

Thermique du bâtiment

Bilan thermique du bâtiment

Partie I : Bilan thermique d'hiver

1. Introduction :

Faire le bilan thermique d'un bâtiment, consiste à faire l'inventaire de toutes ses pertes de chaleur (déperditions) et de toutes ses gains (apports).

Pendant la période froide de l'année, la température extérieure est très inférieure à la température intérieure, le bâtiment perd la chaleur par transmission à travers les parois en contact avec l'ambiance extérieure et avec le sol. Il en perd également par ventilation (renouvellement d'air) parce qu'il y a entrée d'air extérieur froid dans les locaux et sorties d'air intérieur chaud.

Pendant la période chaude, il gagne, la température de l'ambiance extérieure étant, en général, supérieure à celle des locaux. De plus, sous l'effet du rayonnement solaire, le bâtiment gagne des quantités de chaleur.

2. Pourquoi faire le bilan thermique ?

Le premier objectif est de déterminer les besoins de chaleur du bâtiment en hiver, pour connaître la puissance de chauffe à installer dans chacun des locaux d'un bâtiment. Pour cela, on raisonne de la façon suivante :

- ❖ On fait le calcul des déperditions en considérant une température intérieure donnée. Cette température est déterminée par la nature des locaux

habitation		écoles		hôpitaux		piscines		autres	
Séjour	20	Classes	20	Ch. Malade	22	Hall. Douche	23	Bureau	20
S.D.B	21 à 24	Douche	22	Ch. Opéré	23	Cabine de		Magasins,	
Cuisine	20	Circulation	15	Salle. Opér	25	déshabillage	20	boutiques	18
Dégagement	15	gymnase	15	Personnel	15	Lavabo, vest		Locaux	
Garage	10			Dégage	18	annexe	19	industriels	10
								Suivant	à
								activité	
								physique	18

Tableau 1 : Les températures recommandées en fonction de la destination des locaux

- ❖ On apporte à l'intérieur, par moyen de chauffage ou un autre, la même quantité de chaleur qui perdue et que l'on a calculée en considérant une température intérieure constante (exemple 20°C).
- ❖ De même manière que l'organisme humain produit la même quantité de chaleur que celle qu'il perd pour maintenir sa température intérieure constante 37°C.

3. Données de base :

Les besoins calorifiques sont déterminés que par le bâti, ils dépendent des surfaces de l'enveloppe exposées à l'extérieur, du système constructif adopté, des matériaux de construction utilisés, du type et de la surface des ouvertures, de l'exploitation du bâtiment, des dégagements internes de chaleur produits par les occupants et par les matériel tel que l'éclairage, la cuisson, ainsi que de la classe d'exposition du bâtiment au vent.

3.1. Température extérieure de base :

Le bilan thermique d'hiver du bâtiment est fait pour les conditions les plus défavorables, c'est-à-dire pour les journées les plus froides de l'année.

En Algérie la température extérieure de base est fixée par le document technique réglementaire (DTR)

A	Rivage de la mer et parfois le versant nord des chaines côtières
B	Plaine derrière le rivage de la mer et les vallées entre les chaines côtières et l'atlas tellien.
B'	Au sein de la zone B, on distingue la sous zone B' qui comprend la vallée de l'oued chlef
c	Hauts-plateaux compris entre l'atlas tellien et l'atlas saharien
D	Sahara
D'	Au sien de la zone D

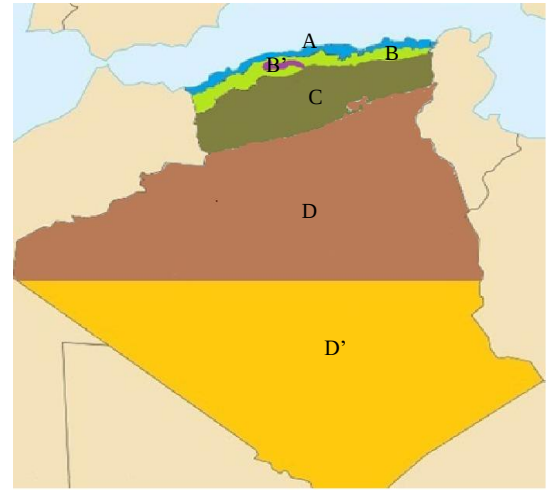


Tableau 2 : Zone climatique en Algérie

wilaya	Communes	zone
Jijel	Groupe de communes 1 : chekfa- el Aouana – el Kannar Nouchi- Emir Abdelkader- Jijel- kaous- keir oued adjoul – mansouria Sidi abdel aziz – Taher- ziamia	A
	Groupe de communes 2 : communes autres que celles figurant aux groupes 1	B

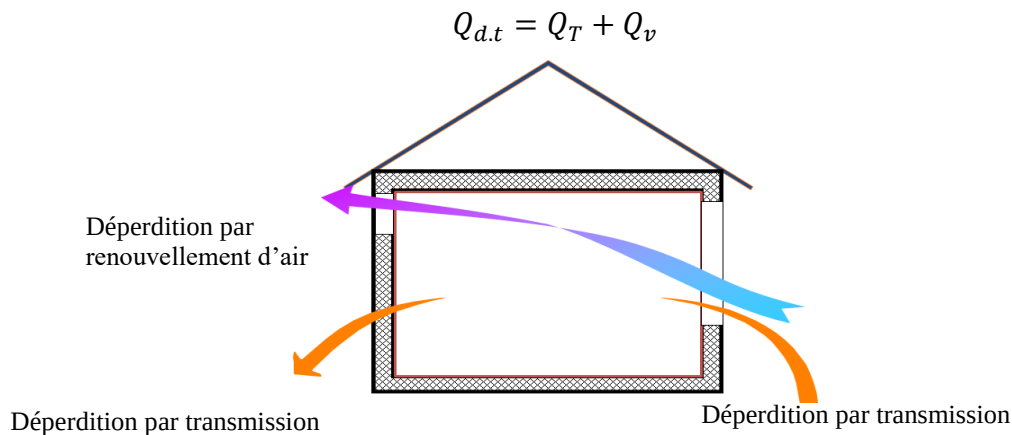
Tableau 3 : Exemple zonage climatique de la wilaya de Jijel

zone	Altitude [m]	Température de base (Te) [°C]	zone	altitude	Température de base (Te) [°C]
A	<300 300 à 500 500à 1000 >1000	6 3 1 -1	C	500à 1000 >1000	-2 -4
B	<500 500à 1000 >1000	2 1 -1	D	<1000 >1000	5 4
B'	<500 >500	0 Voir zone B	D'	<1000	5

Tableau 4 : Température extérieure de base en fonction de la zone climatique et le l'altitude

4. Déperdition calorifiques totales :

Les déperditions de chaleur totales d'un local représentent la somme des déperditions par transmission et par ventilation.



