

# TD1 : Principe de la réglementation environnementale

## Etude d'un pavillon à Strasbourg

### Description du bâtiment étudié

- a) Le bâtiment étudié est situé à Strasbourg (département 67, altitude : 0-200m). Il a été construit en 2013, conformément à la réglementation RT 2012. Il est conçu pour qu'en hiver, la température intérieure soit de 19°C. Déterminer la température extérieure de base ?

A l'aide de l'annexe 2, on a une température de base extérieure de -15 °C

### Compositions des menuiseries :

- b) En sachant que les ouvrants installés sont des double-vitrages avec des verres peu émissifs et une lame de krypton de 6mm avec  $U_g=1.9\text{W/m}^2\text{K}$ . Les ouvrants ont une huisserie en PVC, telles que  $U_f = 1.5\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$  avec une épaisseur de cadre de 70 mm. Donner le coefficient  $U_w$  pour la porte fenêtre, les fenêtres et la lucarne ainsi que le flux thermique.

### Solution

On détermine le flux thermique des vitrages :

$$\dot{Q}_w = \dot{Q}_f + \dot{Q}_g = (U_g * A_g) * \Delta T + (U_f * A_f) * \Delta T = (U_g * A_g + U_f * A_f) * \Delta T = U_w * A_w * \Delta T$$

On a alors :

$$U_w = \frac{(U_g * A_g + U_f * A_f)}{(A_g + A_f)}$$

Application numérique :

- *Porte fenêtre :*

$$A_w = 2.4 * 2 + (2 * 2.4 + 2 * 2) * 0.07 = 5.42\text{ m}^2$$

$$U_w = \frac{(1.9 * 2.4 * 2 + 1.5 * (2 * 2.4 + 2 * 2) * 0.07)}{(5.42)} = 1.85\text{ W/m}^2/\text{K}$$

$$\dot{Q}_{w,\text{porte fenetre}} = 1.85 * (5.42) * (-15 - 19) = -340.9\text{ W}$$

- *4 Fenêtres :*

$$A_w = 1.2 * 1 + (2 * 1.2 + 2 * 1) * 0.07 = 1.51\text{ m}^2$$

$$U_w = \frac{(1.9 * 1.2 * 1 + 1.5 * (2 * 1.2 + 2 * 1) * 0.07)}{(1.51)} = 1.82\text{ W/m}^2/\text{K}$$

$$\dot{Q}_{w,\text{fenetre}} = 1.82 * (1.51) * (-15 - 19) = -93.4\text{ W}$$

- *Lucarne :*

$$A_w = 0.5 * 0.5 + (2 * 0.5 + 2 * 0.5) * 0.07 = 0.39\text{ m}^2$$

$$U_w = \frac{1.9 * 0.5 * 0.5 + 1.5 * (2 * 0.5 + 2 * 0.5) * 0.07}{(0.39)} = 1.76 \text{ W/m}^2/\text{K}$$

$$\dot{Q}_{w,lucarne} = 1.76 * (0.39) * (-15 - 19) = -23.3 \text{ W}$$

- c) La porte extérieure est en huisserie bois de coefficient de transmission de 0.8 W/m<sup>2</sup>/K dans un cadre en huisserie bois d'épaisseur 80 mm. Cette porte est d'une fenêtre double vitrage de surface 0.4\*0.6 m<sup>2</sup> et de coefficient de transmission 2.9 W/m<sup>2</sup>/K. Donner le coefficient  $U_w$  et le flux thermique pour la porte.

### Solution

On va déterminer le flux de chaleur :

$$\begin{aligned}\dot{Q}_w &= \dot{Q}_f + \dot{Q}_p + \dot{Q}_g = (U_f * A_f) * \Delta T + (U_p * A_p) * \Delta T + (U_g * A_g) * \Delta T \\ &= (U_f * A_f + U_p * A_p + U_g * A_g) * \Delta T = U_w * A_w * \Delta T\end{aligned}$$

