (double vitrage, chassis métal)	U2-vitre	4,50	w/m2.K	U40-refe	Mur de séparation bâtiment	2,60				w/m2.K			
Porte fenêtre (double vitrage, chassis métal)	U3-vitre	4,50	w/m2.K	U41-refe	Refend mur porteur y/c porte	2,60				w/m2.K			
Vitrage toiture (double vitrage, chassis PVC)	U4-vitre	3,10	w/m2.K	U42-refe	Refend dégagement y/c porte	2,60				w/m2.K			
Mur extérieur	U10-mur	0,50	w/m2.K	U42-refe	Cloison intérieure y/c porte	2,70				w/m2.K			
Mur extérieur	U11-mur	1,00	w/m2.K	Selon l'ancien DTU à la place de de la norme EN-12831									
Mur sur VNC	U12-mur	0,90	w/m2.K	U35-Pba	kl plancher sur terre plein	1,50				w/m.K			
Toiture	U20-toit	0,40	w/m2.K	U36-Pba	kl plancher bas enterré	0,50				w/m.K			
Plancher haut terrasse	U21-Pha	0,50	w/m2.K	U37-bas	kl mur enterré	0,70				w/m.K			
Plancher haut sur VNC (Vide sous toiture)	U22-Pha	0,60	w/m2.K	K51-kl	kl plancher intermédiaire sur LNC	0,25				w/m.K			
Plancher bas sur VNC (EN-12831) - Sous-sol	U30-bas	0,80	w/m2.K	K52-kl	kl plancher intermédiaire	0,25				w/m.K			
Plancher bas sur vide sanitaire (EN-12831)	U32-bas	0,70	w/m2.K	K53-kl	kl plancher refend/facade	0,25				w/m.K			
Plancher bas sur terre plein (EN-12831)	U1_équiv	0,50	U_équivalent	K54-kl	kl châssis fenêtre	0,12				w/m.K			
Mur enterré	U2_équiv	0,90	U_équivalent	K55-kl						w/m.K			
						-7°C	Altitude :		-7				
Repère	ELEMENTS DEPERDITIONS	Orient	Dimensions			Imputat directe	Retrait surface	Surf A L ou vol	Coefficient U		Delta Temp	Correction température	Total déperditions
			Long	Larg	Haut				Code	U ou Ψ			
			m	m	m	m, m2, m3	m2	m, m2, m3	parois	w/m.K	°C	Coef °C	Watt (W)
Bâtiment A													
1	Local										Température ambiante =	19°C	
Déperditions parois sur l'espace extérieur													
	- Porte entrée			2,10m					U1-porte	2,70	26°C		
	- Fenêtre (double vitrage, chassis métal)			1,20m					U2-vitre	4,50	26°C		
	- Mur extérieur (-ouvrants), façade			2,50m	0,00				U10-mur	0,50	26°C		
	- Fenêtre (double vitrage, chassis métal)			1,20m					U2-vitre	4,50	26°C		
	- Mur extérieur (-ouvrants), façade			2,50m	0,00				U10-mur	0,50	26°C		
	- Porte fenêtre (double vitrage, chassis métal)			2,10m					U3-vitre	4,50	26°C		
	- Mur extérieur (-ouvrants), façade			2,50m	0,00				U11-mur	1,00	26°C		
	- Mur extérieur (-ouvrants), façade			2,50m					U12-mur	0,90	26°C		
Sous toiture													
	- Vitrage toiture (double vitrage, chassis PV)								U4-vitre	3,10	26°C		
	- Toiture (-vitrage)				0,00				U20-toit	0,40	26°C		
	- Plancher haut, terrasse								U21-Phaut	0,50	26°C		
Déperditions plancher bas sur VNC, vide sanitaire, etc (selon EN-12831)													
	- Plancher bas sur sous-sol avec fenêtres ou portes								U30-Pbas	0,80	26°C	0,8	20,8°C
	- Plancher bas sur vide sanitaire								U32-Pbas	0,70	26°C	0,8	20,8°C
	- Plancher bas sol terre plein								U1_équiv	0,50	26°C	0,43	11,2°C
	- Mur enterré (Surf. sous-terre), sous m du sol ext.								U2_équiv	0,90	26°C	0,43	11,2°C
Ou selon l'ancienne méthode DTU (Coefficient linéique)													
	- kl plancher sur terre plein								U35-Pbas	1,50	26°C		
	- kl plancher enterré à m du sol ext.								U36-Pbas	0,70	26°C		
	- kl mur enterré à 2,5 m du sol								U37-Pbas	0,50	26°C		
Déperditions sur un volume non chauffé (VNC)													
	- Mur sur VNC avec 2 murs ext. + Porte ext.								U12-Phaut	0,90	26°C	0,6	15,6°C
	- Mur sur VNC avec 3 murs extérieurs								U12-Phaut	0,90	26°C	0,8	20,8°C
	- Plancher haut sur espace sous toiture isolée								U22-Phaut	0,60	26°C	0,7	18,2°C
	- Plancher haut sur espace sous toiture non isolée								U22-Phaut	0,60	26°C	0,9	23,4°C
Déperditions sur un volume voisin chauffé													
	- Mur de séparation bâtiment			2,50m					U40-refend	2,60	26°C	0,2	5,2°C
	- Refend mur porteur y/c porte			2,50m					U41-refend	2,60	26°C	0,05	1,3°C
	- Refend dégagement y/c porte			2,50m					U41-refend	2,60	26°C	0,05	1,3°C
	- Cloison intérieure y/c porte			2,50m					U42-cloison	2,70	26°C	0,05	1,3°C
Déperditions linéiques													
	- kl plancher intermédiaire sur LNC								K51-kl	0,25	26°C	0,1	2,6°C
	- kl plancher intermédiaire								K52-kl	0,25	26°C		
	- kl plancher refend/facade								K53-kl	0,25	26°C		
	- kl châssis fenêtre								K54-kl	0,12	26°C		
	- kl volet roulant								K55-kl	0,00	26°C		
Débit ventilation au choix selon le cas de figure (1, 2, 3 ou 4) :													
Ventilation hygiénique													
	- Infiltration d'air du local (Vinf)					N50	e		Paramètre				
				Volume du local (Vi) ==>		4,00	0,02		0 m3/h	0,34	26°C		
	(1) Par défaut : Ventilation par ouvrant + Infiltrations			Volume local ==>					0m3/h	1,0 vol/h	0,34	26°C	
	(2) VMC ==> Grille d'entrée d'air (Vsu)			Débit d'air ==>					0m3/h	1 U	0,34	26°C	
	- Supplément prorata, si : ΣVex > ΣVsu			Débit en plus ==>					0m3/h		0,34	26°C	
	(3) Ventilation selon occupation (Vmin)			Nbre personnes ==>					0m3/h	18 m3/h/p	0,34	26°C	
	(4) Renouvellement d'air - Cas particulier			Volume du local ==>					0m3/h	1,0 vol/h	0,34	26°C	
Transfert d'air d'un local à l'autre (Eventuellement)													
	- Transfert d'air à l'intérieur (Ex : Séjour sur Sdb, etc.)			Volume d'air ==>					0m3/h	0,34	26°C	0,1	2,6°C
Déperditions (W)													
00,0W													

Température de départ de distribution °C
Température de retour de distribution °C
Classe de température °C
Surpresseur chauffage démarré

Les puissances émisses des radiateurs sont données sur catalogues pour un ΔT de 75/50°C avec 20°C (ΔT 50 K).
Si la température du circuit chauffage est différente, l'émission de chaleur du radiateur va croître ou décroître selon que la température de circuit est élevée ou plus inférieure à la température nominale (Chaque température est en gras indiquant la supériorité).

2
200 m3
1000 m3
1750 m3
7700 m3

Ventilation type VMC, simple flux
Volumes chauffés
N50 Taux de renouvel d'air à 50 Pa
Classe d'exposition au vent
Débit d'air neuf hygiénique par personne
2 des débits d'air neuf min
2 des débits entrants (Ves)
2 des débits air neuf (Vau)

Formule : $Max(\sum(V_{in}) - \sum(V_{ex}), 0)$

27
23
23

CALUL DEPERDITIONS

Calcul des déperditions de base d'un local

La norme

La norme NF EN 12831, qui date de mars 2004, s'intitule « systèmes de chauffage dans les bâtiments – Méthode de calcul des déperditions calorifiques de base ». Elle définit le processus de calcul de la charge thermique nominale :

- ❖ De chaque pièce, afin de dimensionner les émetteurs de chaleur,
- ❖ Du bâtiment entier, afin de dimensionner le système de génération de chaleur.

Les valeurs de consignes et les différents facteurs à introduire dans ce calcul sont déterminés dans l'annexe NF P52-612/CN de la norme NF EN 12831.

Application

La norme NF EN 12831 s'applique à tous les bâtiments classiques (résidentiels, bureaux, commerces, écoles, bibliothèques, hôpitaux, loisirs, prisons, restaurants, industriels, etc) :

- ❖ Dont la hauteur des pièces est limitée (n'excédant pas 5 m),
- ❖ Supposés chauffés à régime constant aux conditions nominales.

A noter que l'annexe l'annexe NF P52-612/CN précise les cas particuliers suivants :

- ❖ Bâtiments de grande hauteur sous plafond ou grands volumes.
- ❖ Bâtiments dans lesquels la température de l'air et la température radiante moyenne diffèrent sensiblement.

Le calcul des déperditions se fait par pièce par pièce en suivant la méthode préconisée par la norme NF EN 12831. Elle spécifie également le calcul des puissances à installer dans chacune des pièces en fonction du type d'émetteur (NF EN 12828 pour systèmes de chauffage à eau chaude et NF EN 14337 pour les systèmes électriques de chauffage direct).

On considère que :

- ❖ Le local chauffé est en régime permanent.
- ❖ La température dans la pièce est uniforme.
- ❖ Les bâtiments ont une hauteur sous plafond <5m

Les déperditions de base sont égales au flux de chaleur sortant d'un local ou d'un groupe de locaux, par transmission de chaleur à travers les parois et par renouvellement d'air, dans les conditions intérieures et extérieures de base.

$$\text{Déperditions de base du local } (\Phi) = (HT + HV) \cdot (\theta_{\text{int}} - \theta_e) \text{ en W}$$

$$\text{Ou } \Phi = (\Phi_T + \Phi_V) \text{ en W}$$

- ❖ Φ : Flux des déperditions de base totales pour un espace chauffé (en W)
- ❖ HT : Coefficient de déperdition par transmission thermique entre le volume chauffé et l'extérieur d'une part, le sol et les locaux non chauffés d'autre part en W/K.
- ❖ HV : Coefficient de déperdition par ventilation ($Q_{\text{Ven}} \times 0,34$), exprimé en W/K.

- ❖ θ_{int} : Température intérieure du local, exprimée en Kelvin [K]. La température de Confort en résidentiel est de l'ordre de 19°C.
- ❖ θ_{e} : Température extérieure de base, exprimée en Kelvin [K].

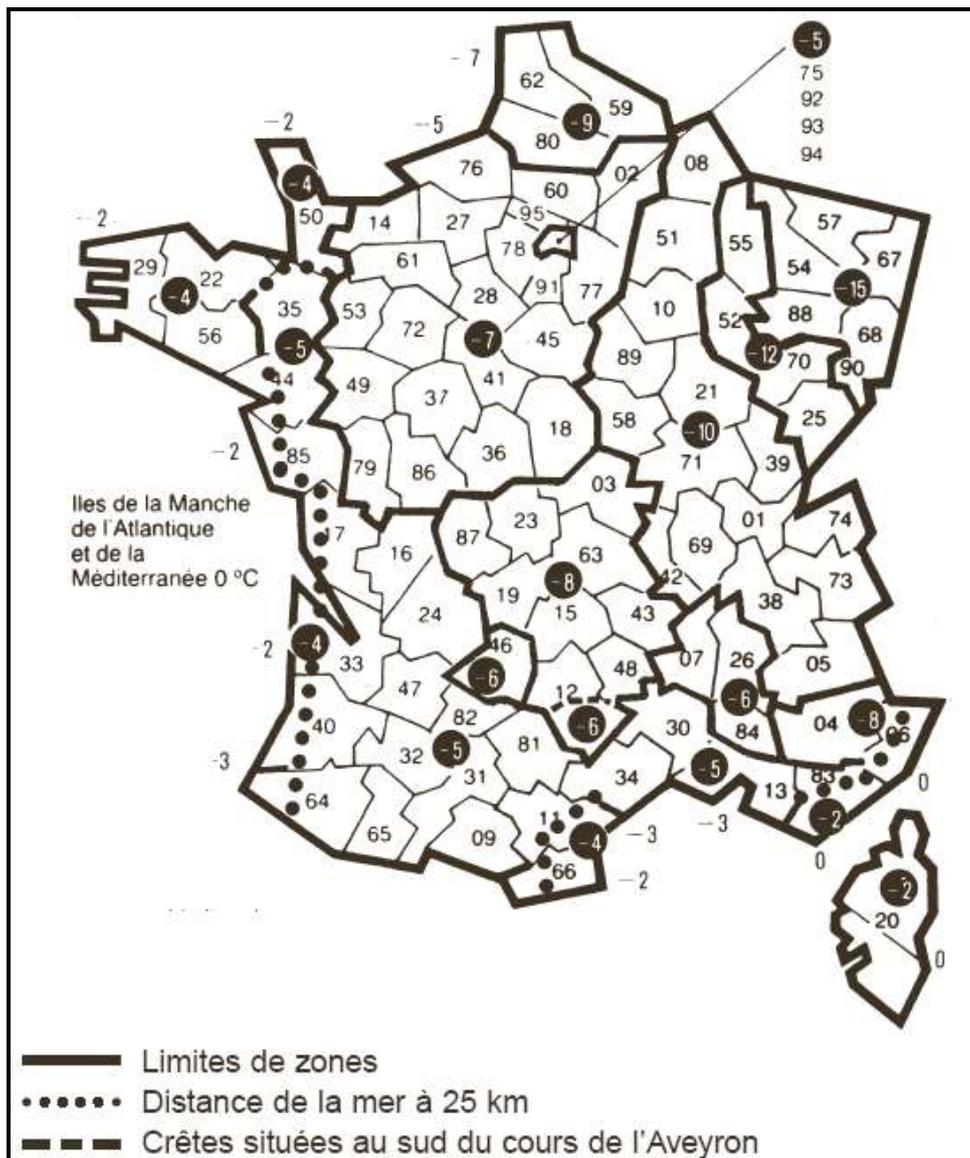
Données climatiques

Température extérieure de base

La température extérieure de base (°C) pour la France selon le site est donnée par le tableau suivant ramené au niveau de mer suivant le département du site. Ensuite une correction de température est effectuée selon l'altitude du site ou de son éloignement de la mer.