4.1. Déperditions calorifiques par transmission Q_0

Une paroi d'un local chauffé en hiver perd de la chaleur vers l'extérieur ou bien vers un local dont la température est plus basse ou bien non chauffé, en régime stationnaire, le flux de chaleur est donné par :

$$q_0 = k \cdot S \cdot (T_i - T_e)$$

NB : cas des déperditions calorifique par les surfaces touchant le sol :

$$q_s = S \cdot m \cdot (T_i - T_a) + S \cdot (T_i - T_e) \cdot \frac{\lambda_s}{Z}$$

Avec :

m : Coefficient de transmission calorifique équivalent.

T_e : La température de la terre au niveau de nappe phréatique.

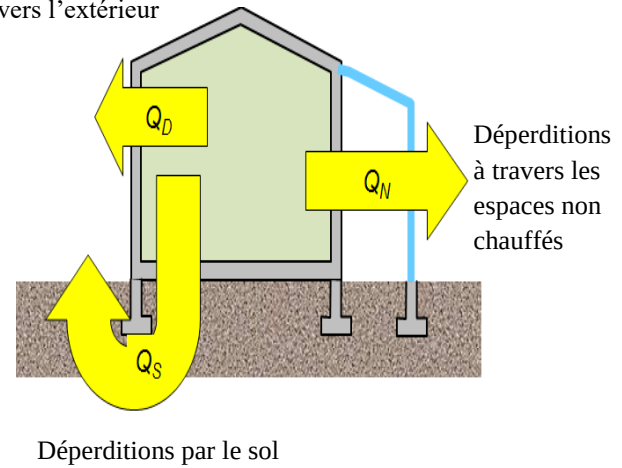
S : Surface du plancher + surface du mur enterré (m^2).

Z : Profondeur de la nappe phréatique (m).

T_a : Température équivalente, dépendant de la température extérieure ($^{\circ}C$).

λ_s : Conductivité thermique du sol.

Transmission directe
vers l'extérieur



q_0 représente le flux de chaleur perdue par la paroi [W], S : surface de la paroi [m^2], k : le coefficient de transmission global de la chaleur en [$W/m^2 \cdot ^{\circ}C$], T_i : la température intérieure en [$^{\circ}C$], T_e la température à l'extérieure ou dans le local voisin en [$^{\circ}C$].

Si $T_e > T_i$: c'est-à-dire si la température de l'air dans le local voisin est plus élevée, le calcul de q_0 donne une valeur négative, c'est-à-dire un gain de chaleur. La somme des déperditions élémentaires q_0 donne les déperditions par transmission Q_0 de la totalité du local, donc :

$$Q_0 = \sum q_0$$

Le régime de transfert de chaleur entre l'intérieur et l'extérieur du bâtiment n'est plus stationnaire. La norme **4701** fait la distinction, pour un local déterminé, entre pertes calorifiques par transmission Q_0 et les besoins calorifiques Q_T correspondant à ces mêmes pertes. Q_0 Résulte de la somme des pertes par transmission globale de tous les éléments de l'enveloppe d'un local à la plus faible température extérieure. Mais d'autres facteurs d'influence sont introduits sous forme de majorations. Des déperditions calorifiques par transmission on déduit les besoins calorifiques correspondant à ces pertes, en multipliant celles-ci par un coefficient de majoration Z , qui contient les majorations partielles suivantes :

- Z_U pour interruption d'exploitation du chauffage,
- Z_A pour compensation des surfaces extérieures froides,
- Z_H pour orientation.

Pour les besoins calorifiques de transmission Q_T on peut donc écrire :

$$Q_t = Q_0 \cdot (1 + Z_U + Z_A + Z_H) = Q_0 \cdot Z$$

4.1.1. La majoration z_u

En thermique de bâtiment on fait la distinction entre trois classes de bâtiment et cela en fonction de leur régime d'exploitation.

- **Mode d'exploitation I** : exploitation continue avec toutefois réduction d'exploitation nocturne.
- **Mode d'exploitation II** : interruption journalière de fourniture de chaleur d'une durée de 8 à 12 heures.
- **Mode d'exploitation III** : interruption journalière de fourniture de chaleur d'une durée de 12 à 16 heures.

Il est recommandé de retenir le mode d'exploitation I pour les bâtiments d'habitation, hôpitaux, maisons de soins etc., le mode d'exploitation II pour les immeubles des bureaux, magasins etc., le mode d'exploitation III pour les écoles avec instruction le matin exclusivement, bâtiments d'usines etc.

4.1.2. La majoration z_A

Comme le confort de l'homme dans un local ne dépend pas seulement de la température de l'air, mais également de la température moyenne de l'enveloppe du local, des locaux avec des parois extérieures grandes et minces ou avec des grandes fenêtres sont sur le plan climatique des locaux plus défavorables que d'autres avec des

murs épais ou des petites fenêtres ; de même des pièces d'angle sont plus défavorables que des locaux encastrés sur trois faces.