On a alors :

$$U_{w,porte} = \frac{(U_g * A_g + U_f * A_f + U_p * A_p)}{(A_g + A_f + A_p)}$$

Application numérique :

$$A_w = 1 * 2 + (2 * 1 + 2 * 2) * 0.08 = 2.48 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned}U_{w,porte} &= \frac{(0.8 * (2 * 1 - 0.4 * 0.6) + 0.8 * (2 * 2 + 2 * 1) * 0.08 + 2.9 * (0.4 * 0.6))}{(2.48)} \\ &= 1.00 \text{ W/m}^2/\text{K}\end{aligned}$$

$$\dot{Q}_{w,porte} = 1.00 * (2.48) * (-15 - 19) = -84.3 \text{ W}$$

Les déperditions thermiques par les menuiseries sont :

$$\dot{Q}_{menuiserie} = \dot{Q}_{w,porte} + \dot{Q}_{w,lucarne} + 4 * \dot{Q}_{w,fenetre} + \dot{Q}_{w,porte\_fenetre}$$

Application numérique :

$$\dot{Q}_{menuiserie} = -84.3 - 23.3 - 4 * 93.4 - 340.9 = -822.1 \text{ W}$$

- d) Les planchers sont faits de 15cm de béton lourd (1.75 m/K/W) et le plafond est fait de 30cm de bois résineux (0.23 m/K/W). Les murs extérieurs en brique isolante (0.475 m/K/W) sont épais de 40 cm. Le plancher haut et le mur porteur extérieur sont composé d'une planelle en béton cellulaire (0.16 m/K/W) de 8 cm. Les murs intérieurs en traits épais sont des murs de refend de 10 cm de béton cellulaire. On fixe  $h_i = h_e = 10 \text{ W/m}^2/\text{K}$  et la température du sol de  $15^\circ\text{C}$ . Déterminer les déperditions thermiques des parois opaques.

## Solution

Le flux thermique pour le plancher bas est de :

$$A_{\text{plancher}} = 54 \text{ m}^2$$

$$U_{\text{plancher}} = \frac{1}{1/h_i + 1/h_e + e/\lambda_{\text{beton}} + e/\lambda_{\text{poly}}} = \frac{1}{1/10 + 1/10 + 0.15/1.75} = 3.5 \text{ W/m}^2/\text{K}$$

$$\dot{Q}_{\text{plancher}} = U * A * (T_{\text{sol}} - T_i) = 3.5 * 54 * (15 - 19) = -756.0 \text{ W}$$

Le flux thermique pour le plafond est de :

$$A_{\text{plafond}} = 54 \text{ m}^2$$

$$U_{\text{plafond}} = \frac{1}{1/h_i + 1/h_e + e/\lambda_{\text{bois}} + e/\lambda_{\text{isolant}}} = \frac{1}{1/10 + 1/10 + 0.30/0.23 + 0.08/0.16} = 0.50 \text{ W/m}^2/\text{K}$$

$$\dot{Q}_{\text{plafond}} = U * A * (T_e - T_i) = 0.50 * 54 * (-15 - 19) = -918.0 \text{ W}$$

Le flux thermique pour le mur est de :

$$A_{\text{mur}} = A_{\text{mur,tot}} - A_{\text{menuiserie}} = 66 - 5.42 - 0.39 - 1.51 * 4 - 2.48 = 51.67 \text{ m}^2$$

$$U_{\text{mur}} = \frac{1}{1/h_i + 1/h_e + e/\lambda_{\text{brique}} + e/\lambda_{\text{isolant}}} = \frac{1}{1/10 + 1/10 + 0.40/0.475 + 0.08/0.16} = 0.65 \text{ W/m}^2/\text{K}$$

$$\dot{Q}_{\text{mur}} = U * A * (T_e - T_i) = 0.65 * 51.67 * (-15 - 19) = -1141.9 \text{ W}$$

Les déperditions des parois opaques sont de :

$$\dot{Q}_{\text{opaque}} = \dot{Q}_{\text{mur}} + \dot{Q}_{\text{plafond}} + \dot{Q}_{\text{plancher}} = -1141.9 - 918.0 - 756.0 = -2815.9 \text{ W}$$

- e) La ventilation de ce logement est assurée par une ventilation mécanique double flux autoréglable (avec 2 positions manuelles et composants certifiés, rendement de l'échangeur : 80%). Le caisson de VMC sera placé dans les combles, mais l'air neuf viendra directement de l'extérieur. Déterminer les débits d'air extraits minimal et maximal de ce logement. Déterminer des déperditions par renouvellement d'air sans et avec récupération de chaleur.