Températures extérieures de base au niveau de la mer ($\theta_{e,0}$ [°C])					
Département	$\theta_{e,0}$ [°C]	Département	$\theta_{e,0}$ [°C]	Département	$\theta_{e,0}$ [°C]
01 Ain n	- 10	33 Gironde	- 5	66 Pyrénées (Htes)	- 5
02 Aisne	- 7	34 Hérault	- 5	66 Pyrénées On	- 5
03 Allier	- 8	35 Ile et Vilaine	- 4	67 Rhin (Bas)	- 15
04 Alpes de Hte Pr.	- 8	36 Indre	- 7	68 Rhin (Haut)	- 15
05 Alpes (Hautes)	- 10	37 Indre et Loire	- 7	69 Rhône	- 10
06 Alpes Maritimes	- 5	38 Isère	- 10	70 Saône (Haute)	- 10
07 Ardèche	- 6	39 Jura	- 10	71 Saône et Loire	- 10
08 Ardennes	- 10	40 Landes	- 5	72 Sarthe	- 7
09 Ariège	- 5	41 Loir et Cher	- 7	73 Savoie	- 10
10 Aube	- 10	42 Loire	- 10	74 Savoie (Haute)	- 10
11 Aude	- 5	43 Loire (Haute)	- 8	75 Paris	- 5
12 Aveyron	- 8	44 Loire Atlantique	- 5	76 Seine Maritime	- 7
13 Bouches du Rh.	- 5	45 Loiret	- 7	77 Seine et Marne	- 7
14 Calvados	- 7	46 Lot	- 6	78 Yvelines	- 7
15 Cantal	- 8	47 Lot et Garonne	- 5	79 Sèvres (Deux)	- 7
16 Charente	- 5	48 Lozère	- 8	80 Somme	- 9
17 Charente Mar.	- 5	49 Maine et Loire	- 7	81 Tam	- 5
18 Cher	- 7	50 Manche	- 4	82 Tam et Garonne	- 5
19 Corrèze	- 8	51 Marne	- 10	83 Var	- 5
20 (2A, 2B) Corse	- 2	52 Marne (Haute)	- 12	84 Vaucluse	- 6
21 Côte d'Or	- 10	53 Mayenne	- 7	85 Vendée	- 5
22 Côtes d'Armor	- 4	54 Meurthe et Mos.	- 15	86 Vienne	- 7
23 Creuse	- 8	55 Meuse	- 12	87 Vienne (Haute)	- 8
24 Dordogne	- 5	56 Morbihan	- 4	88 Vosges	- 15
25 Doubs	- 12	57 Moselle	- 15	89 Yonne	- 10
26 Drôme	- 6	58 Nièvre	- 10	90 Ter de Belfort	- 15
27 Eure	- 7	59 Nord	- 9	91 Essonne	- 7
28 Eure et Loir	- 7	60 Oise	- 7	92 Hauts de Seine	- 7
29 Finistère	- 4	61 Orne	- 7	93 Seine St Denis	- 7
30 Gard	- 5	62 Pas de Calais	- 9	94 Val de Marne	- 7
31 Garonne (Hte)	- 5	63 Puy de Dôme	- 8	95 Val d'Oise	- 7
32 Gers	- 5	64 Pyrénées Atlant.	- 5		

La température extérieure de base à prendre en compte dépend à la fois de la région et de l'altitude où se trouve le site.



Les valeurs non cerclées situées dans les mers et océans correspondent à une distance de la mer intérieure à 3 kilomètres.

Correction d'altitude

Les températures de base étant données au niveau zéro, il y a lieu d'appliquer les corrections selon le tableau ci-dessous.

Concernant les versants ensoleillés, on ne prendra jamais de température inférieure à -25°C.

Corrections à appliquer selon l'altitude et de la carte de température de base										
Altitude (m)	-2 °C	-4 °C	-5 °C	-6 °C	-7 °C	-8 °C	-9 °C	-10 °C	-12 °C	-15 °C
Distance côte <25km	-2 °C	-2 °C	-4 °C	-6 °C	-7 °C	-8 °C	-9 °C	-10 °C	-12 °C	-15 °C
0 à 200	-2 °C	-4 °C	-5 °C	-6 °C	-7 °C	-8 °C	-9 °C	-10 °C	-12 °C	-15 °C
201 à 400	-3 °C	-5 °C	-6 °C	-7 °C	-8 °C	-9 °C	-10 °C	-11 °C	-13 °C	-16 °C
401 à 500	-4 °C	-6 °C	-7 °C	-8 °C	-9 °C	-10 °C	-11 °C	-12 °C	-14 °C	-17 °C
501 à 600	-4 °C	-6 °C	-7 °C	-8 °C	-9 °C	-10 °C	-11 °C	-12 °C	-14 °C	-17 °C
601 à 700	-5 °C	-7 °C	-8 °C	-10 °C	-11 °C	-12 °C	-13 °C	-14 °C	-16 °C	-19 °C
701 à 800	-6 °C	-7 °C	-8 °C	-11 °C	-12 °C	-13 °C	-14 °C	-15 °C	-17 °C	-20 °C
801 à 900	-6 °C	-8 °C	-9 °C	-12 °C	-13 °C	-14 °C	-15 °C	-16 °C	-18 °C	-21 °C
901 à 1000	-	-8 °C	-9 °C	-13 °C	-14 °C	-15 °C	-16 °C	-17 °C	-19 °C	-22 °C
1001 à 1100	-	-	-10 °C	-14 °C	-15 °C	-16 °C	-17 °C	-18 °C	-20 °C	-23 °C
1101 à 1200	-	-	-10 °C	-	-11 °C	-12 °C	-13 °C	-14 °C	-16 °C	-19 °C
1201 à 1300	-	-	-11 °C	-	-12 °C	-13 °C	-14 °C	-15 °C	-17 °C	-20 °C
1301 à 1400	-	-	-11 °C	-	-12 °C	-13 °C	-14 °C	-15 °C	-17 °C	-20 °C
1401 à 1500	-	-	-12 °C	-	-13 °C	-14 °C	-15 °C	-16 °C	-18 °C	-21 °C
1501 à 1600	-	-	-12 °C	-	-13 °C	-14 °C	-15 °C	-16 °C	-18 °C	-21 °C
1601 à 1700	-	-	-13 °C	-	-14 °C	-15 °C	-16 °C	-17 °C	-19 °C	-22 °C
1701 à 1800	-	-	-13 °C	-	-14 °C	-15 °C	-16 °C	-17 °C	-19 °C	-22 °C
1801 à 1900	-	-	-14 °C	-	-15 °C	-16 °C	-17 °C	-18 °C	-20 °C	-23 °C
1901 à 2000	-	-	-14 °C	-	-15 °C	-16 °C	-17 °C	-18 °C	-20 °C	-23 °C
2001 à 2100	-	-	-15 °C	-	-16 °C	-17 °C	-18 °C	-19 °C	-21 °C	-24 °C
2101 à 2200	-	-	-15 °C	-	-16 °C	-17 °C	-18 °C	-19 °C	-21 °C	-24 °C
2201 à 2400	-	-	-16 °C	-	-17 °C	-18 °C	-19 °C	-20 °C	-22 °C	-25 °C
2401 à 2600	-	-	-17 °C	-	-18 °C	-19 °C	-20 °C	-21 °C	-23 °C	-26 °C
2601 à 2800	-	-	-18 °C	-	-19 °C	-20 °C	-21 °C	-22 °C	-24 °C	-27 °C
2801 à 3000	-	-	-19 °C	-	-20 °C	-21 °C	-22 °C	-23 °C	-25 °C	-28 °C
au dessus	-	-	-20 °C	-	-21 °C	-22 °C	-23 °C	-24 °C	-26 °C	-29 °C

Moyenne annuelle de la température extérieure

Moyenne annuelle de la température θ_{em} (°C) en fonction de la température extérieure de base θ_e (°C)

Température extérieure de base - θ_e (°C)	0 à -2°C	-3 à -5°C	-6 à -8°C	-9 à -11°C	-12 à -14°C	-15 à -18°C	-19 à -22°C	-23 à -26°C	-27 à -30°C
Moyenne annuelle de la température extérieure - θ_{em} (°C)	13 °C	12 °C	11 °C	10 °C	9 °C	8 °C	7 °C	6 °C	5 °C

Température intérieure de base

Le tableau suivant donne par défaut la température intérieure de base (°C) pour selon le type d'occupation du local dans l'espace chauffé.

Locaux types	Température intérieure de base
- Hopitaux (en général, et locaux analogues) - Salons d'habillage - Salles d'eau, salles de douches	21 °C
- Locaux d'habitation courants, chambres d'hôtels - Bureaux - Classes, salles de cours et de conférences - Cafés, cafétarias, restaurants	19 °C
- Magasins, musées (vêtements d'extérieur conservés) - Eglises, cultes (vêtements d'extérieur conservés)	17 °C
- Cuisines professionnelles - Gymnases - Ateliers d'activité physique modérée	15 °C
- Ateliers d'activité physique assez intense	12 °C
- Locaux de manutention lourde	10 °C
- Garages chauffés (vêtements d'extérieur conservés)	5 °C

Déperditions de chaleur par transmission au travers des parois

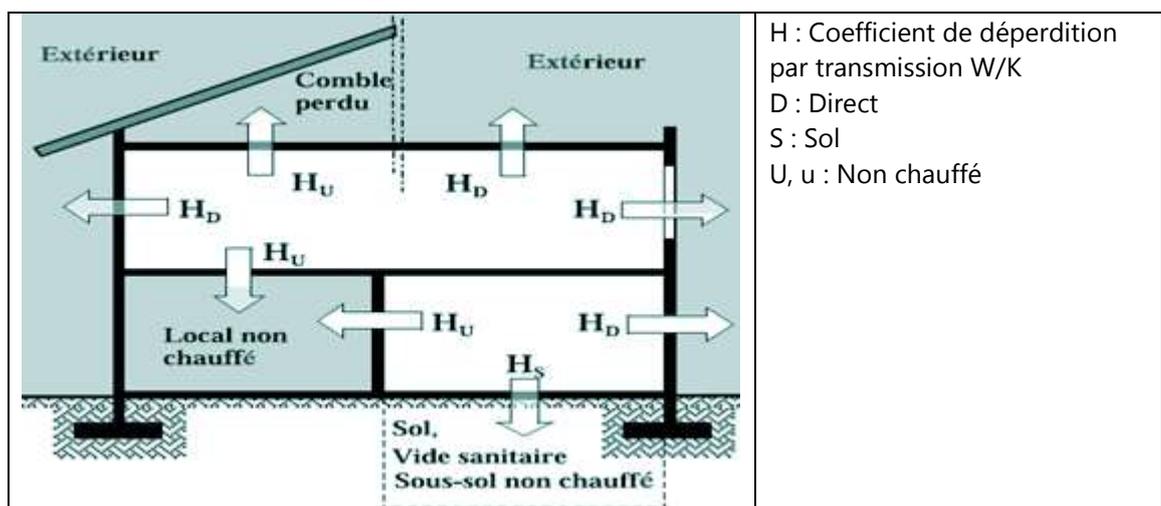
Déperditions de chaleur par transmission thermiques au travers des parois

Les déperditions de chaleur d'un local par transmission de toutes les parois entre le volume chauffé d'une part et l'extérieur, le sol et les locaux non chauffés d'autre part et des déperditions par transmission linéaire et autres sont donnés par la formule suivante :

$$\Phi T = HT \cdot (\theta_{\text{int}} - \theta_e) \text{ en } W, \text{ ou encore}$$

$$\Phi T = (Hd + Hg + Hu + Ha) \cdot (\theta_{\text{int}} - \theta_e)$$

- ❖ HT : Coefficient de transfert de chaleur total par transmission d'un bâtiment en W/K;
- ❖ θ_{int} : Température intérieure du local, exprimée en Kelvin [K]. La température de Confort en résidentiel est de l'ordre de 19°C.
- ❖ θ_e : Température extérieure de base, exprimée en Kelvin [K].
- ❖ Hd (W/K) : Coefficient de déperdition par transmission à travers de l'ensemble des parois de l'espace chauffé donnant directement sur l'environnement extérieur, en W/K.
- ❖ Hg (W/K) : est le coefficient de déperdition par transmission à travers de l'ensemble des parois en contact direct avec le sol ou donnant sur un vide sanitaire ou sur un sous-sol non chauffé.
- ❖ Hu (W/K) : est le coefficient de déperdition par transmission à travers de l'ensemble des parois donnant sur des locaux ou des espaces attenants non chauffés (à l'exception des sous-sols et des vides sanitaires).
- ❖ Ha (W/K) : coefficient de transfert de chaleur par transmission entre l'espace chauffé et un bâtiment contigu.



Coefficient de déperdition par transmission thermique de l'enveloppe du volume chauffé

Ces déperditions concernent les parois opaques (plancher, mur et plafond), les baies vitrées ainsi que les différents ponts thermiques du projet liés aux liaisons structurelles peuvent se résumer de cette manière-là :

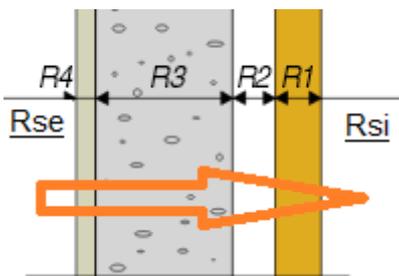
$$HT = [Hd + Hg + Hu + Ha] \quad \text{ou encore} \rightarrow \quad HT = \Sigma(U \cdot A \cdot bu) + \Sigma(\psi \cdot L \cdot bu)$$

Avec :

- ❖ U : coefficient de transmission surfacique d'une paroi, exprimé en W/(m².K)
- ❖ A : surface intérieure d'une paroi, exprimée en m²
- ❖ ψ : coefficient de transmission linéique entre deux parois, exprimé en W/(m.K)
- ❖ L : longueur de la liaison au niveau du pont thermique, exprimée en m.
- ❖ bu : coefficient de réduction de température si la paroi est en contact avec un local non chauffé, sinon b=1

Transmission thermique surfacique (coefficient U)

Le coefficient de transmission surfacique U d'une paroi est calculé à partir de(s) (la) résistance(s) thermique(s) du (des) matériau(s) du complexe, grâce à la conductivité thermique λ , exprimée en W/m.K. De plus, ce coefficient tient compte des effets de convection interne et externe sur la paroi. Il est obtenu à partir de la relation suivante :



$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum \frac{e}{\lambda} + R_{se}} \quad (\text{W} / \text{m}^2.\text{K}) \quad \text{Ou} \rightarrow \quad U = \frac{1}{R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_{se}} \quad (\text{W} / \text{m}^2.\text{K})$$

Avec :

- ❖ Rsi, résistance superficielle intérieure [W/m².K],
- ❖ Rse, résistance superficielle extérieure [W/m².K],
- ❖ R1, R2, R3, etc., résistances thermiques des différents matériaux constituant la paroi en m².K/W
- ❖ e, épaisseur du matériau [m],
- ❖ λ , conductivité thermique du matériau [W/m.K].

Résistances thermiques superficielles.

La résistance superficielle d'une paroi caractérise la part des échanges thermiques qui se réalise à la surface des parois par convection et rayonnement. Elle dépend du sens du flux de chaleur et de l'orientation de la paroi

Dans le tableau ci-dessous, sont indiquées les valeurs des résistances correspondantes, en fonction du sens du flux thermique

RESISTANCES SUPERFICIELLES (en m2.K/W)						
TYPE DE PAROIS & SENS DU FLUX	Parois donnant sur l'extérieur, un passage ou local ouvert			Paroi donnant sur un local fermé attenant chauffé ou pas		
	Rsi	Rse	Rsi+Rse	Rsi	Rse = Rsi	ΣRsi
FLUX HORIZONTAL (Ex. murs) (Inclinaison > 60°)	0,130	0,040	0,170	0,130	0,130	0,260
FLUX ASCENDANT (Ex. Plafond, toiture terrasse) (Inclinaison < 60°)	0,100	0,040	0,140	0,100	0,100	0,200
FLUX DESCENDANT (Ex. plancher) (Inclinaison < 60°)	0,170	0,040	0,210	0,170	0,170	0,340

Un local est dit ouvert si le rapport de la surface totale de ses ouvertures permanentes sur l'extérieur, à son volume, est égal ou supérieure à 0,005 m²/m³. Ce qui peut être le cas d'une circulation à l'air libre pour des raisons de sécurité contre l'incendie.

Résistances thermiques des couches d'air

Une paroi contenant dans son espace un vide non ventilé est considérée comme une couche d'air. Celles-ci à une influence directe sur la résistance thermique dans son ensemble. Dans ce cas, il est d'usage de la prendre en compte dans le calcul de la résistance totale.