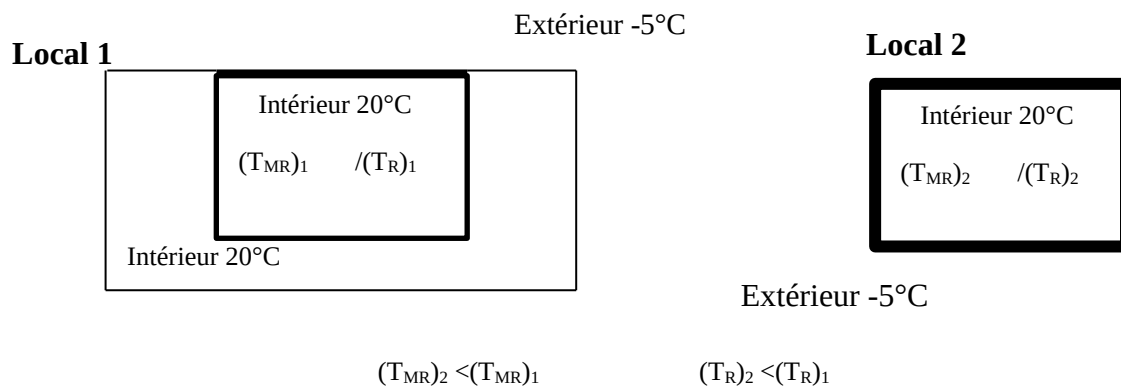


Figure1. Influence des parois froide sur la température ressentie

D'une façon générale, on peut dire que plus un élément architectural perd de la chaleur en hiver, plus il va être froid sur sa face intérieure et plus son influence sur le confort sera néfaste.

4.1.3. La majoration z_d (Groupement des majorations z_u et z_A)

Les deux majorations dépendent du coefficient D et peuvent donc, malgré leur signification physique tout à fait différente, être groupées pour le calcul en une majoration unique z_D (voir tableau 5).

Avec :

$$D = \frac{Q_0}{S_{tot}(T_i - T_e)}$$

S_{tot} Est la surface totale de toutes les enveloppes des locaux, donc des murs extérieurs avec les fenêtres, des murs intérieurs avec les portes, du plancher, et de la couverture.

Mode D'exploitation	Coefficient D	0.1 à 0.29	0.30 à 0.69	0.70 à 1.49	1.5
I	Exploitation réduite	7	7	7	7
II	Interruption de 9 à 12 h de durée	20	15	15	15
III	Interruption de 12 à 16h de durée	30	25	20	15

Tableau 5: Majorations groupées $z_D = z_u + z_A$

4.1.4. La majoration z_H (pour orientation)

La valeur des majorations qui doivent tenir compte des différences d'insolation est à prendre dans le tableau 6. Pour l'appréciation de l'orientation d'un local, il faut retenir pour les locaux encastrés sur 3 faces la position de la paroi extérieure et pour des locaux d'angle la direction du coin de la maison. Pour des pièces avec trois ou quatre faces extérieures, il faut prendre pour chacune d'elle la majoration la plus élevée. Pour des parties de bâtiments sans influence solaire directe (cours étroites, trémies d'éclairage) le coefficient de majoration pour orientation est supprimé.

Orientation	S	SO	O	NO	N	NE	E	SE
z_H	-5	-5	0	+5	+5	+5	0	-5

Tableau 6 : Majorations z_H pour orientation

4.2. Déperditions calorifiques par ventilation Q_v

La ventilation des bâtiments en hiver se traduit par une déperdition de chaleur, l'entrée d'air extérieur froid engendre la sortie vers l'extérieur la même quantité d'air chaud. Le remplacement de l'air chaud par de l'air froid qu'il faudra chauffer est une déperdition de chaleur.

4.2.1. Déperdition de chaleur par ventilation contrôlée :

Lorsque le bâtiment est doté d'une installation de ventilation contrôlée (V.M.C), les débits d'air sont connus des locaux du bâtiment, la déperdition de chaleur par ventilation se détermine dans ce cas à l'aide de l'équation :

$$Q_v = G \cdot C (T_i + T_e)$$

Q_v Perte de chaleur par ventilation [W], G débit d'air [m^3/s], C chaleur volumique de l'air [$1.224 \text{ KJ}/m^3\text{°C}$].

4.2.2. Déperdition calorifiques par ventilation non contrôlée :

La quantité d'air qui pénètre sous l'effet du vent dans un local par les jointures des portes et fenêtres fermées, dépend des dimensions des zones non étanches des parties de bâtiment situées au vent et des différences de pression entre l'extérieur et l'intérieur. Sur la face extérieure, règne dans le cas le plus défavorable –direction du vent perpendiculaire- une pression dynamique correspondant à la vitesse du vent ; à l'intérieure s'établit une pression qui est influencée par la résistance à l'écoulement du volume d'air introduit ainsi que par une éventuelle dépression sur les faces de l'immeuble non touchées par le vent. À cet égard, les maisons individuelles isolées se comportent différemment des maisons alignées ou des bâtiments d'un étage avec plusieurs appartements complètement séparés.

Pour caractériser les particularités d'un immeuble, dues à sa situation, son lieu et son mode de construction on se sert de la « caractéristique d'immeuble » H . les résistances à l'écoulement de l'air sont concrétisées par une « caractéristique de local » R . si l'on tient compte également dans H de la chaleur spécifique de l'air et des conditions spéciales des pièces d'angle par un facteur de majoration Z_E , les besoins calorifiques pour compenser les pertes par ventilation Q_L peuvent être calculés par l'équation :

$$Q_v = 1.16 \cdot \sum_{i=1}^n (a_i l_i)_A \cdot R \cdot H \cdot (T_i - T_e) \cdot Z_e \quad [W]$$

$\sum(al)_A$: La perméabilité des fenêtres et portes au vent [m^3/h].

R : la caractéristique de local.

H : la caractéristique d'immeuble.

$(T_i - T_e)$: La différence de température entre l'air intérieur et extérieur.

Z_E : Le facteur de majoration pour fenêtres d'angle.