## Solution

- Déterminer les débits d'air extraits minimal et maximal de ce logement.

Le logement compte 4 pièces principales (2 chambres, 1 bureau et un séjour). Il ne faut pas tenir compte de la cuisine et de la salle de bain comme pièces principales. Il faut donc extraire 150m<sup>3</sup>h<sup>-1</sup>, dont 120 m<sup>3</sup>h<sup>-1</sup> pour la cuisine et 30 m<sup>3</sup>h<sup>-1</sup> pour la salle de bain

$$\dot{V}_{air} = 120 + 30 = 150 \text{ m}^3/\text{h}$$

- Déterminer des déperditions par renouvellement d'air spécifique.

Les déperditions thermiques par renouvellement de l'air sont exprimées par :

$$\dot{Q}_{vent} = \rho c p * \dot{V}_{air} * \Delta T$$

Avec  $\rho c p = 0.34 \text{ Wh/K/m}^3$

Application numérique :

$$\dot{Q}_{vent} = 0.34 * 150 * (-15 - 19) = -1734.0 \text{ W}$$

- Déterminer des déperditions par renouvellement d'air avec récupération de chaleur.

L'échangeur de chaleur permet de récupérer 80 % de la chaleur l'air vicié donc il faut déterminer cette nouvelle température d'air neuf :

$$\epsilon = \frac{(T_{AN \text{ in}} - T_{AN \text{ out}})}{(T_{AN \text{ in}} - T_{AV \text{ in}})} = \frac{(-15 - T_{AN \text{ out}})}{(-15 - 19)}$$

Donc :

$$T_S = -15 - 0.8 * (-15 - 19) = 12.20 \text{ }^\circ\text{C}$$

On peut déterminer les nouvelles déperditions par renouvellement de l'air :

$$\dot{Q}_{vent} = 0.34 * 150 * (12.2 - 19) = -346.8 \text{ W}$$

- f) On a des apports internes de 15 W/m<sup>2</sup> pour les appareils et l'éclairage, de 300 W pour les occupants et un éclairage de 400 W pour la paroi sud et 80 W pour les autres parois. On sait que la porte fenêtre a un facteur solaire de 0.4, celle de la porte de 0.8 et les autres Déterminer les apports internes et les apports solaires.

### Solution

- Les apports internes sont, dans la zone climatique H1 :

$$\dot{Q}_{int} = 15 * A_{Hab} + 3 * M = 15 * 56 + 300 = 1140 \text{ W}$$

- Les apports solaires sont :

$$\dot{Q}_{sol} = A_{wS} * g * G_S + A_{wN.W.E} * g * G_{N.W.E}$$

Pour la paroi sud, on a la porte fenêtre et le fenêtre :

$$\dot{Q}_{sol,S} = (2.4 * 2) * 0.4 * 400 + (1 * 1.2) * 0.6 * 400 = 1056.0 \text{ W}$$

Pour les autres parois, on a la fenêtre de la porte, la lucarne et les 3 fenêtres :

$$\dot{Q}_{sol,N.W.E} = (3 * 1 * 1.2 + 0.5 * 0.5) * 0.6 * 80 + 0.4 * 0.6 * 0.8 * 80 = 200.2 \text{ W}$$

On a alors :

$$\dot{Q}_{sol} = 1056.0 + 200.2 = 1256.2 \text{ W}$$

### Détermination des besoins de chauffage

Déterminer les besoins de chauffage en W en tenant compte des déperditions et des gains.