Dans le tableau ci-dessous, sont indiquées les valeurs de R des lames d'air, en fonction du sens du flux thermique

RESISTANCES THERMIQUES DES COUCHES D'AIR (en m2.K/W)			
Épaisseur (d) de la couche d'air [en mm]	Direction du flux thermique		
	ascendant	horizontal (1)	descendant
0 < d < 5	0	0	0
5 ≤ d < 7	0,11 W/m ² .K	0,11 W/m ² .K	0,11 W/m ² .K
7 ≤ d < 10	0,13 W/m ² .K	0,13 W/m ² .K	0,13 W/m ² .K
10 ≤ d < 15	0,15 W/m ² .K	0,15 W/m ² .K	0,15 W/m ² .K
15 ≤ d < 25	0,16 W/m ² .K	0,17 W/m ² .K	0,17 W/m ² .K
25 ≤ d < 50	0,16 W/m ² .K	0,18 W/m ² .K	0,19 W/m ² .K
50 ≤ d < 100	0,16 W/m ² .K	0,18 W/m ² .K	0,21 W/m ² .K
100 ≤ d < 300	0,16 W/m ² .K	0,18 W/m ² .K	0,22 W/m ² .K
300	0,16 W/m ² .K	0,18 W/m ² .K	0,23 W/m ² .K

- ❖ (1) valable pour une direction du flux de chaleur qui ne dévie pas de plus de ± 30° du plan horizontal.
- ❖ En présence d'une lame d'air peu ventilée, on pourra considérer par simplification la moitié de la résistance donnée dans ce tableau pour une épaisseur équivalente
- ❖ La résistance thermique d'une lame d'air fortement ventilée sera considérée comme nulle.

Transmissions thermique des parois vitrées

Différentes technologies sont proposées, à savoir :

- ❖ Chassis : PVC / BOIS / ALU / ACIER Composé, rupture de pont thermique,
- ❖ Nature des vitrages : Simple / Double / triple,
- ❖ Traitement basse émissivité (limitation des échanges infrarouges)

- ❖ Traitement argon ou Krypton (Diminution des échanges convectifs)

Les parois vitrées sont composées d'un vitrage et d'une menuiserie. La valeur U_w d'une fenêtre est égale à la valeur U moyenne de ses éléments.

Pour déterminer la valeur U_w , il faut tenir compte des surfaces réelles (A_g , A_f , A_p) des fenêtres nues.

$$U_w = \frac{U_g \times \text{Surf vitrée} + U_f \times \text{Surf cadre} + \psi \times \text{Périmètre vitrage}}{\text{Surf totale fenêtre}}$$

Avec

- ❖ U_g : coefficient de transmission thermique du vitrage (Ceci dépend de la composition du vitrage simple, double, etc. (W/m².K))
- ❖ U_f : coefficient de transmission thermique si la menuiserie est en PVC ou en alu, en W/(m².K).
- ❖ U_w = Coefficient de transmission surfacique de l'ensemble de la fenêtre ou porte fenêtre (vitrage + la structure de la fenêtre) en W/m².K

On trouve alors dans les tableaux une estimation des valeurs U_w pour des fenêtres courantes (Vitrages basics) :

TYPE DE CHASSIS DE FENETRES		Uw - Châssis en PVC				Uw - Châssis métal (Acier, alu, etc.)					
		Avec plusieurs baies		A un battant		Avec coupure thermique				Sans	
Uf : conductance du châssis en W/(m ² .K) ----->		1,8	1,5	1,7	2,8	2,9	3,5	3,8	3,9	4,2	6
Simple vitrage 4mm	5,7	4,53	4,44	4,5	4,63	4,86	5,45	5,23	5,25	5,33	5,78
Double vitrage Standard	2,88	2,71	2,62	2,68	3,01	3,04	3,19	3,26	3,29	3,36	3,86
Double vitrage basse émissivité (HR) avec air	1,75	1,98	1,89	1,95	2,28	2,31	2,4	2,47	2,5	2,57	2,81
Double vitrage basse émissivité (HR) avec argon	1,32	1,67	1,58	1,64	1,97	2	2,08	2,15	2,18	2,25	2,49
Double vitrage basse émissivité (HR) avec krypton	1,2	1,59	1,5	1,56	1,89	1,92	1,99	2,06	2,09	2,16	2,4
Ug : conductance du vitrage en W/(m ² .K)	↑										

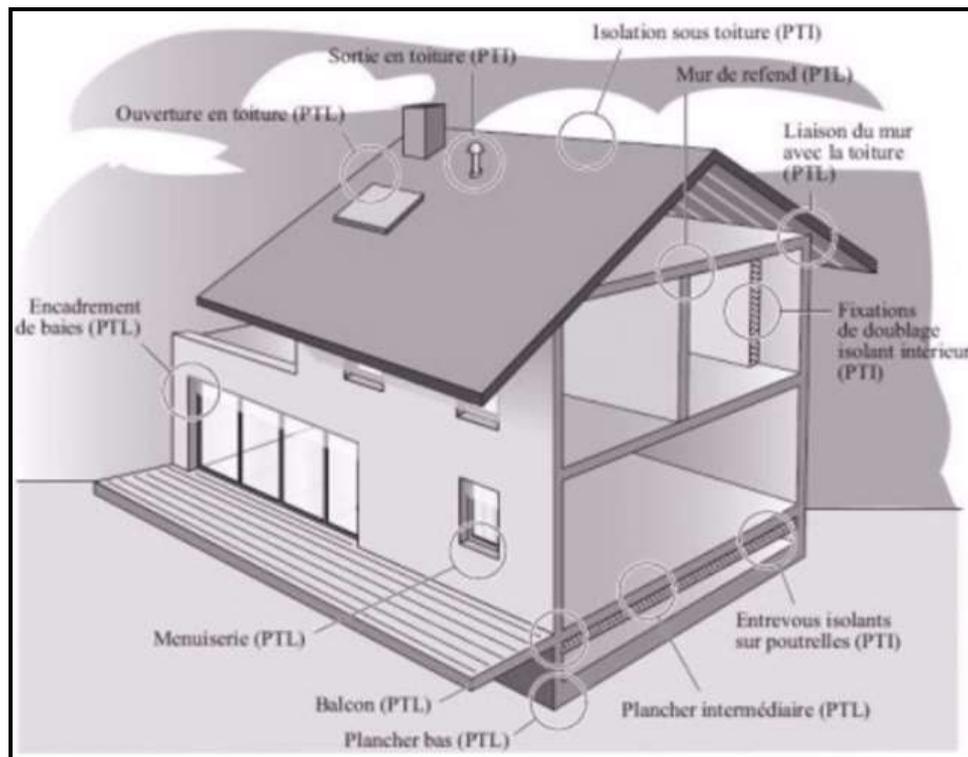
Transmissions thermiques linéiques (coefficient ψ)

Les principaux ponts thermiques de liaison se localisent aux jonctions entre les planchers, les murs, les menuiseries et les toitures. Les ponts thermiques intégrés (PTI), nombreux dans le bâtiment, sont dus à la présence d'ossatures ou d'éléments de fixation traversant les systèmes d'isolation.

Les ponts thermiques linéaires sont quantifiés par un coefficient linéique ψ exprimé en W/(m.K) (watt par mètre linéaire par degré Kelvin).

Les déperditions linéiques sont à prendre en compte en cas d'isolation discontinue (ponts thermiques) :

- ❖ Pénétration dans l'isolant d'un matériau
- ❖ Changement d'épaisseur d'un matériau
- ❖ Différence de surface entre l'intérieur et l'extérieur du mur (angle)



Parois en contact avec un espace non chauffé (HU)

Lorsqu'une paroi est en contact avec un local non chauffé (garage, comble, sous-sol, vide sanitaire,...), l'écart de température entrant dans le calcul du flux de chaleur est différent, car même s'il n'est pas chauffé le local n'est pas à la température extérieure.

Dans ce cas, on introduit un coefficient de réduction de température b_u , les déperditions par degré à travers une paroi en contact avec un espace non chauffé sont données par la formule :

$$Hu = b_u \cdot \left[\sum (U \cdot A) + \sum (\psi \cdot L) \right] \text{ en } (W / K)$$

Dans cette formule :

- ❖ U : coefficient de transmission surfacique d'une paroi, $W/(m^2.K)$
- ❖ A : surface des parois entre le local chauffé et le local non chauffé
- ❖ ψ : coefficient de transmission linéique entre deux parois, exprimé en $W/(m.K)$
- ❖ L : longueur de la liaison au niveau du pont thermique, exprimée en m.
- ❖ b_u : facteur de réduction de température qui prend en compte la différence entre la température de l'espace adjacent et la température extérieure

Le facteur « b_u » peut être obtenu le cas échéant à partir des valeurs forfaitaires selon les données suivantes :

Facteur de réduction de température, b_u	
Espace non chauffé	b _u
Pièce	
- avec seulement 1 paroi extérieure	0,4
- avec au moins 2 parois extérieures sans portes extérieures	0,5
- avec au moins 2 murs extérieurs et portes extérieures (par exemple entrées, garages)	0,6
- avec au moins 3 murs externes (par exemple escalier extérieur)	0,8
Sous-sol	
- sans fenêtres et ni portes extérieures	0,5
- avec des fenêtres ou portes extérieures	0,8
Espace sous toiture	
- Espace sous toiture fortement ventilé (par ex. couvertures en tuiles ou d'autres matériaux formant une couverture discontinue) sans feutres ou panneaux en sous face	1
- autre toiture non isolée	0,9
- toiture isolée	0,7
Circulations extérieures	
- (sans murs extérieurs, le taux de renouvellement d'air < à 0,5 h ⁻¹)	0
Circulations ouvertes sur l'extérieur	
- (superficie des ouvertures / volume de l'espace > 0,005 m ² / m ³)	1
Vide sanitaire	
- (espace au-dessus du vide sanitaire)	0,8

Un local peut être considéré en sous sol si plus de 70% de l'aire de ses murs extérieurs est en contact avec le sol.

Si la température du local non chauffé est connue, b_u est égal au rapport de :

$$b_u = \frac{\theta_{int} - \theta_{su}}{\theta_{int} - \theta_e}$$

- ❖ θ_{int} : température intérieure du local chauffé,
- ❖ θ_{su} : température de l'espace adjacent non chauffé,
- ❖ θ_e : température extérieure.

Paroi en contact avec le sol.

Le flux des déperditions à travers les planchers et murs de sous-sol qui est en contact direct ou indirect avec le sol, dépend de plusieurs facteurs. Ce sont notamment l'aire et le périmètre exposé de la dalle de plancher, la profondeur du plancher d'un sous-sol sous le niveau du sol, et les propriétés thermiques du sol.

Pour les besoins de la présente norme, il est possible de calculer le flux des déperditions vers le sol selon l'EN ISO 13370 :

- ❖ d'une manière détaillée ;
- ❖ ou de la manière simplifiée décrite ci-dessous. Dans ce cas, les déperditions dues aux ponts thermiques ne sont pas prises en compte

Le coefficient nominal de déperdition par transmission à travers le sol en régime permanent, HT, ig, de l'espace chauffé (i) vers le sol (g) se calcule comme suit :

$$H_t = f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot (\sum A \cdot U_{equivalent}) \cdot G_w \quad \text{en (W / K)}$$

- ❖ A est l'aire de la paroi (k) en mètres carrés (m²) ;

- ❖ U_{equiv,k} est le coefficient de transmission thermique de la paroi (k) en watts par mètres carrés et par kelvin (W/(m²·K)),
- ❖ G_w est le facteur correctif prenant en compte l'influence de l'eau souterraine. Cette valeur est prise égale à 1 pour le cas où la distance entre la nappe phréatique éventuelle et la dalle de plancher est supérieure à 1 mètre.
- ❖ fg₁ est le facteur correctif prenant en compte l'influence de la variation annuelle de la température extérieure. Ce facteur doit être déterminé sur une base nationale. En l'absence de valeurs nationales, une valeur par défaut est donnée en D.4.3 (valeur par défaut : 1,43)
- ❖ fg₂ est le facteur de réduction de température prenant en compte la différence entre la moyenne annuelle de la température extérieure et la température extérieure nominale. Ce facteur réduction de température f_{v,i}, est donné par la formule suivante :

$$fg2 = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{m,e}}{\theta_{int,i} - \theta_e}$$

- θ_{int} : Température intérieur du local, exprimée en Kelvin [K]. La température de Confort en résidentiel est de l'ordre de 19°C.
- θ_e : Température extérieure de base, exprimée en Kelvin [K].
- $\theta_{m,e}$: Température moyenne annuelle.

Température extérieure de base - θ_e (°C)	0 à -2°C	-3 à -5°C	-6 à -8°C	-9 à -11°C	-12 à -14°C	-15 à -18°C	-19 à -22°C	-23 à -26°C	-27 à -30°C
Moyenne annuelle de la température extérieure - θ_{em} (°C)	13°C	12°C	11°C	10°C	9°C	8°C	7°C	6°C	5°C

Paramètre B' pour déterminer le coefficient U_{equiv}

Le coefficient U_{equiv} est fonction en fonction du coefficient de transmission thermique du plancher et du paramètre B'.

Le paramètre B' s'applique théoriquement à un bâtiment dans son ensemble

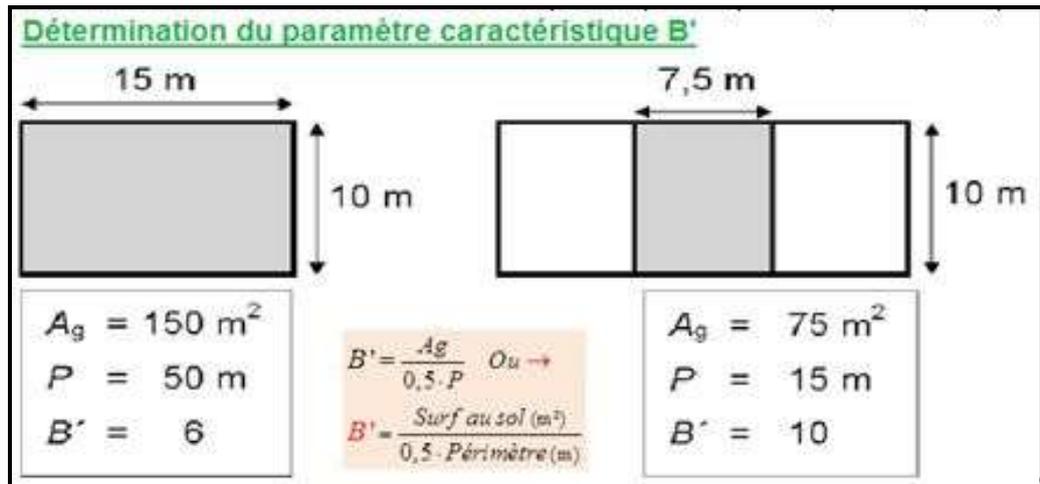
Pour un calcul pièce par pièce on suit les règles suivantes

- ❖ Pour les pièces sans mur extérieur, on calcule B' pour le bâtiment entier
- ❖ Pour les pièces avec un sol bien isolé (U_{floor} < 0.5 W/m².K), on calcule B' pour le bâtiment entier
- ❖ Pour les autres pièces, on calcule B' sur base des dimensions de la pièce

Le paramètre caractéristique, B', est donné de la manière suivante :

$$B' = \frac{A_g}{0,5 \cdot P} \quad \text{Ou} \rightarrow B' = \frac{\text{Surf au sol (m}^2\text{)}}{0,5 \cdot \text{Périmètre (m)}}$$

- ❖ A_g est l'aire de la dalle de plancher considérée en mètres carrés (m²). Pour un bâtiment entier, A_g est l'aire totale du plancher en contact avec le sol. Pour une partie de bâtiment, par exemple un logement dans une rangée de maisons accolées, A_g est l'aire du plancher en contact avec le sol considéré ;
- ❖ P est le périmètre de la dalle de plancher considérée en mètres (m). Pour un bâtiment entier, P est le périmètre total du bâtiment. Pour une partie de bâtiment, par exemple un logement dans une rangée de maisons accolées, P comprend uniquement la longueur des murs extérieurs séparant l'espace chauffé considéré de l'environnement extérieur



Coefficient Uéquivalent, selon les différentes typologies de plancher (W/m².K) :

Les tableaux suivants donnent des valeurs de Uequiv,k pour les différentes typologies de plancher définies dans l'EN ISO 13370, en fonction du coefficient U des parois et du paramètre caractéristique, B'

Dans ces figures et tableaux, la conductivité thermique du sol est supposée être de 2,0 W/(m·K) et les effets de l'isolation périphérique ne sont pas pris en compte