4.2.2.1. Perméabilité des fenêtres et portes $\sum_{i=1}^n (a_i l_i)_A$:

La perméabilité unitaire a_i par mètre de longueur de joint de l'ouverture i est donnée en [$m^3/(m.h)$].sa valeur dépend de la nature des ouvertures (voir tableau 7). La perméabilité totale d'une fenêtre ayant une longueur totale de joint l_i est donnée par $a_i l_i$ [m^3/h].

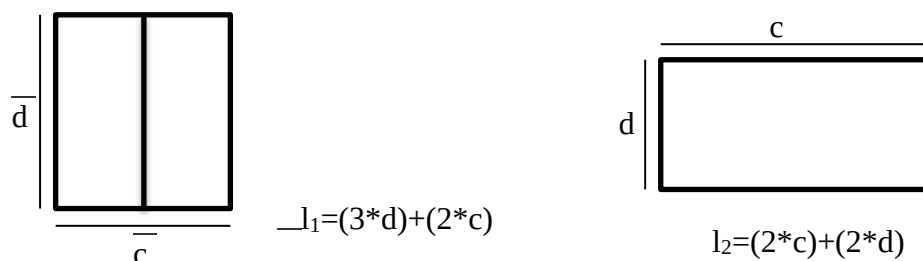


Figure 2: longueur de joint des ouvertures en fonction du nombre vantaux ou battants

Fenêtres en bois et en matière synthétique	Fenêtres simples	3.0
	Fenêtres composées	2.5
	Fenêtres doubles et fenêtres simples avec étanchéité garantie	2.0
Fenêtres en acier et fenêtres métalliques	Fenêtres simples	1.5
	Fenêtres composées	1.5
	Fenêtres doubles et fenêtres simples avec étanchéité garantie	1.2
Portes intérieures	Non étanches (sans seuil)	40
	étanches (avec seuil)	15
Portes extérieures	Comme les fenêtres	

Tableau 7. Perméabilité des joints a par mètre de longueur de joints (en m³/h)

4.2.2.2. La caractéristique du local **R**

La caractéristique de local dépend de la perméabilité de toutes les fenêtres et portes $\sum(al)_A$ exposées au vent, ainsi que de la perméabilité des fenêtres et portes par lesquelles l'air peut s'écouler du local. Si cette perméabilité est désignée par analogie par $\sum(al)_N$ la caractéristique de local **R** exprime le quotient :

$$R = \frac{1}{\frac{\sum(al)_A}{\sum(al)_N} + 1}$$

Dans la plupart des cas l'air ne s'écoule d'un local exposé au vent que par les portes intérieures. Ainsi donc les dimensions de ces portes et leur étanchéité sont déterminantes pour $\sum(al)_N$. Si l'on utilise des fenêtres et des portes de type courant. Il n'y a pas trop grandes différences dans la valeur de **R** des différents locaux d'un immeuble. La plus part du temps, on peut donc renoncer au calcul de la caractéristique du local **R** par la formule passé et prendre la valeur dans le tableau suivant :

Rapport de surface	Fenêtre en bois ou en matière synthétique		Fenêtre en acier et Fenêtres métalliques		Caractéristique de maison
	Portes intérieures		Portes intérieures		
	étanches	Non étanches	étanches	Non étanches	
S _E /S _P	< 1.5	< 3	< 2.5	< 6	R=0.9
S _E /S _P	1.53	39	2.56	620	R=0.7

Tableau 8. Caractéristique de local **R**

S_E : surface de toutes les portes et fenêtres extérieures.

S_P : surfaces de toutes les portes intérieures.

4.2.2.3. La caractéristique d'immeuble **H**

La caractéristique d'immeuble tient compte de la classe d'exposition au vent, du bâtiment. La plus ou moins grands exposition au vent déterminée par :

- 1- La région où se trouve la construction (région à vents forts ou à vents normaux).
- 2- Le site protégé découvert ou très découvert ; en tenant compte des obstacles et de la hauteur de bâtiments).

Site protégé : c'est le cas des centres de villes de construction serrée à condition que les immeubles ne dépassent pas sensiblement leur voisinage.

Site découvert : c'est le cas des maisons dans les cités où les ensembles de bâtiments sont clairsemés ainsi qu'on ville, des maisons élevées, dépassant nettement leur voisinage.

Site exceptionnellement découvert : c'est le cas des maisons isolées construits sur les hauteurs, sur des bandes côtiers sans arbres ainsi que sur les rives dénudées de larges fleuves ou de grands lacs.

		Maison d'alignement	Maison individuelle
Région normale	Site protégé	0.24	0.34
	Site découvert	0.41	0.58
	Site particulièrement découvert	0.60	0.84
Région à vent forts	Site protégé	0.41	0.58
	Site découvert	0.60	0.84
	Site particulièrement découvert	0.82	1.13

Tableau 9. Caractéristique de maison H

4.2.2.4. La majoration pour fenêtre d'angle z_E

Dans le cas où il existe des fenêtres ou des portes sur deux murs extérieurs contigus qui forment un angle, le débit de l'air qui s'écoule à travers le local sous l'action de vent s'en trouve augmenté de 20%, donc qu'il existe des fenêtres d'angle, les pertes de chaleur par ventilation doivent être majorés de 20%.

$z_E = 1.2$ Dans le cas d'existence de fenêtre d'angle.

$z_E = 1.0$ Pas de fenêtre d'angle.