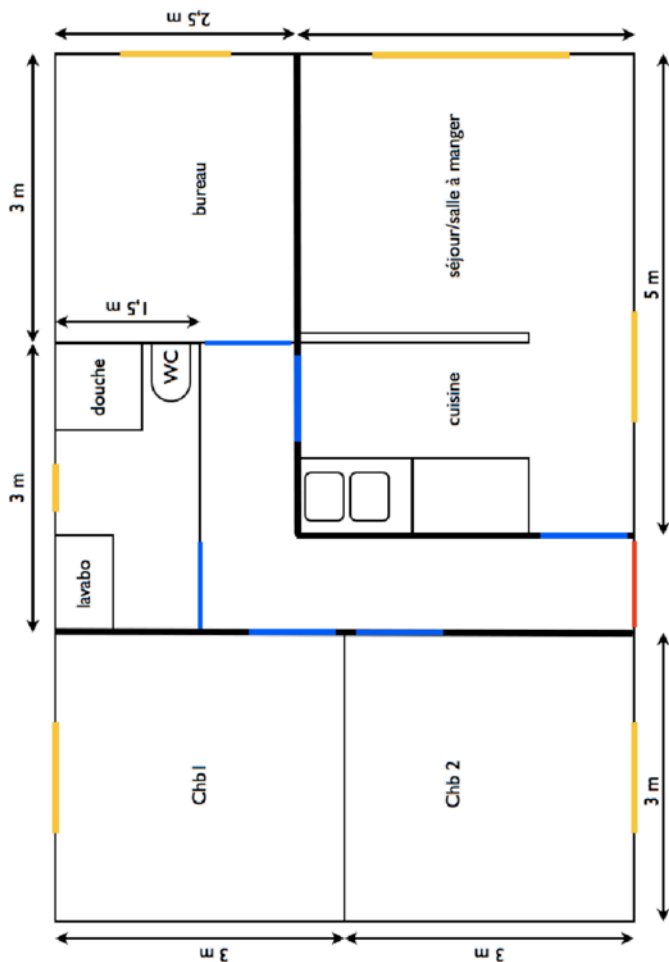
### Solution

Les besoins de chauffage sont définis par :

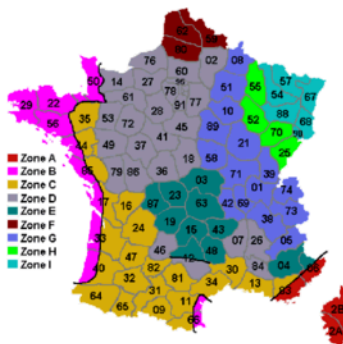
$$\dot{Q}_{besoin} = \dot{Q}_{deperdition\ paroi} + \dot{Q}_{deperdition\ ventilation} + \dot{Q}_{gain}$$

Application numérique :

$$\dot{Q}_{besoin} = -2815.9 - 822.1 - 346.8 + 1056.0 + 1140 = -1788.8 \text{ W}$$



Ce pavillon est construit sur vide sanitaire. Sa hauteur sous plafond est de 2.2m. La surface habitable est de 54 m<sup>2</sup>. La surface des parois verticales (ouvrant + opaque) est de 66 m<sup>2</sup>. Surface des ouvrants : fenêtres de 1,2mx1m, lucarne de 0,5mx0,5m, porte-fenêtres de 2,4mx2m, porte de 1mx2m. Le nord correspond en haut de la page.



	Zone								
Altitude	A	B	C	D	E	F	G	H	I
0 à 200 m	-2	-4	-5	-7	-8	-9	-10	-12	-15
201 à 400 m	-4	-5	-6	-8	-9	-10	-11	-13	-15
401 à 600 m	-6	-6	-7	-9	-11	-11	-13	-15	-19
601 à 800 m	-8	-7	-8	-11	-13	-12	-14	-17	-21
801 à 1 000 m	-10	-8	-9	-13	-15	-16	-17	-19	-23
1 001 à 1 200 m	-12	-9	-10	-14	-17		-19	-21	-24
1 201 à 1 400 m	-14	-10	-11	-15	-19		-21	-23	-25
1 401 à 1 600 m	-16		-12		-21		-23	-24	
1 601 à 1 800 m	-18		-13		-23		-24		
1 801 à 2 000 m	-20		-14		-25		-25		
2 001 à 2 200 m			-15		-27		-29		