Plancher sur terre plein															
Coef. U équiv en W/M2.K - PLANCHER sur terre-plein au niveau du sol extérieur selon NF-EN - 12831															
Détermination du coefficient U du plancher				Epais.	Conductivité	Résistance									
- plancher en béton				0,18	1,75	0,103									
- polystyrene				0,04	0,041	0,976									
- chappe				0,04	1,15	0,035									
- Rsi						0,100									
Totale résistance thermique & Coefficient U ==>>						1,213	0,82	U en W/m2.K							
Paramètre B' (Longueur & Largeur) ==>>				30,00 m	10,00 m	300,0m2	7,50	B'							
U équivalent (Sélection selon le tableau suivant)							0,38	U_équivalent en W/m2.K							
Uequiv,bf (pour Z = 0 mètre) W/m2- K															
				B'-valeur		U (non isolé)				U plancher isolé (W/m2.K)					
				B'		3,0W/m².K		2W/m².K		1W/m².K		0,5W/m².K		0,25W/m².K	
				2		1,3		0,77		0,55		0,33		0,17	
				4		0,88		0,59		0,45		0,3		0,17	
				6		0,68		0,48		0,38		0,27		0,17	
				8		0,55		0,41		0,33		0,25		0,16	
				10		0,47		0,36		0,3		0,23		0,15	
				12		0,41		0,32		0,27		0,21		0,14	
				14		0,37		0,29		0,24		0,19		0,14	
				16		0,33		0,26		0,22		0,18		0,13	
18		0,31		0,24		0,21		0,17		0,12					
20		0,28		0,22		0,19		0,16		0,12					
Facteur de réduction de température (fg2) et fg1				θint	θext, m	θext	fg2	fg1	fg1 x fg2						
				20°C	12°C	-7°C	0,296	1,450	0,4296						
Température extérieure de base - θe (°C)				0 à -2°C	-3 à -5°C	-6 à -8°C	-9 à -11°C	-12 à -14°C	-15 à -18°C	-19 à -22°C	-23 à -26°C	-27 à -30°C			
Moyenne annuelle de la température extérieure - θem (°C)				13°C	12°C	11°C	10°C	9°C	8°C	7°C	6°C	5°C			

Plancher enterré, à 1,5 m							
Coef. U équiv en W/M2.K - PLANCHER enterré ≈ à 1,5 m du sol extérieur selon NF-EN - 12831							
Détermination du coefficient U du plancher		Epais.	Conductivité	Résistance			
- plancher en béton	0,18	1,75	0,103				
- polystyrene	0,04	0,041	0,976				
- chappe	0,04	1,15	0,035				
- Rsi			0,100				
Σ résistance thermique du plancher & Coefficient U ==>				1,213	0,82	U en W/m2.K	
Paramètre B' (Longueur & Largeur) ==>		30,00 m	10,00 m	300,0m2	7,50	B' valeur	
U équivalent (Sélection selon le tableau suivant)					0,33	U_équiv en W/m2.K	
		Uequiv,bf (pour z = 1,5 mètre) W/m2- K					
		B'-valeur	U plancher isolé (W/m2.K)				
		Non isolé	3,0W/m².K	2W/m².K	1W/m².K	0,5W/m².K	0,25W/m².K
		2	0,86	0,58	0,44	0,28	0,16
		4	0,64	0,48	0,38	0,26	0,16
		6	0,52	0,4	0,33	0,25	0,15
		8	0,44	0,35	0,29	0,23	0,15
		10	0,38	0,31	0,26	0,21	0,14
		12	0,34	0,28	0,24	0,19	0,14
		14	0,3	0,25	0,22	0,18	0,13
		16	0,28	0,23	0,2	0,17	0,12
		18	0,25	0,22	0,19	0,16	0,12
		20	0,24	0,2	0,18	0,15	0,11
Facteur de réduction de température (fg2) et fg1		θint	θext, m	θext	fg2	fg1	fg1 x fg2
		20°C	12°C	-7°C	0,296	1,450	0,4296

Plancher enterré, à 3 m									
Coef. U équiv en W/M2.K - PLANCHER enterré ≈ à 3 m du sol extérieur selon NF-EN - 12831									
Détermination du coefficient U du plancher		Epais.	Conductivité	Résistance					
- plancher en béton	0,18	1,75	0,103						
- polystyrene	0,04	0,041	0,976						
- chappe	0,04	1,15	0,035						
- Rsi			0,100						
Σ résistance thermique du plancher & Coefficient U ==>				1,213	0,82	U en W/m2.K			
Paramètre B' (Longueur & Largeur) ==>		30,00 m	10,00 m	300,0m2	7,50	B' valeur			
U équivalent (Sélection selon le tableau suivant)					0,29	U_équiv en W/m2.K			
		Uequiv,bf (pour Z = 3 mètres) W/m2- K							
		valeur - B'	U plancher isolé (W/m2.K)						
		U (non isolé)	3W/m².K	2W/m².K	1W/m².K	0,25W/m².K			
		2	0,63	0,46	0,35	0,24			
		4	0,51	0,4	0,33	0,24			
		6	0,43	0,35	0,29	0,22			
		8	0,37	0,31	0,26	0,21			
		10	0,32	0,27	0,24	0,19			
		12	0,29	0,25	0,22	0,18			
		14	0,26	0,23	0,2	0,17			
		16	0,24	0,21	0,19	0,16			
		18	0,22	0,2	0,18	0,15			
		20	0,21	0,18	0,16	0,14			
Facteur de réduction de température (fg2) et fg1		θint	θext, m	θext	fg2	fg1	fg1 x fg2		
		20°C	12°C	-7°C	0,296	1,450	0,4296		
Température extérieure de base - θe (°C)	0 à -2°C	-3 à -5°C	-6 à -8°C	-9 à -11°C	-12 à -14°C	-15 à -18°C	-19 à -22°C	-23 à -26°C	-27 à -30°C
Moyenne annuelle de la température extérieure - θem (°C)	13 °C	12 °C	11 °C	10 °C	9 °C	8 °C	7 °C	6 °C	5 °C

Coefficient Uequiv pour les murs enterré d'un sous-sol

Coefficient U equiv, pour les murs d'un sous-sol chauffé, en fonction du coefficient de transmission thermique du plancher et de la profondeur z sous le niveau du sol

Murs enterrés (coef. surfacique)										
Coef. U équiv en W/M2.K - Coefficient de transmission thermique des murs enterrés										
Détermination du coefficient U du plancher		Epais.	Conductivité	Résistance	W/m2.					
- béton armé		0,16	1,750	0,091						
- polystyrène expansé		0,04	0,041	0,976						
- placo		0,01	0,350	0,029						
- Rsi				0,130						
Σ résistance thermique du plancher & Coefficient U ==>				1,226	0,82	U en W/m2.K				
Hauteur du mur enterré ==>					2,00 m					
U équivalent du mur enterré (Sélection selon le tableau suivant)					0,48	U équiv en W/m2.K				
		U		U équiv (W/m2.K) du mur selon hauteur z						
		plancher enterré	z= 0 m	z= 1 m	z= 2 m	z= 3 m				
		0,50W/m²k	0,44	0,39	0,35	0,32				
		0,75W/m²k	0,63	0,54	0,48	0,43				
		1,00W/m²k	0,81	0,68	0,59	0,53				
		1,25W/m²k	0,98	0,81	0,69	0,61				
		1,50W/m²k	1,14	0,92	0,78	0,68				
		1,75W/m²k	1,28	1,02	0,85	0,74				
		2,00W/m²k	1,42	1,11	0,92	0,79				
		2,25W/m²k	1,55	1,19	0,98	0,84				
2,50W/m²k	1,67	1,27	1,04	0,88						
2,75W/m²k	1,78	1,34	1,09	0,92						
3,00W/m²k	1,89	1,41	1,13	0,96						
Un coefficient est appliqué selon les conditions climatiques				θint	θext, m	θext	fg2	fg1	fg1 x fg2	
Facteur de réduction de température (fg2) et fg1				20°C	12°C	-7°C	0,296	1,450	0,4296	
Température extérieure de base - θe (°C)	0 à -2°C	-3 à -5°C	-6 à -8°C	-9 à -11°C	-12 à -14°C	-15 à -18°C	-19 à -22°C	-23 à -26°C	-27 à -30°C	
Moyenne annuelle de la température extérieure - θem (°C)	13°C	12°C	11°C	10°C	9°C	8°C	7°C	6°C	5°C	

Déperditions par ventilation

Déperditions par ventilation

Les pertes de chaleur en ventilation proviennent des entrée d'air neuf et de l'excédent d'air extrait (ventilation) et des infiltrations d'air (perméabilité des parois)

Pour déterminer le coefficient de déperdition par renouvellement d'air, on utilise les grandeurs suivantes en tant que de besoin :

Les déperditions de base par renouvellement d'air ont pour expression :

Le flux de déperdition est proportionnel à la différence entre la température intérieure nominale et la température de l'air extérieur

Coefficient de déperdition par renouvellement d'air : $HV = Vi \cdot 0,34$ en W / K

Et les déperditions thermiques sont égales à : $\Phi V = Vi \cdot 0,34 \cdot (\theta_{int} - \theta_e)$ en W

Avec :

- ❖ ΦV : Flux de déperditions thermiques par renouvellement d'air (en W)
- ❖ HV : Coefficient de déperdition par ventilation ($V_i \times 0,34$), exprimé en W/K.
- ❖ V_i : Débit volumique de l'air, exprimé en m³/h.
- ❖ 0,34 : Chaleur volumique de l'air en Wh/m³.K (produit $r \times c_p / 3600$ pour de l'air à 20 °C)
- ❖ θ_{int} : Température intérieur du local, [K]. La température de Confort en résidentiel est de l'ordre de 19°C.
- ❖ θ_e : Température extérieure de base, [K].

Débit d'air neuf hygiénique

Pour des raisons d'hygiène, un débit d'air minimal est nécessaire. En l'absence d'information nationale disponible, le débit d'air minimal peut se définir de la manière suivante :

$$V_{min} = N_{min} \cdot V_i \text{ en m}^3 / h \text{ Où :}$$

- ❖ N_{min} est le taux horaire minimal de renouvellement en air extérieur (h⁻¹) ;
- ❖ V_i est le volume de l'espace chauffé (i), en m³/h,

En l'absence de système de ventilation, on suppose que l'air introduit a les caractéristiques thermiques de l'air extérieur.

Le tableau suivant de la NF-EN-12831 donne les valeurs par défaut du taux minimal de renouvellement d'air extérieur (N_{min}) en fonction du type de local.

Taux minimal de renouvellement en air extérieur N_{min} (ventilation naturelle)	
Type du local	N_{min} [Vol/h]
Pièce habitable (par défaut)	0,5
Cuisine ou salle de bains avec fenêtre	1,5
Bureau	1
Salle de réunion, salle de classe	2

A noter que le débit de renouvellement d'air neuf réglementaire à prendre en compte dans le calcul est fixé par les réglementations de ventilation dans les bâtiments d'habitation et dans les bâtiments autres que d'habitation. Ces réglementations imposent des valeurs minimales de débits d'air à respecter :

- ❖ dans l'habitat : « arrêté du 24/03/1982 » modifié par l'arrêté du 28/10/1983
- ❖ dans les foyers : « arrêté du 26/07/1982 »

Ventilation des locaux résidentiels

Si la sortie d'air sert à la ventilation d'une pièce principale, son débit doit pouvoir atteindre les valeurs suivantes :

Pièce principale	Débit en mètres cubes par heure	
	S'il est interdit de fumer	S'il est autorisé de fumer
Chambre pour moins de 3 personnes	30	
Chambre collective (à partir de 3 personnes), dortoir, salle de repos	18 par personne	25 par personne
Local administratif	18 par personne	25 par personne
Salle de réunions ou de loisirs	18 par personne	30 par personne
Salle à manger	22 par personne	30 par personne

Lorsque la sortie d'air sert à la ventilation successive d'une pièce principale et d'une pièce de service, son débit doit pouvoir atteindre la plus grande des deux valeurs données dans les tableaux ci-dessus

Ventilation des locaux non résidentiels

Dans les locaux à pollution non spécifique (seule présence humaine), l'aération doit avoir lieu soit par ventilation mécanique, soit par ventilation naturelle permanente sans transit par d'autres locaux.

Dans ce dernier cas, les locaux doivent comporter des ouvrants donnant directement sur l'extérieur et dont les dispositifs de commande sont accessibles aux occupants.

Le Règlement Sanitaire Départemental Type exige quant à lui les débits suivants :

Le tableau ci-dessous indique les valeurs minimales des débits d'air neuf à introduire dans le cas d'une ventilation mécanique :

LOCAUX A POLLUTION NON SPECIFIQUE		
Destination des locaux	Débit mini air neuf (m ³ /h/personne)	
	Avec interdiction de fumer	Sans interdiction de fumer
Locaux d'enseignement :		
- Classes, salles d'études, laboratoires (à l'exclusion de ceux à pollution spécifique)		
- Maternelles, primaires et secondaires du 1 ^{er} cycle	15 m ³ /h/pers	
- Secondaire du 2 ^e cycle et universitaire	18 m ³ /h/pers	25 m ³ /h/pers
- Ateliers	18 m ³ /h/pers	25 m ³ /h/pers
Locaux d'hébergement :		
- Chambres collectives (plus de 3 personnes) (1)		
- dortoirs, cellules, salles de repos	18 m ³ /h/pers	25 m ³ /h/pers
Bureaux et locaux assimilés :		
- Tels que locaux d'accueil, bibliothèques, bureaux de poste, banques	18 m ³ /h/pers	25 m ³ /h/pers
Locaux de réunions :		
- Tels que salles de réunions, de spectacles, de cultes, clubs, foyers	18 m ³ /h/pers	30 m ³ /h/pers
Locaux de ventes :		
- Tels que boutiques, supermarchés	22 m ³ /h/pers	30 m ³ /h/pers
Locaux de restauration :		
- Cafés, bars, restaurants, cantines, salles à manger	22 m ³ /h/pers	30 m ³ /h/pers
Locaux à usage sportif :		
Par sportif :		
- Dans une piscine	22 m ³ /h/pers	
- Dans les autres locaux	25 m ³ /h/pers	30 m ³ /h/pers
- Par spectateur	18 m ³ /h/pers	30 m ³ /h/pers

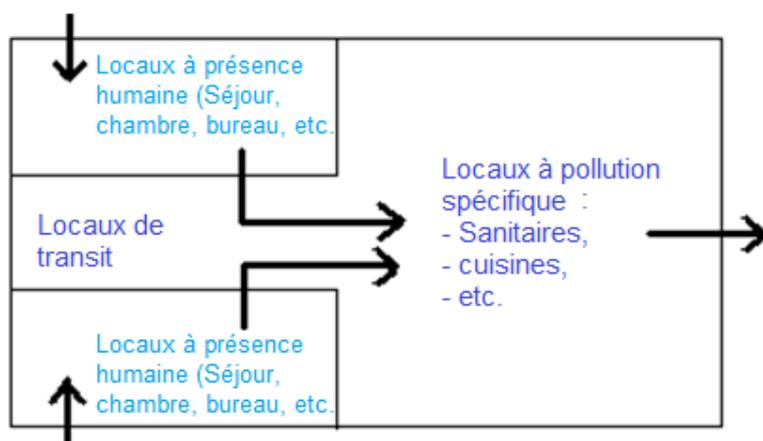
(1) Pour les chambres de moins de 3 personnes, le débit minimal à prévoir est de 30m³/h

Ventilation des locaux à pollution spécifique

Pour les locaux où la présence humaine est épisodique (dépôts, archives, circulations, halls d'entrée...) et où l'organisation du plan ne permet pas qu'ils soient ventilés par l'intermédiaire des locaux adjacents, le débit minimal d'air neuf à introduire est de 0,1 litre par seconde et par mètre carré.

Dans les locaux à pollution spécifique, le débit de la ventilation est déterminé en fonction de la nature et de la quantité de polluants émis.