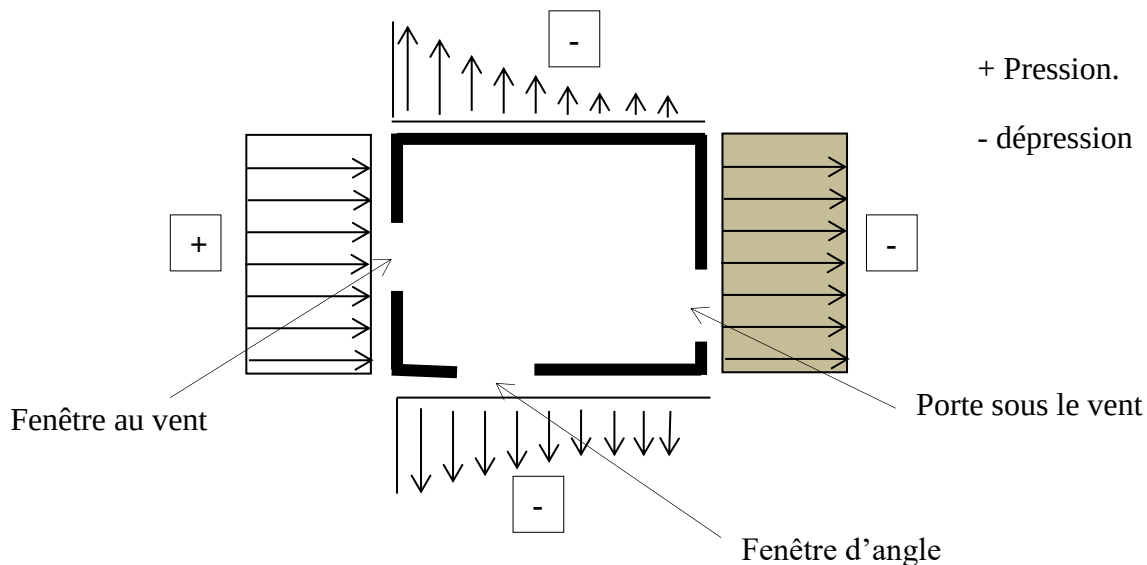


Figure 4 : Zone de pression et de dépression autour d'un bâtiment Sous l'action de vent (vue en plan)

5. Apport internes :

Les apports internes de chaleur représentent essentiellement des quantités de chaleur produites à l'intérieur des locaux. Ces apports ont pour origine :

5.1 Les occupants :

$$P_h = N \frac{P h}{24} = A \frac{P h}{24 D}$$

où :

N est le nombre d'habitants présents dans la zone chauffée

P est la puissance dégagée par habitant.

h est le temps de présence par jour.

A est la surface brute de plancher chauffé occupée par les habitants.

D est la surface disponible par habitant.

Type de bâtiment	Occupation [m²/pers]	Présence [h/j]	Puissance [W]
Logement	60	12	70
Bureau	20	6	60
Ecole	10	4	70
Restaurant	5	3	100

Tableau 10. Puissance thermique dégagée par les habitants, selon SIA 380/1

5.2 Les appareils :

$$P_a = P_{el} \times f_e$$

Type de bâtiment	Consommation annuelle MJ/m ²	Facteur de correction (f_e)
Logement	80-100	0.7
Ecole	80	0.9
Restaurant	40	0.9

Tableau 10.la consommation annuelle des appareils par type de bâtiment

f_e : tient compte du fait que les appareils ne se trouvent pas tous dans la zone chauffée

6. Conclusion :

Le bilan thermique d'hiver du bâtiment se fait en considérant, pour les données de base, les conditions les plus défavorables, c'est-à-dire pour la température extérieure, la température la plus froide de l'année. Les besoins de chaleur trouvés, permettront de prévoir l'équipement thermique adéquat qui permette d'assurer les conditions de confort, précisément durant cette période la plus froide de la saison de chauffage.

Partie II : Bilan thermique d'été

1. Introduction :

Le bilan thermique d'été dont le but est la détermination des flux de chaleur effectivement gagnés par un local ou un bâtiment, met en jeu plusieurs composantes. Ces composantes peuvent se scinder en deux grandes catégories :

- Les apports internes (ce sont les dégagements de chaleur sensibles ou latents ayant leurs sources à l'intérieur du local tel qu'occupants, éclairage et autres équipements),
- Les apports extérieurs (ce sont les apports de chaleur sensible dus à l'ensoleillement et à la conduction à travers les parois extérieures et les toits).

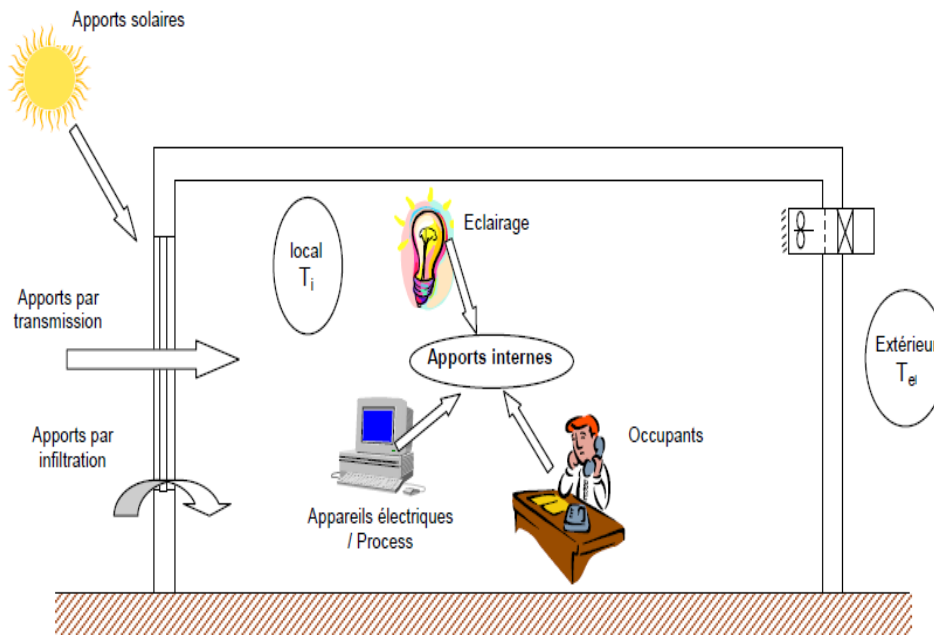


Figure1. Les apports internes/ Les apports extérieurs

2. Données de base :

2.1. Données climatiques

2.1.1. Mois de base :

L'évaluation du bilan thermique est basée sur l'estimation des gains externes et internes pendant le mois le plus chaud appelé mois de base.