Annexe 3 : Débit d'air à extraire par pièce

Nombre de pièces du logement	Débits à extraire en m3/h					
	Cuisine	Salle de bains / salle d'eau	Autre avec d'eau	pièce point	W.C	
					Uniques	Multiples
1	75	15	15		15	15
2	90	15	15		15	15
3	105	30	15		15	15
4	120	30	15		30	15
5 et plus	135	30	15		30	15

# TD2 : Principe de la réglementation environnementale

## Application de la réglementation thermique et environnementale

**Exercice 1 : Application de la RT2012 :** Soit une maison individuelle qui se trouve à Cachan à 60 m d'altitude avec un faible niveau sonore. Les dimensions du bâtiment sont de 10\*10 m<sup>2</sup> avec une hauteur sous plafond de 2.5 m. La température du bâtiment est à 19 °C en hiver. Il utilise une chaudière à fioul avec un rendement de 0.605 pour le chauffage de 10 h par jours pendant 109 jours et l'ECS toute l'année. Le volume puisé moyen journalier est de 108 litres pour les deux occupants. On connaît les caractéristiques du bâtiment :  $U_{bat}=0.443 \text{ W/m}^2/\text{K}$  et les besoins annuels d'éclairage et de refroidissement :  $B_{bio\_eclairage} : 2.9 \text{ kWh/m}^2/\text{an}$  et  $B_{bio\_refroidissement} : 0 \text{ kWh/m}^2/\text{an}$ . On souhaite calculer le  $B_{biomax}$ , le  $B_{bio}$  dans un premier temps et le CEP et le CEP max dans un second temps. On fixe la température de puisage de 40 °C et la température d'eau du réseau de 15 °C.

### Solutions :

On détermine dans un temps les besoins bioclimatiques maximales :

$$B_{bio\_max} = B_{bio\_max\_moyen} \times (M_{b\_géo} + M_{b\_alt} + M_{b\_surf})$$

Dans l'annexe RT2012, on récupère les coefficients de modulation :  $M_{b\_géo}=1.2$  (H1a) ;  $M_{b\_alt}=0$  (<400m d'altitude) et  $M_{b\_surf}=0$  en appliquant la formule. La zone est à faible niveau sonore donc on est classé CE1. On obtient alors :

$$B_{bio\_max} = B_{bio\_max\_moyen} \times (M_{b\_géo} + M_{b\_alt} + M_{b\_surf})$$

Application numérique :

$$B_{bio\_max} = 60 \times (1.2 + 0 + 0) = 72 \text{ pt}$$

On détermine les besoins de chauffage dans le cas le plus défavorable (sans apport interne et en prenant la température de base extérieure) :

$$B_{chauffage} = (U_{bat} \times S_{bat} \times \Delta T) \times t / S_{hab}$$

Application numérique :

$$\begin{aligned} B_{chauffage} &= \left( 0.443 \times (10 \times 10 + 4 \times 10 \times 2.5) \times (19 - (-9)) \right) \times 10 \times 109 / 1000 / 100 \\ &= 26.9 \text{ kWh/m}^2/\text{an} \end{aligned}$$



On calcul les besoins bioclimatiques :

$$B_{bio} = 2 \times \text{Besoin\_Chauffage} + 2 \times \text{Besoin\_Refroidissement} + 5 \times \text{Besoin\_Eclairage}$$

Application numérique :

$$B_{bio} = 68.7 \text{ pt}$$

Attention, ce ne sont plus des kWh/m<sup>2</sup>/an du fait qu'on a pondéré les besoins. On observe que le  $B_{bio} > B_{biomax}$  donc le bâtiment satisfait la RT 2012.

Dans détermine dans un second temps la consommation d'énergie primaire maximale :

$$C_{ep\_max} = 50 * M_{ctype} * (Mc_{géo} + Mc_{alt} + Mc_{surf} + Mc_{GES})$$

Application numérique :

$$C_{ep\_max} = 50 * 1 * (1.2 + 0 + 0 + 0) = 60 \text{ kWhEP/m}^2/\text{an}$$

Il est important d'indiquer EP pour indiquer que c'est une énergie primaire.