Sauf exigence particulière Les locaux à pollution spécifique (sanitaires, cuisines, locaux avec émission de produits nocifs) sont ventilés, soit par introduction d'air neuf, ou plus généralement par de l'air provenant de locaux à pollution non spécifique. « (Principe du balayage) »



Le tableau ci-dessous indique les valeurs minimales des débits d'extraction d'air

Locaux à pollution spécifique	
Destination des locaux	Débit d'air minimal en m³/h
Pièces à usage individuel	
- Salles de bains ou de douches	15 par local
- Salle de bains ou de douches commune avec cabinet d'aisances	15 par local
- Cabinet d'aisances	15
Pièces à usage collectif	
- Cabinet d'aisances isolé	30
- Salle de bains ou de douches isolée	45
- Salle de bains ou de douches commune avec cabinets d'aisances	60
- Bains, douches et cabinets d'aisances groupés	30 + 15 N (*)
- Lavabos groupés	10 + 5 N (*)
- Salle de lavage, séchage et repassage du linge	5 par m² de surface de local
Cuisines collectives	
- Office relais	15/repas
- Moins de 150 repas servis simultanément	25/repas
- De 150 à 500 repas servis simultanément (2)	20/repas
- De 501 à 1500 repas servis simultanément (3)	15/repas
- Plus de 1500 repas servis simultanément (4)	10/repas
* N = nombre d'équipements dans le local	
(1) Compte tenu des contraintes techniques, les débits retenus seront de préférence arrondis au multiple supérieur	
(2) Avec un minimum de 3750 mètres cubes/heure	
(3) Avec un minimum de 10000 mètres cubes/heure	
(4) Avec un minimum de 22500 mètres cubes/heure	

Note : D'autres valeurs, obtenues à partir de méthodes nationales peuvent être utilisées sous réserves de disposer des justifications nécessaires.

Pour les cheminées à feu++ ouvert, bien tenir compte des taux de ventilation plus élevés nécessaires pour l'air de combustion.

Débit d'air en ventilation naturelle (Sans VMC)

Débit d'air pris en compte en ventilation naturelle

En l'absence de système de ventilation mécanique, pour calculer les déperditions par renouvellement d'air, on utilise pour le débit d'air dans l'espace chauffé (i), la plus grande des deux valeurs suivantes :

- ❖ le débit d'infiltration d'air (V_{inf}) dû au passage d'air à travers les fissures et les joints de l'enveloppe du bâtiment;
- ❖ le débit minimal requis d'air neuf hygiénique (V_{mini}) pour des raisons hygiénique (Ventilation pouvant se faire par ouvrants, grilles d'amenée, gaines, etc.)

$$V_{min} = \text{Max} [V_{inf}, (N_{min} \cdot V_i)] \text{ en } m^3 / h$$

Débit d'air avec une VMC (Ventilation mécanique contrôlée)

Débits d'air dus aux systèmes de ventilation

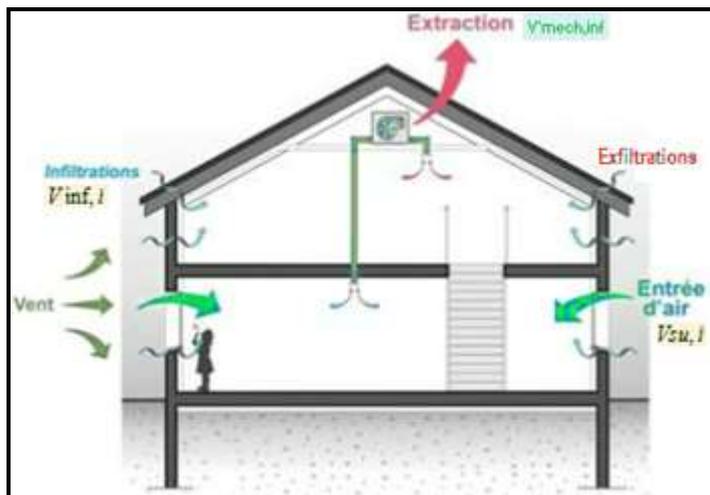
Avec les systèmes de ventilation mécanique, les débits d'air véhiculés mécaniquement sont fonction de la conception et du dimensionnement du système de ventilation.

Avec une VMC simple flux, chaque pièce principale doit être équipée d'au moins une entrée d'air. Les pièces de service ou de dégagement ne comportent pas d'entrées d'air sauf dispositions particulières.

Cette disposition vise à respecter le principe de ventilation du logement par balayage depuis les pièces principales jusqu'aux pièces de service, et à limiter en période ventée les refoulements d'air vicié des pièces de service vers les pièces principales.

Les infiltrations suivent leurs propres voies sans être emporté dans les gaines. Une part des infiltrations repart par les gaines et elles se sont donc comportées comme des entrées d'air supplémentaires.

L'impact de la perméabilité à l'air en présence de vent traversant l'enveloppe sur les besoins de chauffage peut être représenté de la façon suivante



On tient compte des caractéristiques du système, sauf détermination particulière du débit d'air extrait excédentaire, celui-ci peut être calculé comme suit pour l'ensemble du bâtiment :

$$V_i = V_{\text{inf}} + (V_{\text{su}} \cdot f_v) + \underbrace{V_{\text{mech,inf}}}_{\text{Excédent débit extrait}} \quad \text{et} \rightarrow V_i \geq V_{\text{min}}$$

(m³/h) Infiltration d'air Débit entrée d'air

Et pour chaque espace, le débit d'air doit être au moins égal au débit de renouvellement d'air minimal de la ventilation de base, avec :

- ❖ V_i : Débit retenu pour les déperditions dans la pièce chauffée
- ❖ $\sum V_i$ = Total des volumes des différentes pièces chauffées
- ❖ V_{inf} : Débit d'infiltration d'air dans l'espace chauffé
- ❖ V_{su} : Débit introduit par les bouches d'entrée d'air dans l'espace chauffé
- ❖ V_{ex} : Débit d'extraction d'airmech = Débit total d'extraction d'air dans l'habitat
- ❖ $V_{\text{mech,inf}}$: Surplus débit d'extraction de l'espace de la pièce chauffé
- ❖ F_v : Efficacité du système de récupération de chaleur sur l'air extrait

Débit d'air extrait excédentaire

Dans tout système de ventilation, le débit d'air extrait excédentaire est remplacé par de l'air extérieur entrant à travers l'enveloppe du bâtiment.

Au niveau du bâtiment, si le débit d'évacuation d'air est supérieur au débit d'alimentation en air, la différence sera réalisée par infiltration.

En présence de type bouches d'entrées d'air (Simple, autoréglable, bouches d'insufflation, etc.), il sera pris en compte que le résiduel entre la somme des bouches d'extraction d'air et la somme des bouches d'entrées d'air.

La différence est répartie forfaitairement dans tous les espaces au prorata de leur volume chauffé.

$$V_{mech,inf} = \text{Max} \left(\underbrace{\sum(V_{ex}) - \sum(V_{su}); 0}_{\substack{\text{Surplus débit extrait} \\ \text{(m}^3/\text{h)}}} \right) \cdot \frac{V_i}{\sum V_i}$$

Excédent débit extrait au prorata par pièce (Vi)

- ❖ Vi = Volume de la pièce chauffée
- ❖ ΣVi = Total des volumes des différentes pièces chauffées
- ❖ Vex = Débit total d'extraction d'air dans l'habitat
- ❖ Vsu : Surplus débit d'extraction de l'espace de la pièce chauffée

Cette équation peut être utilisée de cette manière pour déterminer le débit d'air introduit dans chaque espace si on ne connaît seulement le débit d'air introduit que pour le bâtiment entier.

Débits d'air dans le calcul des déperditions

Le débit d'air dans l'espace chauffé (i), que l'on utilise pour calculer le coefficient nominal de déperdition par renouvellement d'air, se détermine par l'équation suivante

$$V_i \text{ (m}^3/\text{h)} = \underbrace{V_{inf}}_{\substack{\text{Infiltration d'air} \\ \text{Débit retenu dans} \\ \text{le volume chauffé}}} + \underbrace{(V_{su} \cdot fv)}_{\substack{\text{Entrée d'air}}} + \underbrace{\text{Max} \left[\sum(V_{ex}) - \sum(V_{su}); 0 \right]}_{\substack{\text{Excédent débit extrait au prorata par pièce (Vi)}}} \cdot \frac{V_i}{\sum V_i}$$

Pour un espace chauffé du logement le débit d'air introduit dans une pièce principale est égal au prorata, fonction des modules d'entrées d'air, du débit d'air total introduit.

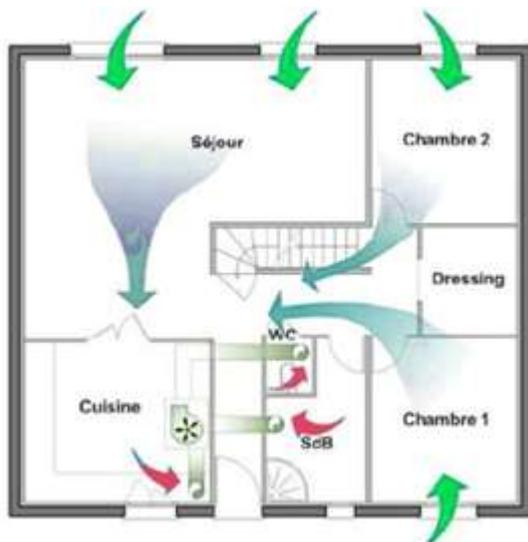
Exemple de calcul

Le tableau ci-dessous indique les débits d'extraction d'air et amenées d'air neuf et la répartition selon la perméabilité de l'enveloppe du bâtiment.

Calcul débit et perte d'énergie ventilation, simple extraction (Sans bouches d'entrée d'air)														
Nom de pièce		Salon de jour	Salon ou salon	Cuisine	Chambre 1	Chambre 1	Chambre 1	SBDB	WC-1	Entrée	Hall	WC-2	Total	
Volume de la pièce chauffée		Vi	29,8 m ³	92,3 m ³	23,8 m ³	27,3 m ³	25,6 m ³	26,3 m ³	11,3 m ³	4,1 m ³	19,6 m ³	13,3 m ³	4,1 m ³	276,3 m ³
Température extérieure		ta	-10,0°C											
Température intérieure des locaux		ti	20,0°C	20,0°C	20,0°C	20,0°C	20,0°C	20,0°C	20,0°C	20,0°C	20,0°C	20,0°C	20,0°C	20,0°C
Température différence		td, i - e	30,0°C	30,0°C	30,0°C	30,0°C	30,0°C	30,0°C	30,0°C	30,0°C	30,0°C	30,0°C	30,0°C	30,0°C
Coef. vent.	Nombre de façades exposées	fe	1	2	1	1	1	2	1	3	1	2	0	
	Taux de renouvellement d'air à 50 Pa	n50	6											
	Coefficient d'exposition au vent	ce	0,92	0,03	0,92	0,02	0,92	0,03	0,92	0	0,92	0	0	
	Facteur de correction hauteur local	ca	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Débit infiltration d'air		Vinf	0,36 m ³ /h	23,23 m ³ /h	5,71 m ³ /h	0,88 m ³ /h	8,14 m ³ /h	0,47 m ³ /h	2,76 m ³ /h	0,00 m ³ /h	4,70 m ³ /h	0,00 m ³ /h	0,88 m ³ /h	79,53 m ³ /h
Débit extraction d'air		Vex	0 m ³ /h	0 m ³ /h	120 m ³ /h	0 m ³ /h	0 m ³ /h	0 m ³ /h	0 m ³ /h	30 m ³ /h	0 m ³ /h	0 m ³ /h	36 m ³ /h	216,00 m ³ /h
Débit amenées d'entrée d'air		Vsu	0 m ³ /h	0 m ³ /h	0 m ³ /h	0 m ³ /h	0 m ³ /h	0 m ³ /h	30 m ³ /h	0 m ³ /h	0 m ³ /h	0 m ³ /h	36 m ³ /h	630 m ³ /h
Température d'introduction d'air		tsu	-											
Facteur de réduction		fv	-											
Débit tirage d'air locaux adjacents		Vsu,adj	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	183
Facteur de réduction		fv,adj	-											
Débit total d'extraction d'air net (Vex-net = Vex - Vsu,adj)		Vex-net	-											
Débit total d'extraction par pièce (Vex-net + Vinf)		Vex-net + Vinf	0,36 m ³ /h	23,23 m ³ /h	120 m ³ /h	0,88 m ³ /h	8,14 m ³ /h	0,47 m ³ /h	2,76 m ³ /h	0,00 m ³ /h	4,70 m ³ /h	0,00 m ³ /h	0,88 m ³ /h	1,32 m ³ /h
Surplus débit d'extraction par pièce (Vex-net + Vinf - Vsu)		Vex-net + Vinf - Vsu	0,36 m ³ /h	23,23 m ³ /h	120 m ³ /h	0,88 m ³ /h	8,14 m ³ /h	0,47 m ³ /h	2,76 m ³ /h	0,00 m ³ /h	4,70 m ³ /h	0,00 m ³ /h	0,88 m ³ /h	216,00 m ³ /h
Débit retenu pour les déperditions (Vinf-net = Vinf - Vsu)		Vinf-net	0,36 m ³ /h	23,23 m ³ /h	21,76 m ³ /h	27,26 m ³ /h	25,56 m ³ /h	29,41 m ³ /h	11,48 m ³ /h	19,27 m ³ /h	10,08 m ³ /h	3,11 m ³ /h	296,53 m ³ /h	
Coef. de déperdition ventilation		HVi	8,9	32	7,3	8,4	7,8	9,1	4,4	6,3	6	6,3		
Déperdition ventilation F.V. = HVi (q) (a-e)		F.V.	266,0 W	959,6 W	218,3 W	251,6 W	235,4 W	273,0 W	156,3 W	218,0 W	180,8 W	98,9 W	281,8 W	

Débit d'extraction d'air en VMC simple flux

Son intérêt est simplement est de répondre aux exigences réglementaires. Le débit est constant et sans réglage, avec un débit de pointe en cuisine.



Dans l'habitat, les exigences sont les suivantes :

Les débits extraits dans chaque pièce de service doivent pouvoir atteindre, simultanément ou non les valeurs données dans le tableau ci-après (Arrêté du 24 mars 1982) en fonction du nombre de pièces principales du logement :

VMC : Débits à extraire pouvant être atteint simultanément ou non (m3/h)							
Nbre de pièces principales du logement	Global	Cuisine		SDB ou douches communes ou non avec un WC	Autre salle d'eau	WC	
	mini	mini	maxi			unique	multiple
1	35 m3/h	20 m3/h	75 m3/h	15 m3/h	15 m3/h	15 m3/h	15 m3/h
2	60 m3/h	30 m3/h	90 m3/h	15 m3/h	15 m3/h	15 m3/h	15 m3/h
3	75 m3/h	45 m3/h	105 m3/h	30 m3/h	15 m3/h	15 m3/h	15 m3/h
4	90 m3/h	45 m3/h	120 m3/h	30 m3/h	15 m3/h	30 m3/h	15 m3/h
5	105 m3/h	45 m3/h	135 m3/h	30 m3/h	15 m3/h	30 m3/h	15 m3/h
6	120 m3/h	45 m3/h	135 m3/h	30 m3/h	15 m3/h	30 m3/h	15 m3/h
7	135 m3/h	45 m3/h	135 m3/h	30 m3/h	15 m3/h	30 m3/h	15 m3/h

(2) Dans le calcul des déperditions du débit total pris en compte on peut raisonner sur un débit moyen d'extraction, correspondant à 2h d'utilisation intensive dans la journée des pièces de service.

Entrées d'air neuf

Le débit maximum extrait doit pouvoir être apporté par les entrées d'air et les fuites du logement, sous une dépression de 10 ou 20 Pa. On définit ainsi le débit total des entrées d'air.

La définition du nombre et du type d'entrées d'air en pièces principales dépend donc du nombre de pièces de services et du nombre de pièces principales. Pour les cas ci-dessous (débit maximum extrait donné) le tableau suivant précise :

- ❖ le débit de fuite (Qf) est donné dans le DTU 68-1,
- ❖ le débit à apporter par les entrées d'air,
- ❖ les modules (mod = débit sous 20 Pa) des entrées d'air à positionner en séjour et chambre,

La somme des modules des entrées d'air doit être au moins égale au débit maximal souhaité par local auquel est soustrait, le cas échéant, le débit de fuite.

$$V_{su} (\text{entrée air neuf}) \geq V_{ex} (\text{maximum air extrait}) - Q_f (\text{Débit de fuite})$$

Dimensionnement des amenées d'air neuf avec une VMC simple-flux autoréglable

Les exigences fixées par la norme XP P 50-410 (DTU 68.1) imposent une dépression maximale de 20 pascals dans le logement qui définit un dimensionnement type en fonction des perméabilités fixées dans cette même norme.