2.1.2. Conditions de base

Le bilan thermique de conditionnement d'air doit être défini dans les conditions dites extérieures de base. Elles correspondent à des températures sèches et humides simultanées qui pourront être dépassées pendant quelques heures par an pour le mois le plus chaud. Pour notre cas (Jijel), la température de base est 35°C et l'humidité est de 70%.

2.1.3. Conditions intérieures de base

Ce sont les conditions normales recommandées pour les applications courantes en vue du confort thermique dans les bâtiments climatisés. Pour notre cas (Jijel), la température de base est 25°C et l'humidité est de 50%.

Si	$32^{\circ}\text{C} \leq T_b \leq 35^{\circ}\text{C} \rightarrow 25^{\circ}\text{C} \leq T_i \leq 27^{\circ}\text{C}.$
Si	$35^{\circ}\text{C} \leq T_b \leq 38^{\circ}\text{C} \rightarrow 26^{\circ}\text{C} \leq T_i \leq 28^{\circ}\text{C}.$
Si	$38^{\circ}\text{C} \leq T_b \rightarrow 27^{\circ}\text{C} \leq T_i \leq 29^{\circ}\text{C}.$

3. Méthode de calcul

Le point de départ est le choix des conditions atmosphériques où l'équipement de climatisation sera installé. Dans le cadre des économies d'énergie en climatisation, il convient d'effectuer ce calcul pour le mois, le jour de l'année et aux heures pour lesquelles ces charges représentent les moyennes maximales. Pour notre cas ce jour correspond au 19 juillet.

Nous présentons ci-dessous une méthode simplifiée de calcul (**la méthode Airwell** permettant de déterminer les apports calorifiques dans un local.

3.1. Charges externes :

Les principales sources de gains externes sont : par ensoleillement, à travers le vitrage et les parois opaques aussi que les gains par infiltration.

3.1.1. Apport de chaleur par rayonnement solaire :

Le flux de chaleur reçu par une paroi est transmis vers l'intérieur du bâtiment de manière très différente suivant la nature de la paroi qui peut l'occurrence être une paroi opaque ou bien une paroi vitrée.

A. Apport de chaleur par les parois opaques :

$$Q_{\text{ens-op}} = I_{\text{mur}} \cdot A \cdot S$$

Il dépend de l'orientation du mur et de l'heure pour laquelle le calcul a été effectué et, également de la latitude sous laquelle le local se trouve.

L'heure d'apport solaire maximal est déterminée à l'aide du tableau 5.

La valeur I (mur) est donnée dans le tableau 6 dans la colonne « m » en fonction de :

- la latitude,
- l'orientation du mur,
- l'heure.

A : Coefficient d'absorption de la paroi recevant le rayonnement. Il dépend de la couleur et de la nature du mur ou du vitrage selon tableau 2.

S : Facteur du rayonnement indiquant la part de chaleur absorbée par la surface et transmise à travers le mur du local tableau 4.

$Q_{\text{ens-op}}$: Quantité de chaleur traversant le mur

B. Apport de chaleur par rayonnement solaire sur les vitrages

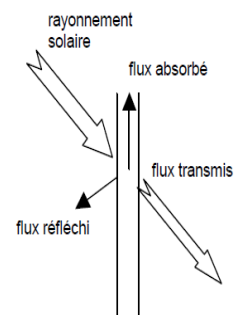
$$Q_{\text{ens-v}} = I_v \cdot A \cdot g$$

I_v : Rayonnement solaire absorbé sur la surface du mur (W/m^2). Elle est définie de la même manière que I (mur) et est donnée par le tableau 6 (dans la colonne « v » suivant l'orientation).

A : Coefficient d'absorption du vitrage recevant le rayonnement.

g : Facteur de réduction tableau 3.

$Q_{\text{ens-v}}$: Quantité de chaleur traversant le vitrage.



Apports par transmission à travers les parois opaques et les parois vitrés

L'expression qui donne ces apports est :

$$Q_{\text{tr-v}} = K \times S \times (\Delta T)$$

Avec :

K : Coefficient global de transfert de chaleur à travers les vitres ($\text{W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$).

S : Surface du vitrage (m^2).

Ti : Température intérieure du local ($^\circ\text{C}$).

Te : Température extérieure pour l'heure de calcul considérée ($^\circ\text{C}$).

Types de parois	$\Delta T \text{ } ^\circ\text{C}$
Mur extérieur ensoleillé	$\Delta T = (T_e - T_i)$
Mur en contact avec les locaux non conditionnés	$\Delta T = (T_e - T_i - 3)$
Plafond sous comble ventilé	$\Delta T = (T_e - T_i + 3)$
Plancher sur terre pleine	$\Delta T = (20 - T_i)$
Mur en contact avec la cuisine	$\Delta T = (T_e - T_i + 18)$

Tableau 1. Différence de température entre les différentes faces des parois

Couleur et nature de surface	A
Surfaces très claires : pierre blanche – surface blanche, claire ou crème ciment très clair	0.4
Surfaces foncées : fibrociment – bois non peint – pierre brune – brique – rouge – ciment foncé – staff rouge, vert ou gris	0.7
Surfaces très foncées : toiture en ardoises foncées – carton	0.9
Verres : vitrage simple	1.0
vitrage double	0.9
vitrage triple	0.8

Tableau 2. Coefficient d'absorption A

Fenêtres protégées par :	Couleur	g
stores extérieurs en toile	Ecru	0.28
stores extérieurs en toile	Aluminium	0.22
stores intérieurs entièrement baissés	Aluminium	
stores intérieurs à moitié baissés.	Blanc ou crème	0.63
persiennes entièrement baissées à l'intérieur des fenêtres.	Aluminium	0.58
persiennes entièrement baissées à l'extérieur des fenêtres	Aluminium	0.22

Tableau 3. Facteur de réduction g

K coefficient de transmission thermique de la paroi considérée [W/m ² K]	S
0	0
1	0.05
2	0.1
3	0.15
4	0.20