On calcul enfin la consommation d'énergie primaire

$$C_{ep} = C_{chauffage} + C_{refroidissement} + C_{ECS} + C_{ventilation} + C_{éclairage} + C_{auxiliaires}$$

Pour cela, on utilise les besoins énergétiques (EF) et on utilise les facteurs de conversion pour passer en énergie primaire (EP). Il ne faut pas oublier l'efficacité des générateurs :

$$C_i = B_i * f_{EP}/\eta$$

Donc

$$C_{éclairage} = 2.9 * 2.58/1 = 7.5 \text{ kWhEP/m}^2/\text{an}$$

$$C_{chauffage} = 26.9 * 1/0.605 = 44.3 \text{ kWhEP/m}^2/\text{an}$$

$$\begin{aligned} C_{ECS} &= 0.108 * 1000 * 4185 * (40 - 15) * 365 / 100 / 1000 / 3600 * 1/0.605 \\ &= 19.1 \text{ kWhEP/m}^2/\text{an} \end{aligned}$$

La consommation d'énergie primaire totale est de :

$$C_{ep} = 44.3 + 7.5 + 19.1 = 70.9 \text{ kWhEP/m}^2/\text{an}$$

Il est important de préciser que le calcul de la consommation n'est pas précisé pour des conditions stationnaires. Il faut réaliser une simulation réglementaire. En outre,  $Cep > Cep_{max}$  donc le  $Cep$  ne satisfait pas les conditions de la RT2012.

**Exercice 2 : Application au label Energie Carbone E+C-** : Soit le bâtiment avec les mêmes caractéristiques que l'exercice précédent donc la consommation d'énergie primaire est de 70.9 kWhEP/m<sup>2</sup>/an. Cependant, le bâtiment est composé de panneaux photovoltaïques qui produisent 20 kWh/m<sup>2</sup>/an. On fixe les émissions de gaz à effet de serre des matériaux de construction et des équipement EGES\_PCE de 800 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> et le facteur CO<sub>2</sub> du fioul de 0.267 kgCO<sub>2</sub>/kWh. On souhaite calculer le Bilan\_BEPOS, l'EGES et l'EGES\_PCE et les comparer aux valeurs maximales.

**Solutions :**

Les bilans d'énergie BEPOS maximaux sont de :

$$Bilan_{BEPOS_{max1}} = 50 * M_{bilan1} * Mc_{type} * (Mc_{géo} + Mc_{alt} + Mc_{surf}) + Aue_{ref}$$

$$Bilan_{BEPOS_{max1}} = 50 * 0.95 * 1 * (1.2 + 0 + 0) + 0 = 57 kWhEP/m^2/an$$

$$Bilan_{BEPOS_{max2}} = 50 * M_{bilan2} * Mc_{type} * (Mc_{géo} + Mc_{alt} + Mc_{surf}) + Aue_{ref}$$

$$Bilan_{BEPOS_{max2}} = 50 * 0.90 * 1 * (1.2 + 0 + 0) + 0 = 54 kWhEP/m^2/an$$

$$Bilan_{BEPOS_{max3}} = 50 * M_{bilan3} * Mc_{type} * (Mc_{géo} + Mc_{alt} + Mc_{surf}) + Aue_{ref} - Prod_{ref}$$

$$Bilan_{BEPOS_{max3}} = 50 * 0.80 * 1 * (1.2 + 0 + 0) + 0 - 20 = 28 kWhEP/m^2/an$$

$$Bilan_{BEPOS_{max4}} = 0 kWhEP/m^2/an$$

Nous allons déterminer le bilan BEPOS :

$$Bilan_{BEPOS} = Cep_{nr} - Pep_{r,ex} = 70.9 - 20 = 50.9 kWhEP/m^2/an$$

Donc le bâtiment est classé E2 car  $Bilan_{BEPOS} < Bilan_{BEPOS_{max2}}$

Les bilans carbones sont de :

$$Eges_{max1} = A1 + alpha1 * (Mg_{type} * (Mg_{géo} + Mg_{alt} + Mg_{surf}) - 1) + M_{park}$$

$$Eges_{max1} = 1350 + 550 * (1 * (1.2 + 0 + 0) - 1) + 0 = 1460 kg CO2/m2$$

$$Eges_{PCE_{max1}} = A_{PCE1} + M_{park}$$