La répartition des entrées d'air se fait dans les différentes pièces principales, chacune d'entre elle devant être équipée au minimum d'une entrée d'air de 22 m³/h (DTU 68-1).

On fait le choix de positionner au minimum une entrée d'air 30 m³/h en séjour et une entrée d'air de 22 m³/h en chambre.

Dimensionnement des amenées d'air neuf avec une VMC simple-flux hygroréglable

L'entrée d'air hygroréglable est définie pour une dépression de 10 pascals (selon l'avis technique)

Dans un système de VMC hygroréglable, les entrées d'air assurent non seulement l'amenée d'air neuf, mais aussi la répartition des débits entrant dans le logement en fonction du taux d'humidité, donc du besoin de ventilation de chaque pièce principale : chambres et séjour.

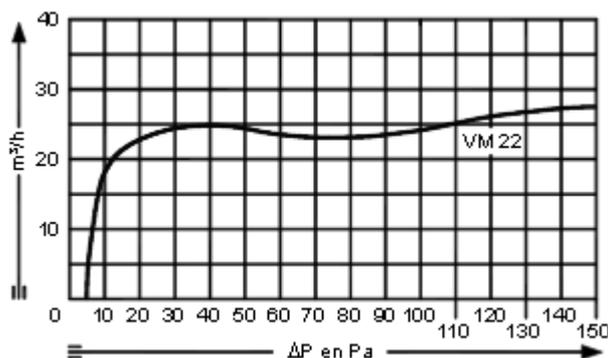
Le débit n'est donc pas distribué de manière homogène entre toutes les pièces principales mais réparti en fonction du nombre d'occupants dans la pièce et de leur mode de vie (températures différentes d'une chambre à l'autre, dans le séjour...).

Chaque pièce principale doit être équipée d'au moins une entrée d'air. La somme des modules de ces entrées d'air doit être égale ou supérieure à 30 m³/h lorsque la dépression maximale du logement est égale à 10 Pa.

Fonctionnement des bouches d'entrée d'air autoréglable

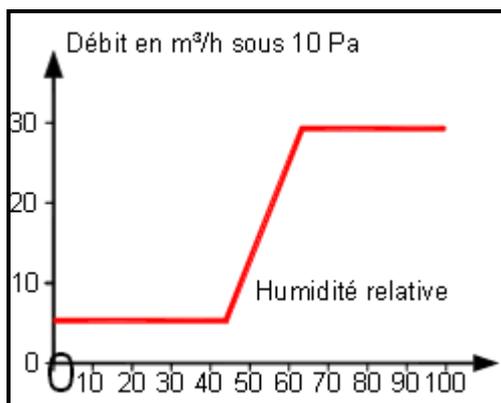
Leur section de passage à l'air est modulée automatiquement en fonction de la différence de pression entre l'intérieur et l'extérieur du logement.

On trouve généralement 4 types de module : 15, 22, 30 ou 45 (valeur correspondant au débit en m³/h donné sous 20 Pa de dépression).



Fonctionnement des bouches d'entrée hygroréglable

Les entrées d'air hygroréglables sont caractérisées par une plage de débit (5-30 m³/h par ex.) sous une dépression de référence égale à 10 Pa.



Dans la norme EN 13790, on utilise la différence de débit insufflé/extrait pour calculer le débit des infiltrations non contrôlées, or en hygroréglable par définition le débit extrait varie dans le temps.

Débits types VMC de type simple flux avec bouches autoréglable

Les entrées d'air ainsi que les bouches d'extraction sont autoréglables, ce qui signifie qu'elles sont réglées à un débit constant quelles que soient les conditions extérieures (vent, pluie,...) et intérieures (nombre d'occupants, humidité,...).

La somme des modules des entrées d'air installées additionnée à la perméabilité du logement doit être supérieure ou égale au débit maximal extrait.

Le tableau ci-dessous donne la synthèse des débits de ventilation avec une VMC de type simple flux ainsi que la répartition des débits d'entrées d'air neuf et des débits de fuite dû à la perméabilité à l'air de l'enveloppe de la construction pour les bâtiments d'habitation notamment dans le cadre du calcul des déperditions thermiques dues au renouvellement d'air

VENTILATION SIMPLE FLUX AUTOREGLABLE LOGEMENTS (Sans appareil gaz raccordé)													
Nb Pièces Principales		Débits aux Bouches d'extraction autoréglables [m³/h]								Débit moyen Vex (2)	Débit de fuite (Qf) ΔP 20 Pa	Débits entrée d'air (m³/h)	
		Cuisine		SdB		WC		Vex				Séjour	Autre pièce principale
		Mini	Maxi	1er	2ème	1er	2ème	mini	maxi (1)				
F1	1 SDB avec WC	20	75	15	--	--	--	35	90	40m³/h	20	45 + 30	--
F1	1 SDB +1 WC	20	75	15	--	15	--	50	105	55m³/h	20	45 x 2	--
F2	1 SDB avec WC	30	90	15	--	--	--	45	105	50m³/h	30	30 x 2	30
F2	1 SDB + 1 WC	30	90	15	--	15	--	60	120	65m³/h	30	30 x 2	30
F2	1 SDB + 2 WC	30	90	15	--	15	15	75	135	80m³/h	30	30 x 2	45
F2	2 SDB + 1 WC	30	90	15	15	15	--	75	135	80m³/h	30	30 x 2	45
F2	2 SDB + 2 WC	30	90	15	15	15	15	90	150	95m³/h	30	45 + 30	45
F3	1 SDB + 1 WC	45	105	30	--	15	--	90	150	95m³/h	40	30 x 2	30 x 2
F3	1 SDB + 2 WC	45	105	30	--	15	15	105	165	110m³/h	40	45 + 30	30 x 2
F3	2 SDB + 1 WC	45	105	30	15	15	--	105	165	110m³/h	40	45 + 30	30 x 2
F3	2 SDB + 2 WC	45	105	30	15	15	15	120	180	125m³/h	40	45 x 2	30 x 2
F4	1 SDB + 1 WC	45	120	30	--	30	--	105	180	111m³/h	50	22 x 2	30 x 3
F4	1 SDB + 2 WC	45	120	30	--	15	15	105	180	111m³/h	50	22 x 2	30 x 3
F4	2 SDB + 1 WC	45	120	30	15	30	--	120	195	126m³/h	50	30 x 2	30 x 3
F4	2 SDB + 2 WC	45	120	30	15	15	15	120	195	126m³/h	50	30 x 2	30 x 3
F5	1 SDB + 1 WC	45	135	30	--	30	--	105	195	113m³/h	60	22 x 2	22 x 4
F5	1 SDB + 2 WC	45	135	30	--	15	15	105	195	113m³/h	60	22 x 2	22 x 4
F5	2 SDB + 1 WC	45	135	30	15	30	--	120	210	128m³/h	60	22 x 2	30 x 4
F5	2 SDB + 2 WC	45	135	30	15	15	15	120	210	128m³/h	60	22 x 2	30 x 4
F6	1 SDB + 1 WC	45	135	30	--	30	--	105	195	113m³/h	70	22 x 2	22 x 5
F6	1 SDB + 2 WC	45	135	30	--	15	15	105	195	113m³/h	70	22 x 2	22 x 5
F6	2 SDB + 1 WC	45	135	30	15	30	--	120	210	128m³/h	70	22 x 2	22 x 5
F6	2 SDB + 2 WC	45	135	30	15	15	15	120	210	128m³/h	70	22 x 2	22 x 5
F6	2 SDB + 3 WC	45	135	30	15	15	2x15	135	225	143m³/h	70	22 x 2	22 x 5

(1) Débit total (Maximal) pris en compte pour le dimensionnement du ventilateur et des réseaux de gaines

Qf est le débit de fuite sous 20 Pa de l'ensemble de l'enveloppe,

Débits types VMC de type simple flux avec bouches hygroréglable

Une modulation du débit d'air est réalisée en fonction de l'humidité des différentes pièces. Il existe deux types de ventilation hygroréglable :

- ❖ type A : Les entrées d'air sont autoréglables et les bouches d'extraction sont hygroréglables,
- ❖ type B : les entrées d'air et les bouches d'extraction sont hygroréglables.

Nbre pièces principales	1	2	3	4	5	6	7
Q _{emréf} hygro (Débit minimum)	10m ³ /h	10m ³ /h	15m ³ /h	20m ³ /h	25m ³ /h	30m ³ /h	35m ³ /h
Q _v hygroréglable	35m ³ /h	60m ³ /h	75m ³ /h	90m ³ /h	105m ³ /h	120m ³ /h	135m ³ /h

En hygroréglable type B, les entrées d'air sont également modulées.

VENTILATION SIMPLE FLUX HYGROREGLABLE LOGEMENTS (Sans appareil gaz raccordé)													
Nb Pièces Principales		Débits aux Bouches d'extraction (m ³ /h)								Débit moyen Vex (2)	Débits entrée d'air (m ³ /h) ΔP 10 Pa		
		Cuisine		SdB		WC		Vex			Débit de fuite (Q _f)	Séjour	Autre pièce principale
		Mini	Maxi	1er	2ème	1er	2ème	Q _{min}	Q _{max} (1)				
F1	1 SDB avec WC	20	75	15	--	--	--	35	90	40m ³ /h	13	45 x 2	--
F1	1 SDB + 1 WC	20	75	15	--	15	--	50	105	55m ³ /h	13	45 x 2	--
F2	1 SDB avec WC	30	90	15	--	--	--	45	105	50m ³ /h	19	30 x 2	30
F2	1 SDB + 1 WC	30	90	15	--	15	--	60	120	65m ³ /h	19	30 x 2	45
F2	1 SDB + 2 WC	30	90	15	--	15	15	75	135	80m ³ /h	19	45 + 30	45
F2	2 SDB + 1 WC	30	90	15	15	15	--	75	135	80m ³ /h	19	45 + 30	45
F2	2 SDB + 2 WC	30	90	15	15	15	15	90	150	95m ³ /h	19	45 x 2	45
F3	1 SDB + 1 WC	45	105	30	--	15	--	90	150	95m ³ /h	25	45 + 30	30 x 2
F3	1 SDB + 2 WC	45	105	30	--	15	15	105	165	110m ³ /h	25	45 x 2	30 x 2
F3	2 SDB + 1 WC	45	105	30	15	15	--	105	165	110m ³ /h	25	45 x 2	30 x 2
F3	2 SDB + 2 WC	45	105	30	15	15	15	120	180	125m ³ /h	25	45 x 2	30 x 2
F4	1 SDB + 1 WC	45	120	30	--	30	--	105	180	111m ³ /h	31	30 x 2	30 x 3
F4	1 SDB + 2 WC	45	120	30	--	15	15	105	180	111m ³ /h	31	30 x 2	30 x 3
F4	2 SDB + 1 WC	45	120	30	15	30	--	120	195	126m ³ /h	31	45 + 30	30 x 3
F4	2 SDB + 2 WC	45	120	30	15	15	15	120	195	126m ³ /h	31	45 + 30	30 x 3
F5	1 SDB + 1 WC	45	135	30	--	30	--	105	195	113m ³ /h	38	30 x 2	30 x 4
F5	1 SDB + 2 WC	45	135	30	--	15	15	105	195	113m ³ /h	38	30 x 2	30 x 4
F5	2 SDB + 1 WC	45	135	30	15	30	--	120	210	128m ³ /h	38	30 x 2	30 x 4
F5	2 SDB + 2 WC	45	135	30	15	15	15	120	210	128m ³ /h	38	30 x 2	30 x 4
F6	1 SDB + 1 WC	45	135	30	--	30	--	105	195	113m ³ /h	44	30	30 x 5
F6	1 SDB + 2 WC	45	135	30	--	15	15	105	195	113m ³ /h	44	30	30 x 5
F6	2 SDB + 1 WC	45	135	30	15	30	--	120	210	128m ³ /h	44	45	30 x 5
F6	2 SDB + 2 WC	45	135	30	15	15	15	120	210	128m ³ /h	44	45	30 x 5
F6	2 SDB + 3 WC	45	135	30	15	15	2x15	135	225	143m ³ /h	44	45	30 x 5

(1) Débit total (Maximal) pris en compte pour le dimensionnement du ventilateur et des réseaux de gaines

Q_f est le débit de fuite sous 10 Pa de l'ensemble de l'enveloppe

Débit de ventilation en VMC-GAZ

Lorsque qu'une installation d'extraction mécanique assure conjointement l'extraction d'air vicié des locaux et l'évacuation des produits de combustion d'un appareil à gaz raccordé (VMC Gaz). L'appareil à gaz implanté en cuisine, salle de bains, WC ou salle d'eau doit avoir un débit de combustion au moins égale à :

- ❖ Pour les appareils classiques on retiendra : $Q_g = 4,3 * P$ avec P = Puissance utile de l'appareil en [kW]
- ❖ Pour les appareils à condensation : $Q_g = 30$ à 45 m³/h selon le modèle

"Q_g" représente le débit d'air comburant en [m³/h] nécessaire à son bon fonctionnement

Débit d'air avec une VMC double flux

En VMC double flux I, l'introduction de l'air ainsi que son extraction sont assurées par des dispositifs mécaniques.

Des bouches d'insufflation sont disposées dans les pièces principales et des bouches d'extraction dans les pièces de service

Les valeurs des débits minimaux insufflés dans les pièces principales (séjour, chambres) afin d'assurer un équilibre avec le débit extrait minimal réglementaire du logement selon l'arrêté du 24 mars 1982.