Tableau 4. Facteur de rayonnement solaire

Orientation des locaux	Nombre de murs exposés	Murs exposés	Heures			
			Fenêtres protégées		Fenêtres nues	
			a	b	a	b
1	1	N	-	-	14	14
2		NE	-	-	14	14
3		E	12	12	9	9
4		SE	13	13	10	10
5		S	14	13	13	13
6		SO	15	14	16	15
7		O	15	15	16	16
8		NO	16	15	17	16
9	2	NE N et E	14	14	9	9
10		NE-SE	14	13	9	9
11		SE S et E	14	13	10	10
12		SE-SO	15	14	15	15
13		SO S et O	15	14	15	15
14		SO-NO	15	15	16	16
15		O - N	15	15	16	16
16		NO -NE	16	15	17	17
17	3	O-N-E	16	15	16	16
18		NO-NE-SE	15	15	16	16
19		N-E-S	14	14	10	10
20		NE-SE-SO	15	14	15	15
21		E-S-O	15	14	15	15
22		SE - SO -NO	15	15	16	16
23		S-O-N	15	15	16	16
24		SO-NO-NE	16	15	16	16
25		S-O-N-E	15	14	15	15
26		SO-NO-NE-SE	15	14	16	16

a: avec local au-dessus

b: avec toit ou combles non ventilées au-dessus

Tableau 5. Heures où le besoin en réfrigération est maximal dans les locaux ayant différentes orientation

Rayonnement solaire

h : heure solaire

m : coef. de rayonnement solaire absorbé par les parois opaques (W/m²)

v : coef. de rayonnement solaire absorbé par les vitrages (W/m²)

Latitude 20°											
	NE		E		SE		S		H		h
	m	v	m	v	m	v	m	v	m	v	
6	210	190	220	195	105	70			25	6	18
7	435	395	560	435	250	205			185	130	17
8	535	460	645	575	360	290			440	365	16
9	475	390	585	510	360	260			650	575	15
10	335	230	435	340	285	180			830	730	14
11	175	75	240	115	160	60			930	835	13
12									955	860	12
h	m	v	m	v	m	v	m	v	m	v	
	NO		O		SO		S		H		

Latitude 0°											
	NE		E		SE		S		H		h
	m	v	m	v	m	v	m	v	m	v	
6											18
7	280	240	285	250	130	90	100	70	75	35	17
8	570	490	570	490	230	170	215	155	325	250	16
9	605	510	555	475	190	120	260	190	555	475	15
10	535	435	435	335	80	40	290	210	755	650	14
11	405	295	230	210			295	220	880	765	13
12	230	115					295	220	910	800	12
h	m	v	m	v	m	v	m	v	m	v	
	NO		O		SO		S		H		

Latitude 30°											
	NE		E		SE		S		H		h
	m	v	m	v	m	v	m	v	m	v	
6	245	220	265	240	130	100					18
7	440	395	530	470	260	245			220	155	17
8	495	420	655	575	430	335			465	375	16
9	395	290	585	505	440	335	30	6	665	580	15
10	240	140	435	335	385	285	100	30	820	730	14
11	60	12	230	130	275	170	145	60	915	820	13
12					115	35	160	65	950	855	12
h	m	v	m	v	m	v	m	v	m	v	
	NO		O		SO		S		H		

Latitude 10°

	NE		E		SE		S		H		h
	m	v	m	v	m	v	m	v	m	v	
6	35	30	40	35	18	12	18	12	6		18
7	325	280	350	325	170	120	85	65	115	70	17
8	570	490	610	520	295	210	150	100	395	300	16
9	545	460	580	485	270	170	150	80	625	540	15
10	440	335	440	340	180	70	140	70	805	695	14
11	290	175	240	115	40		130	65	930	810	13
12	115	30					130	60	955	840	12
h	m	v	m	v	m	v	m	v	m	v	
	NO		O		SO		S		H		

Latitude 35°

	NE		E		SE		S		H		h
	m	v	m	v	m	v	m	v	m	v	
6	285	240	330	280	150	115			65	30	18
7	450	400	565	500	335	260			245	175	17
8	470	395	655	575	460	375			470	390	16
9	360	260	590	505	480	385	85	25	660	575	15
10	185	85	440	335	435	325	175	80	810	715	14
11	6		230	130	325	220	225	120	915	790	13
12					175	80	245	140	935	835	12
h	m	v	m	v	m	v	m	v	m	v	
	NO		O		SO		S		H		

Latitude 40°

Table 40											
	NE		E		SE		S		H		h
	m	v	m	v	m	v	m	v	m	v	
6	310	265	335	315	175	135			75	40	18
7	450	395	575	515	360	290			260	190	17
8	440	360	660	575	485	405	30	6	470	390	16
9	320	220	590	505	515	430	145	65	650	560	15
10	140	45	440	335	480	385	240	140	785	695	14
11	90		230	130	370	275	300	190	870	775	13
12	35				230	195	325	220	905	805	12
h	m	v	m	v	m	v	m	v	m	v	
	NO		O		SO		S		H		

Latitude 55°

	NE		E		SE		S		H		h
	m	v	m	v	m	v	m	v	m	v	
6	260	210	350	300	245	210			105	60	18
7	330	265	545	475	425	385	85	25	255	210	17
8	300	215	615	535	575	495	205	110	425	335	16
9	170	70	550	465	615	530	315	220	565	475	15
10			425	325	590	500	420	320	720	615	14
11			230	115	515	420	500	400	735	640	13
12					375	275	535	435	760	660	12
h	m	v	m	v	m	v	m	v	m	v	
	NO		O		SO		S		H		

Latitude 45°

	NE		E		SE		S		H		h
	m	v	m	v	m	v	m	v	m	v	
6	325	290	370	335	195	150			80	50	18
7	450	390	595	535	370	320			275	195	17
8	415	330	665	585	515	440	70	17	470	395	16
9	275	175	585	505	550	470	205	110	620	550	15
10	95	25	435	375	520	390	330	205	755	675	14
11			230	130	465	325	370	265	835	740	13
12					275	185	400	290	860	765	12
h	m	v	m	v	m	v	m	v	m	v	
	NO		O		SO		S		H		