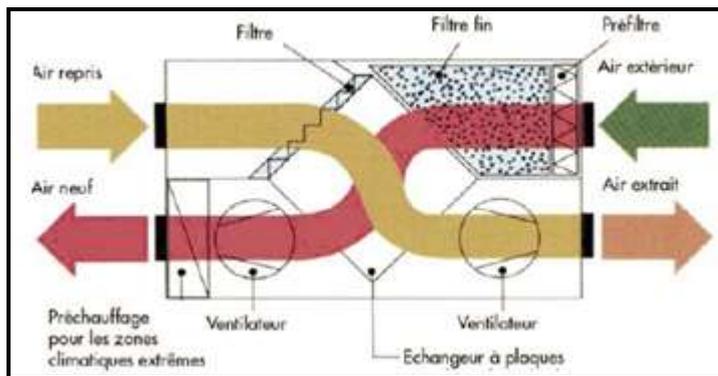
VENTILATION DOUBLE FLUX MAISONS - Débits d'air (sans appareil gaz raccordé)												
Nb Pièces Principales		Débits aux Bouches d'extraction autoréglables [m ³ /h]								Débit moyen Vex (2)	Débits insufflé(m ³ /h)	
		Cuisine		SdB		WC		Vex			Séjour (Mini)	Chambres (Mini)
		Mini	Maxi	1er	2ème	1er	2ème	mini	maxi (1)			
F1	1SDB avec WC	20	75	15	--	--	--	35	90	40m ³ /h	35	--
F1	1SDB +1WC	20	75	15	--	15	--	50	105	55m ³ /h	50	--
F2	1SDB avec WC	30	90	30	--	--	--	60	120	65m ³ /h	30	30
F2	1SDB +1WC	30	90	15	--	15	--	60	120	65m ³ /h	45	30
F2	1SDB + 2 WC	30	90	15	--	15	15	75	135	80m ³ /h	45	30
F2	2 SDB +1WC	30	90	15	15	15	--	75	135	80m ³ /h	45	30
F2	2 SDB + 2 WC	30	90	15	15	15	15	90	150	95m ³ /h	60	30
F3	1SDB avec WC	45	105	30	--	--	--	75	135	80m ³ /h	35	20 x 2
F3	1SDB +1WC	45	105	30	--	15	--	90	150	95m ³ /h	30	30 x 2
F3	1SDB + 2 WC	45	105	30	--	15	15	105	165	110m ³ /h	45	30 x 2
F3	2 SDB +1WC	45	105	30	30	15	--	120	180	125m ³ /h	60	30 x 2
F3	2 SDB + 2 WC	45	105	30	30	15	15	135	195	140m ³ /h	75	30 x 2
F4	1SDB avec WC	45	120	45	--	--	--	90	165	96m ³ /h	30	22 x 3
F4	1SDB +1WC	45	120	30	--	30	--	105	180	111m ³ /h	45	22 x 3
F4	1SDB + 2 WC	45	120	30	--	15	15	105	180	111m ³ /h	45	22 x 3
F4	2 SDB +1WC	45	120	30	30	30	--	135	210	141m ³ /h	45	30 x 3
F4	2 SDB + 2 WC	45	120	30	30	15	15	135	210	141m ³ /h	45	30 x 3
F5	1SDB +1WC	45	135	30	--	30	--	105	195	113m ³ /h	25	22 x 4
F5	1SDB + 2 WC	45	135	30	--	15	15	105	195	113m ³ /h	25	22 x 4
F5	2 SDB +1WC	45	135	30	30	30	--	135	225	143m ³ /h	55	22 x 4
F5	2 SDB + 2 WC	45	135	30	30	15	15	135	225	143m ³ /h	55	22 x 4
F6	1SDB +1WC	45	135	30	--	30	--	105	195	113m ³ /h	40	22 x 5
F6	1SDB + 2 WC	45	135	30	--	15	15	105	195	113m ³ /h	40	22 x 5
F6	2 SDB +1WC	45	135	30	30	30	--	135	225	143m ³ /h	55	22 x 5
F6	2 SDB + 2 WC	45	135	30	30	15	15	135	225	143m ³ /h	55	22 x 5
F6	2 SDB + 3 WC	45	135	30	30	15	2x15	150	240	158m ³ /h	55	22 x 5
F6	3 SDB + 2 WC	45	135	30	2x30	15	15	165	255	173m ³ /h	60	22 x 5

(1) Débit total (Maximal) pris en compte pour le dimensionnement du ventilateur et des réseaux de gaines

- ❖ Les deux valeurs indiquées pour la cuisine correspondent pour la 1ère à la valeur minimale à respecter à toute heure et pour la 2ème à la valeur nécessaire en cas d'utilisation intensive des pièces de service.
- ❖ (1) Débit total (Maximal) pris en compte pour le dimensionnement du ventilateur et des réseaux de gaines

Ventilation en double flux avec système de récupération de chaleur

En cas d'utilisation d'un système de récupération de chaleur, on peut calculer à partir de l'efficacité du système de récupération de chaleur un facteur de réduction de température prenant en compte la différence entre la température de l'air introduit et la température extérieure nominale.



Le facteur réduction de température $f_{v,i}$, est donné par :

$$f_v = \frac{\theta_{int} - \theta_{su}}{\theta_{int} - \theta_e} \rightarrow f_v = \frac{\theta_{int} (\text{air intérieur}) - \theta_{su} (\text{air introduit})}{\theta_{int} (\text{air intérieur}) - \theta_e (\text{air extérieur})}$$

- ❖ θ_{int} : Température intérieure du local, exprimée en Kelvin [K]. La température de Confort en résidentiel est de l'ordre de 19°C.
- ❖ θ_e : Température extérieure de base, exprimée en Kelvin [K].
- ❖ θ_{su} : est la température de l'air introduit dans l'espace chauffé (i), (en provenance du système entréal de chauffage de l'air, d'un espace voisin chauffé ou non chauffé, ou de l'environnement extérieur), en degrés Celsius (°C). $\theta_{su,i}$ peut être supérieur ou inférieur à la température de l'air intérieur.

Efficacité / rendement du récupérateur de chaleur

θ_{su} est la température de l'air introduit, celle-ci est obtenue selon l'efficacité de récupération de chaleur sur l'air extrait de l'échangeur (Valeur donnée par le fabricant) :

$$\varepsilon : \text{Efficacité du système (en \%)} = 100 \cdot \frac{\theta_{su} (\text{air introduit}) - \theta_e (\text{air extérieur})}{\theta_{int} (\text{air extrait}) - \theta_e (\text{air extérieur})}$$

En conséquence, la température de l'air introduit (θ_{su}) dans l'espace chauffé est obtenue de la manière suivante :

$$\theta_{su} = (\theta_{int} - \theta_e) \cdot \frac{\varepsilon}{100} + \theta_e$$

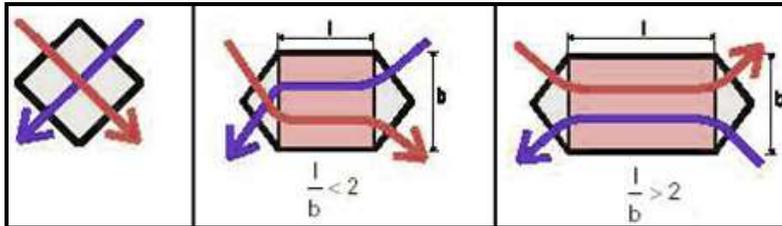
Le fabricant indique le rendement conformément à la norme NBN EN 308 [1]. Ces rendements élevés ne sont toutefois réalisés que si les débits d'alimentation et d'évacuation sont en équilibre, un excès de l'un comme de l'autre réduirait en effet fortement le rendement global.

Les échangeurs statiques peuvent être à contre-courants, à courants croisés ou à contre-courants croisés.

L'efficacité de ces échangeurs varie avec le type :

- ❖ courants croisés : 50...70%
- ❖ contre-courants croisés : 70...80%

❖ contre-courants : 85...99%



Infiltration d'air dans l'habitat

Les bâtiments comportent également des entrées d'air et des sorties d'air parasites appelées infiltrations, plus ou moins visibles, représentées par un simple trou ou une porosité à l'air d'un matériau. Les débits d'air générés par ces défauts d'étanchéité sont les infiltrations, et les exfiltrations.

Les valeurs minimales des débits d'air par les défauts d'étanchéité du logement sont données sous 1 Pa donné dans le DTU 68-1. La conversion du débit d'air à travers l'enveloppe du bâtiment lié à une différence de pression ΔP (Pa) créée dans l'enceinte par rapport à son environnement peut se faire au moyen de la formule suivante :

$$V_{inf} \text{ (perméabilité)} = Q_f \cdot \Delta P^{0,67} \text{ en m}^3/\text{h}$$

Le tableau suivant donne les débits types d'infiltration d'air (10 et 20Pa) selon la formule de conversion indiquée ci-dessus :

Valeurs minimales des débits d'air par les défauts d'étanchéité dans l'habitat						
Nbre de pièces habitat	Immeubles collectifs			Maisons individuelles		
	Qf Sous 1 Pa	ΔP (sous 10 Pa)	ΔP (sous 20 Pa)	Qf Sous 1 Pa	ΔP (sous 10 Pa)	ΔP (sous 20 Pa)
	Selon de DTU	Hygroréglable	Autoréglable	Selon de DTU	Hygroréglable	Autoréglable
1	3 m ³ /h	13 m ³ /h	20 m ³ /h	4 m ³ /h	19 m ³ /h	30 m ³ /h
2	4 m ³ /h	19 m ³ /h	30 m ³ /h	6 m ³ /h	28 m ³ /h	45 m ³ /h
3	5 m ³ /h	25 m ³ /h	40 m ³ /h	8 m ³ /h	38 m ³ /h	60 m ³ /h
4	7 m ³ /h	31 m ³ /h	50 m ³ /h	10 m ³ /h	47 m ³ /h	75 m ³ /h
5	8 m ³ /h	38 m ³ /h	60 m ³ /h	12 m ³ /h	57 m ³ /h	90 m ³ /h
6	9 m ³ /h	44 m ³ /h	70 m ³ /h	14 m ³ /h	66 m ³ /h	105 m ³ /h
7	11 m ³ /h	50 m ³ /h	80 m ³ /h	16 m ³ /h	75 m ³ /h	120 m ³ /h

Les valeurs figurant dans ce tableau sont basées sur des mesures de perméabilité à l'air effectuées en immeubles collectifs et maisons individuelles, elles correspondent aux valeurs minimales susceptibles d'être rencontrées dans le cas d'immeubles de construction courante.

Dans certains cas, et notamment en réhabilitation, la perméabilité à l'air peut être plus importante. On peut alors, sur justifications particulières, retenir des valeurs plus élevées.

Débit d'infiltration d'air

Perméabilité

En saison froide, ces flux d'air induisent un besoin supplémentaire de chauffage. L'augmentation du débit de renouvellement d'air dû aux infiltrations peut entraîner une augmentation des besoins de

chauffage de l'ordre de 10% pour des systèmes de ventilation simple flux, et 25% voire plus, pour des systèmes double flux sur des constructions très perméables.

Les infiltrations au travers de l'enveloppe du bâtiment se situent principalement au niveau des liaisons façades et planchers ; menuiserie, éléments traversant les parois (Trappe d'accès aux combles ou sur gaines techniques, etc.)

L'impact de la perméabilité à l'air avec les courants d'air en présence de vent traversant l'enveloppe sur les besoins de chauffage peut être représenté de la façon suivante.

L'importance relative de la perméabilité à l'air sur les besoins de chauffage s'accroît logiquement avec le renforcement de l'isolation thermique de l'enveloppe (UBât).

En outre, une mauvaise étanchéité à l'air peut engendrer un gaspillage d'énergie, de l'ordre de 10% des besoins de chauffage pour des systèmes simple flux et plus de 25% pour des bâtiments très performants équipés de systèmes double flux.

En effet, la légère dépression créée dans les bâtiments équipés de systèmes de ventilation simple flux retarde l'apparition de flux d'air parasites traversant jusqu'à un certain niveau de perméabilité. Ce phénomène se manifestera pour de plus faibles perméabilités pour des bâtiments équipés de systèmes de ventilation double flux. Ceci se ressent fortement sur la consommation énergétique car l'échangeur est court-circuité. Ainsi, la récupération de chaleur effective est très affectée par la perméabilité à l'air de l'enveloppe

Les bâtiments à basse voire très basse consommation d'énergie pousse à utiliser des systèmes de ventilation performants tels que la ventilation double flux avec récupération de chaleur. Pour que les résultats escomptés soient au rendez-vous, il est donc crucial de garantir une bonne étanchéité à l'air de l'enveloppe.

Débit d'infiltration $Q_{v\text{inf}}$

Le débit d'infiltration, induit par le vent et le tirage thermique sur l'enveloppe du bâtiment, peut être calculé par :

$$Q_{v\text{inf}} = 2 \cdot V_i \cdot n_{50} \cdot e_i \cdot \varepsilon_i \quad (\text{en } m^3 / h)$$

- ❖ V_i : Volume de la pièce chauffée, en m³
- ❖ n_{50} : Taux horaire de renouvellement d'air à 50 Pa de différence de pression entre l'intérieur et l'extérieur (h⁻¹) ;
- ❖ n_{50} : Taux horaire de renouvellement d'air (h⁻¹), résultant d'une différence de pression de 50 Pa entre l'intérieur et l'extérieur du bâtiment, y compris l'effet des entrées d'air ;
- ❖ e_i : classe d'exposition au vent du local.
- ❖ ε_i : tient compte de la hauteur du local chauffé par rapport au sol. Permettant de prendre en compte l'augmentation de la vitesse du vent avec la hauteur de l'espace considéré au-dessus du niveau du sol.

Taux de renouvellement d'air (Valeur n_{50})

L'indicateur n_{50} est utilisé pour les standard Minergie P et Passiv Haus pour les constructions en neuf et en rénovation.

L'indicateur n_{50} est défini comme étant le débit de fuite d'air sous une pression différentielle de 50 Pa rapporté au volume chauffé.

$$n_{50} = \frac{\text{débit de fuite d'air sous 50 Pa}}{\text{Volume chauffé du bâtiment}}$$

Le taux de renouvellement d'air est le nombre de renouvellements en volume/heure du bâtiment lorsqu'il est mis en surpression de 50 Pa. Cette valeur est déterminée, par exemple, lors d'un test de "blower door".

Type construction	Taux de renouvellement d'air pour le bâtiment entier, n50 h-1		
	Degré d'étanchéité à l'air de l'enveloppe du bâtiment (qualité des joints de fenêtre)		
	Élevé	Moyen	Bas
	(joints des fenêtres et portes de haute qualité)	(fenêtres à double vitrage, joints normaux)	(fenêtres à simple vitrage, pas de joints)
Maisons individuelles	< 4	4 - 10	> 10
Autres logements ou bâtiments	< 2	2 - 5	> 5

2) Coefficient d'exposition – e

Coefficient d'exposition au vent du local chauffé (e)			
Classe d'exposition	Espace chauffé sans façade exposée	Espace chauffé à simple exposition	Espace chauffé à expositions multiples
Site non abrité (constructions isolées en bord de mer ou en rase campagne)	0,01	0,03	0,05
Site modérément abrité (bâtiments en campagne protégés par des arbres ou par d'autres bâtiments, banlieues)	0,01	0,02	0,03
Site très abrité (bâtiments de taille moyenne en centre-ville, bâtiments en forêt)	0,01	0,01	0,02

3) Facteur correctif selon la hauteur volume chauffé

Hauteur de l'espace chauffé au dessus du sol (Du centre du local au niveau du sol)	ε
de 0 à 10 m	1
> 10 à 30 m	1,2
> 30 m	1,5

Calcul de la charge thermique

Calcul des puissances à installer

Le calcul des puissances à installer dans chaque pièce est fonction du type d'émetteur. Elle est calculée selon la norme NF EN12828 pour les systèmes à eau chaude et NF EN 14337 pour les systèmes électriques ;

Chauffage par intermittence pour les systèmes à eau chaude, selon la norme NF EN 12831

Le calcul de la charge thermique permet de dimensionner les émetteurs de chaque pièce. La puissance de l'émetteur correspond aux déperditions totales majorées d'une surpuissance de relance nécessaire pour permettre une montée rapide en température après un ralenti de nuit.

Le surplus de la puissance thermique nécessaire pour compenser les effets de l'intermittence du chauffage se calcule comme suit :

$$\Phi_{RH} = A \cdot FRH$$

- ❖ ϕ_{RH} = Surpuissance pour la relance du chauffage en W
- ❖ A : surface du plancher de la pièce en m²
- ❖ FRH : Facteur de relance (en W/m²) pour un chauffage fonctionnant par intermittence et qui est fonction de :
 - L'inertie du bâtiment ;
 - Les durées de réchauffage ;
 - Les taux de renouvellement d'air ;
 - Les chutes de température intérieure pendant l'arrêt du chauffage

La masse effective du bâtiment est donnée en trois catégories :

- ❖ bâtiment de forte inertie (planchers et plafonds en béton et murs en briques ou en béton);
- ❖ bâtiment d'inertie moyenne (planchers et plafonds en béton et murs légers);
- ❖ bâtiments de faible inertie (faux plafonds, planchers surélevés et murs légers).

Plus le bâtiment est isolé et étanche, moins grande sera la chute de température et, par conséquent, moins grande sera la surpuissance de relance.

Bât. Non résidentiel Facteur de relance, fRH (W/m ²) pour chauffage par intermittence									
Temps de relance	Chute 2 K (Lors du ralenti)			Chute 3 K (Lors du ralenti)			Chute 4 K (Lors du ralenti)		
	Inertie du bâtiment			Inertie du bâtiment			Inertie du bâtiment		
	Faible	Moyenne	forte	Faible	Moyenne	forte	Faible	Moyenne	forte
1,0 h	18 W/m ²	23 W/m ²	25 W/m ²	27 W/m ²	30 W/m ²	27 W/m ²	36 W/m ²	27 W/m ²	31 W/m ²
2,0 h	9 W/m ²	16 W/m ²	22 W/m ²	18 W/m ²	20 W/m ²	23 W/m ²	22 W/m ²	24 W/m ²	25 W/m ²
3,0 h	6 W/m ²	13 W/m ²	18 W/m ²	11 W/m ²	16 W/m ²	18 W/m ²	18 W/m ²	18 W/m ²	18 W/m ²
4,0 h	4 W/m ²	11 W/m ²	16 W/m ²	6 W/m ²	13 W/m ²	16 W/m ²	11 W/m ²	16 W/m ²	16 W/m ²

Bât. Résidentiels	Facteur de relance, fRH (W/m2)			
Chauffage par intermittence	1 K	2 K	3 K	4 K
Temps relance	Inertie du bâtiment			
	Faible	Moyenne	forte	forte
1,0 h	11 W/m ²	22 W/m ²	45 W/m ²	50 W/m ²
2,0 h	6 W/m ²	11 W/m ²	22 W/m ²	28 W/m ²
3,0 h	4 W/m ²	9 W/m ²	16 W/m ²	21 W/m ²
4,0 h	2 W/m ²	7 W/m ²	13 W/m ²	16 W/m ²

Charge thermique totale pour une partie de bâtiment ou un bâtiment

Pour une partie de bâtiment ou un bâtiment, le calcul de la charge thermique nominale ne doit pas tenir compte de la chaleur transférée par transmission et renouvellement d'air à l'intérieur de l'enveloppe chauffée de la partie de bâtiment, par exemple les transferts de chaleur entre appartements. Pour une partie de bâtiment ou un bâtiment, la charge thermique nominale,

ϕH , se calcule comme suit :

$$\Phi_{HL} = (\Sigma\Phi T + \Sigma\Phi V + \Sigma\Phi RH) \text{ en } W$$

- ❖ ϕT : est la somme des déperditions par transmission de tous les espaces chauffés à l'exclusion de la chaleur transférée à l'intérieur de la partie de bâtiment ou du bâtiment
- ❖ ϕV : sont les déperditions par renouvellement d'air de tous les espaces chauffés à l'exclusion de la chaleur transférée à l'intérieur de la partie de bâtiment ou du bâtiment ;
- ❖ ϕRH : est la somme des surpuissances de relance nécessaires dans tous les espaces chauffés pour compenser les effets de l'intermittence du chauffage.

Exemplaire de la feuille de calcul du programme DeperTherm

Extrait du cahier des prescriptions habitat neuf de Promotelec

Référentiel-technique-edf (Promotelec)

Cette puissance totale se détermine à partir d'un coefficient D (Déperditions) majoré d'une surpuissance.

Puissance installée en chauffage direct

Émetteurs muraux :

- ❖ maison individuelle : $P = D + (10 \times \text{volume habitable}^*)$
- ❖ logements d'immeuble collectif : $P = D + (15 \times \text{volume habitable}^*)$

Équipements intégrés aux parois :

- ❖ $P = 1,2 \times D$

Par convention le volume habitable est pris égal à : $2,5 \times Sh$

Le coefficient D est obtenu par un calcul détaillé

CHAUFFAGE A ACCUMULATION

Radiateurs :

$$P = 1,5 \times D$$

Plancher chauffant à accumulation :

La puissance à installer doit être calculée selon les règles de l'art et les préconisations des industriels, soit :

- ❖ $P \text{ plancher} = 1,2 \times D$
- ❖ $P \text{ appoint} = 0,6 \times D + (10 \times \text{Volume habitable})$

Chaudière électrique

$$P \text{ chaudière} = 1,2 \times D$$

Chauffage thermodynamique

Générateur (Installation individuelle)

Pompe à chaleur air/air ou air/eau

La puissance du générateur thermodynamique est déterminée à partir des caractéristiques à la température extérieure de base fournies par le constructeur ou, à défaut, à partir de la grille jointe en annexe du présent document.

$$P \text{ Pac} = 0,6 \times D$$

Puissance d'appoint :

- ❖ pour les températures de base supérieures ou égales à -5 °C : P Pac temp. mini base + P appoint $\Rightarrow 1,2 \times D$
- ❖ pour les températures de base inférieures à -5 °C : P appoint $1,2 \times D$

Nota : Si la température d'arrêt de la pompe à chaleur est inférieure à -10 °C avec un écart d'au moins 5 °C entre cette température d'arrêt et la température de base : P Pac temp. mini base + P appoint $1,2 \times D$

Pompe à chaleur eau glycolée/eau ou sol/eau

Puissance de la pompe à chaleur

- ❖ P Pac $0,8 \times D$
- ❖ P Pac + P appoint $\Rightarrow 1,2 \times D$

Pompe à chaleur sol/sol

Puissance de la pompe à chaleur : P Pac $1,2 \times D$

Émetteurs

Ventilo-convecteur : P $1,2 \times D$

Nota : la puissance est déterminée sur la base de la moyenne vitesse ou de la petite vitesse dans le cas d'appareils à deux vitesses.

En aéraulique, la puissance doit être d'au moins $1,2 \times D$ assurée sur la base d'un taux de brassage d'environ 5 volumes par heure.

Planchers chauffants : P $1,2 \times D$

Générateur (Installation collective)

La puissance d'un générateur thermodynamique air/eau à la température minimale extérieure de base du lieu est estimée en considérant sa puissance comme proportionnelle sur une droite passant par les points -7 °C et $+7\text{ °C}$.

Puissance de la PAC $0,6 \times D$

- ❖ si l'appoint est centralisé et que la température extérieure minimale de base est inférieure à -7 °C : P appoint $1 \times D$
- ❖ si l'appoint est centralisé et que la température extérieure minimale de base est supérieure ou égale à -7 °C :
 - P Pac + P appoint $1,2 \times D$
 - P appoint $0,7 \times D$

Dans le cas de pompe à chaleur avec circuits frigorifiques indépendants P appoint peut être limitée à $0,45 \times D$.

La puissance d'un générateur thermodynamique eau/eau à la température de la source froide doit être supérieure ou égale à $0,8 \times D$.

Si l'appoint existe : P Pac + P appoint $1,2 \times D$

Fiche de sélection radiateurs alimentés en monotube

FICHE DE DETERMINATION DES RADIATEURS/CONVECTEURS - Monotube dérivé														
- Correction ΔT réel ramené à ΔT fictif 60°C : $K1 = 64^{1/2} / 181,239$ - Marque = - Correction débit réel ramené à un débit fictif de 600l = $A \cdot \log_{10} D + B$ - Type =														
Local			Puissance (W/h)		Chute	Température		Hydraulique	Puissance		Modèle installé			
N°	Désignation	surf.m.ambiant	Déperditif	Major	installée	T °C	Entrée	Sortie	ΔT °C	débit	corrigée ΔT 60°C			long
Appartement N° 1 			- Température de départ de la boucle de distribution (°C) ----- - Chute de la température de boucle d'eau (°C) ----- - Débit de la boucle d'eau (l/h) ----- - Diamètre intérieur de la boucle d'eau (mm) ----- - Vitesse de circulation de la boucle d'eau (m/s) ----- - Pourcentage de débit dérivé sur fémetteur -----		85°C 15°C 656 l 20 0,58 50%	- Habillage : épr. hauteur								
1	- séjour	19°C	1890W	10%	2079W	0,0°C	85,0°C	85,0°C	85,0°C	656 l	0,93	1943,3W		
2	- chambre N° 1	19°C	1200W	10%	1320W	5,4°C	85,0°C	79,6°C	63,3°C	656 l	1,03	1353,7W		
3	- chambre N° 2	19°C	1100W	10%	1210W	3,5°C	79,6°C	76,1°C	58,8°C	656 l	1,10	1335,8W		
4	- cuisine	19°C	456W	10%	502W	1,3°C	72,9°C	71,6°C	53,3°C	656 l	1,16	583,5W		
5	- Salle de bains	20°C	234W	10%	257W	0,7°C	71,6°C	70,9°C	51,3°C	656 l	1,22	314,3W		
6	- sanitaires	20°C	322W	10%	354W	0,9°C	70,9°C	70,0°C	50,5°C	656 l	1,25	441,3W		
			5202		5722,2					656 l				
Appartement N° 1 			- Température de départ de la boucle de distribution (°C) ----- - Chute de la température de boucle d'eau (°C) ----- - Débit de la boucle d'eau (l/h) ----- - Diamètre intérieur de la boucle d'eau (mm) ----- - Vitesse de circulation de la boucle d'eau (m/s) ----- - Pourcentage de débit dérivé sur fémetteur -----		85°C 15°C 713 l 20 0,63 50%	- Habillage : épr. hauteur								
	- séjour	19°C	1233W	10%	1356W	0,0°C	85,0°C	85,0°C	85,0°C	713 l	0,91	1240,6W		
	- chambre N° 1	19°C	666W	10%	733W	3,3°C	85,0°C	81,7°C	64,4°C	713 l	0,96	704,9W		
	- chambre N° 2	19°C	900W	10%	990W	1,8°C	81,7°C	80,0°C	61,8°C	713 l	1,00	994,9W		
	- chambre N° 3	19°C	500W	10%	550W	2,4°C	80,0°C	77,6°C	59,8°C	713 l	1,05	575,3W		

Fiche de calcul expansion, soupape, etc.

DIMENSIONNEMENT VASE D'EXPANSION - Selon NF DTU 65.11 P1-1												
Eléments réseaux hydrauliques			Linéaire		Calorifuge			Peinture		Contenance eau		
Ø nominal	Ø EXT.	Ø INT.	m	épr.	surBr2tes	Q x surf	surBr2tes	Q x surf	m	l/m	m x Q	
- Circuit (tube cuivre)	10/12	12,00 mm	10,00 mm	25 mm	0,195 m2	0,238 m2				0,079 L/m		
- Circuit (tube cuivre)	12/14	14,00 mm	12,00 mm	25 mm	0,201 m2	0,244 m2				0,113 L/m		
- Circuit (tube cuivre)	14/16	16,00 mm	14,00 mm	25 mm	0,207 m2	0,250 m2				0,154 L/m		
- Circuit (tube cuivre)	16/18	18,00 mm	16,00 mm	25 mm	0,214 m2	0,257 m2				0,201 L/m		
- Circuit (tube cuivre)	18/20	20,00 mm	18,00 mm	25 mm	0,220 m2	0,263 m2				0,254 L/m		
- Circuit (tube cuivre)	20/22	22,00 mm	20,00 mm	25 mm	0,226 m2	0,269 m2				0,314 L/m		
- Circuit (tube cuivre)	26/28	28,00 mm	26,00 mm	25 mm	0,245 m2	0,288 m2				0,531 L/m		
- Circuit (tube cuivre)	30/32	32,00 mm	30,00 mm	25 mm	0,257 m2	0,300 m2				0,767 L/m		
- Circuit (tube cuivre)	34/38	38,00 mm	34,00 mm	25 mm	0,270 m2	0,313 m2				0,967 L/m		
- Circuit (tube cuivre)	40/42	42,00 mm	40,00 mm	25 mm	0,289 m2	0,332 m2				1,256 L/m		
- Circuit (tube acier)	12/17	17,20 mm	13,20 mm	25 mm	0,211 m2	0,254 m2				0,137 L/m		
- Circuit (tube acier)	15/21	21,30 mm	16,60 mm	25 mm	0,224 m2	0,267 m2				0,216 L/m		
- Circuit (tube acier)	20/27	26,90 mm	22,20 mm	25 mm	0,241 m2	0,284 m2	2,53 m2	30 m		0,367 L/m	11,61 L	
- Circuit (tube acier)	26/34	33,70 mm	27,90 mm	25 mm	0,263 m2	0,306 m2	5,29 m2	50 m		0,611 L/m	30,55 L	
- Circuit (tube acier)	33/42	42,40 mm	36,60 mm	25 mm	0,290 m2	0,333 m2	1,86 m2	14 m		1,052 L/m	14,72 L	
- Circuit (tube acier)	40/49	48,30 mm	42,50 mm	25 mm	0,309 m2	0,352 m2				1,418 L/m		
- Circuit (tube acier)	50/60	60,30 mm	53,80 mm	50 mm	0,503 m2	0,589 m2				2,272 L/m		
- Circuit (tube acier)	66/76	76,30 mm	69,80 mm	50 mm	0,553 m2	0,639 m2				3,663 L/m		
- Circuit (tube acier)	80/90	86,30 mm	82,40 mm	50 mm	0,583 m2	0,679 m2				5,330 L/m		
- Circuit (tube acier)	107/114	114,30 mm	105,30 mm	50 mm	0,673 m2	0,758 m2				8,704 L/m		
Calorifuge :							Peinture :	0,7 m2	Volume d'eau :		56,88 L	
Equipements chauffage (valeurs indicatives)			90°/70°C	80°/60°C	70°/55°C	60°/45°C	50°/40°C	40°/30°C	Puis. Inst	Litré/kW	Puis. kW x L/kW	
- Aerothermes / Ventilconvecteurs : 5 à 6 litres / kW						Selon la température du circuit						
- Radiateurs fonte	14,0 L/kW	14,0 L/kW	20,1 L/kW	27,9 L/kW	36,6 L/kW							
- Radiateurs panneaux acier	9,0 L/kW	12,1 L/kW	15,1 L/kW	20,1 L/kW				20 kW	16,1 L/kW		202,00 L	
- Convecteurs	6,5 L/kW	7,0 L/kW	8,4 L/kW	9,6 L/kW	13,4 L/kW							
- Batteries	5,8 L/kW	6,1 L/kW	7,2 L/kW	7,6 L/kW	10,8 L/kW							
- Chauffage au sol	9,2 L/kW	11,8 L/kW	14,7 L/kW	16,0 L/kW	25,6 L/kW							
- chaudière centrale et collectives : 2 l / 1kW								20 kW	2,0 L/kW		40,00 L	
Réservoir Hydro-Accumulateur ==>											1200 L	
Calcul du vase d'expansion sous pression d'azote (Vase d'expansion fermé)												
			Critères de base - Volume d'eau du système d'installation : Vsyst = 1498,88L - Hauteur statique (dénivelé entre le vase expansion et le point de finalisation) : Hst = 10,0 m - Pression différentielle entre le vase et soupape (Si la pompe est entre les) : Pd - Pression de vaporisation à 105°C - Affichage si Tmax est > à 100°C : Pv = 0,20 bar - Pression initiale nominale installation (Mini par défaut) : Po = 1,30 bar - Pression finale normale admise Tarage soupape (Ptar) : Pe = 2,70 bar - Température maxi de fonctionnement (95...110°C chaudière bois, 90°C sinon) : Tmax = 105 °C									
			Calcul vase d'expansion Facteur d'expansion (n) : e = 4,61% Volume d'expansion d'eau (sur Vsyst) : Ve = 69,12 L Volume de sécurité d'eau (en cas de perte d'eau) : Vwr = 7,49L Volume utile d'absorption en eau du vase d'expansion → 76,62 L Facteur de pression installation : 2,65 Rendement du vase : 37,84% Capacité brute (totale) du vase expansion Vexp_min = 302,49 L									
Si la pompe est montée sur la conduite de retour entre le vase d'expansion et la soupape de sécurité de la chaudière, la pression différentielle de la pompe entre le vase d'expansion et la chaudière sera minorée en plus à la pression de tarage de la soupape pour établir la pression finale dans le calcul de dimensionnement du vase d'expansion			Critères de fonctionnement selon le vase d'expansion sélectionné Capacité brute vase d'expansion sélectionné ≥ Vexp_min : Vves = 300 L Pression de gonflage en usine (Pg) : Pg = 1,30 bar Pression mini de remplissage d'eau dans l'installation à froid : Pa min = 1,38 bar Température de fonctionnement (Tx) lors du remplissage installation : Tx = 90 °C Pression de remplissage du circuit à ne pas dépasser (à Tx) : Pa max ≤ 2,25 bar									
			Soupape de sécurité - Ø de raccordement du tube de sécurité : Ø = 20,5 mm Ø du tube intérieur									
Vase d'expansion ouvert (il doit obligatoirement être placé au point le plus haut de l'installation) - Capacité utile en % en eau de l'installation : 300 L (capacité utile du vase d'expansion ouvert) - Ø du tube de sécurité : Ø = 20,5 mm Ø du tube intérieur												
La capacité utile du vase d'expansion doit être au moins égale au volume correspondant à la dilatation de l'eau contenue dans l'installation entre 10°C et 105 °C, soit 4,61% en dilatation, dans le cas d'un installation de chauffage bois.												