Latitude 60°

	NE		E		SE		S		H		h
	m	v	m	v	m	v	m	v	m	v	
6	255	210	360	315	255	220			110	65	18
7	315	260	535	465	445	385	90	30	250	175	17
8	265	195	605	520	585	505	220	130	405	320	16
9	140	45	545	460	630	550	350	255	520	435	15
10			410	315	620	535	460	360	615	525	14
11			225	115	545	450	545	450	670	580	13
12					410	305	580	485	690	595	12
h	m	v	m	v	m	v	m	v	m	v	
	NO		O		SO		S		H		

Latitude

	NE		E		SE		S		H		h
	m	v	m	v	m	v	m	v	m	v	
6	280	240	315	280	175	135			95	50	18
7	405	340	555	485	375	315			255	185	17
8	370	285	640	550	525	445	110	35	440	360	16
9	230	120	575	480	580	485	250	150	590	500	15
10	35	6	430	330	570	470	370	265	720	620	14
11			225	110	475	370	440	335	790	685	13
12					330	225	470	365	810	710	12
h	m	v	m	v	m	v	m	v	m	v	
	NO		O		SO		S		H		

Latitude

	NE		E		SE		S		H		h
	m	v	m	v	m	v	m	v	m	v	
6	250	210	370	330	265	225			120	75	18
7	300	260	525	465	445	385	100	35	254	175	17
8	250	185	590	510	590	510	245	160	375	295	16
9	110	30	525	445	640	560	370	285	475	390	15
10			400	305	630	545	495	405	550	465	14
11			220	115	570	485	580	495	605	520	13
12					430	335	605	520	605	520	12
h	m	v	m	v	m	v	m	v	m	v	
	NO		O		SO		S		H		

Tableau 6. Valeurs du rayonnement solaire aux différentes latitudes et expositions

Apport de chaleur par renouvellement d'air et infiltration

Le renouvellement d'air dans un local climatisé est nécessaire pour des problèmes hygiéniques. Il se fait en règle générale par la ventilation (naturelle ou mécanique) des locaux ainsi que par infiltration, introduisant de l'air extérieur dans le local climatisé. Il est source d'apport de chaleur sensible et latent dans le local à conditionner.

Gains sensibles par renouvellement d'air :

$$Q_{Sr} = q_v \cdot (T_e - T_i) \cdot 0.33$$

Désignation des locaux	Débit minimum d'air neuf sans fumeur [m³/h/personne]	Débit minimum d'air neuf avec fumeur [m³/h/personne]
Locaux d'enseignement	15-18	25
Dortoir, chambre collectives	18	25
Bureaux	18	25
Salles de réunion, spectacle	18	30
Boutique, supermarchés	22	30
Cafés, restaurant ...	22	30
Locaux à usage sportif	18	30

Tableau 1. Débit de renouvellement d'air nécessaire dans les locaux

Gains latents par renouvellement d'air :

$$Q_{Lr} = q_v \cdot (\omega_e - \omega_i) \cdot 0.84$$

- q_v : Débit d'air extérieur de renouvellement [m³/h].
- si la ventilation est naturelle, on peut considérer que le renouvellement d'air est égal à un volume de la pièce par heure (1vol/h),
- si la ventilation est mécanique, on relèvera les valeurs dans le tableau 1.

T_e : Température extérieure de base.

T_i : Température intérieure de base, pour notre cas=25°C.

ω_e : Teneur en eau de l'air extérieur g/kg_{air sec}.

ω_i : Teneur en eau de l'air intérieur g/kg_{air sec}.

3.2. Charges internes

3.2.1. Apport de chaleur par les occupants

Selon l'activité et les conditions de température intérieure, le corps humain dégage de la chaleur sous forme sensible et latente. Le tableau ci-dessous donne ces valeurs pour deux types d'activité.

activité	application	Température ambiante [°C]						Emission thermique totale [m]
		25 [°C]		26 [°C]		27 [°C]		
		Chaleur sensible [W]	Chaleur latente [W]	Chaleur sensible [W]	Chaleur latente [W]	Chaleur sensible [W]	Chaleur latente [W]	
Assis au repos	Ecole, théâtre	65	37	62	40	60	42	120
Travail léger	Bureau, hôtel	67	49	63	59	56	60	116
Debout, marche lente	Magasin, boutique	68	63	63	68	57	74	131
repas	restaurant	77	84	71	90	64	97	161
Travail facile	Atelier	80	140	72	148	67	153	220
Danse	Salle des fêtes	88	161	80	169	75	174	249
Travail difficile	usine	149	277	142	284	136	290	426

Tableau 2. Chaleur dégagée par les personnes [W]

La quantité de chaleur dégagée par occupants (sensible ou latente) :

$$Q_{(S \text{ ou } L)} = N_{occ} \cdot C_{(S \text{ ou } L)} \quad [W]$$

- N_{occ} = nombre d'occupants.

3.2.2. Apport de chaleur par éclairage :

Il constitue une source de chaleur sensible et dépend du type de lampe :

- Lampe fluorescente $Q_{secl} = 1.25 \times P \quad [W]$
- Lampe incandescente $Q_{secl} = P \quad [W]$

P = puissance de la lampe [W]

Dans le cas de la lampe fluorescente, les 25% supplémentaires représentent la chaleur dégagée par le ballast électromagnétique.

Conclusion :

L'étude du bilan thermique d'hiver et d'été permet de comprendre comment le bâtiment échange de la chaleur avec son environnement au fil des saisons. En hiver, elle met l'accent sur la réduction des déperditions et l'optimisation des apports solaires passifs, tandis qu'en été, elle vise à limiter les surchauffes par la protection solaire et la ventilation naturelle. Pour l'architecte, ce bilan constitue un outil essentiel de conception bioclimatique, garantissant à la fois le confort des usagers et la performance énergétique du bâtiment