

C.3 Ensoleillement mensuel d'un plan non ombragé

Ensoleillement total

On suppose l'ensoleillement mensuel d'un plan j quelconque non ombragé égal à la somme des ensoleillements mensuels directs, diffus et réfléchis.

$$I_{s,m,j,unshad} = I_{s,dir,m,j,unshad} + I_{s,dif,m,j,unshad} + I_{s,refl,m,j,unshad} \quad (MJ/m^2)$$

avec:

$I_{s,dir,m,j,unshad}$	l'ensoleillement direct pour le mois considéré sur le plan j, en MJ/m ² ;
$I_{s,dif,m,j,unshad}$	l'ensoleillement diffus pour le mois considéré sur le plan j, en MJ/m ² ;
$I_{s,refl,m,j,unshad}$	l'ensoleillement réfléchi pour le mois considéré sur le plan j, en MJ/m ² ;

Les différents termes sont calculés aux paragraphes suivants.

Ensoleillement direct

Le calcul de l'ensoleillement mensuel direct s'effectue à l'aide d'un jour caractéristique du mois. Il s'agit du 15 de chaque mois. Le numéro du jour caractéristique indique le nombre de jours à partir du 1^{er} janvier (365 jours), voir Tableau .

– On détermine l'ensoleillement direct mensuel d'un plan non ombragé comme suit:

$$I_{s,dir,m,j,unshad} = \left[I_{s,tot,m,hor} - I_{s,dif,m,hor} \right] \frac{Q_{s,dir,char,j}}{Q_{s,dir,char,hor}} \quad (MJ/m^2)$$

avec:

$I_{s,tot,m,hor}$	l'ensoleillement mensuel d'un plan horizontal non ombragé pour l'année de référence à Uccle en MJ/m ² , voir <u>Tableau 1</u> ;
$I_{s,dif,m,hor}$	l'ensoleillement mensuel diffus d'un plan horizontal non ombragé pour l'année de référence à Uccle en MJ/m ² , voir <u>Tableau 1</u> ;
$Q_{s,dir,char,j}$	l'ensoleillement direct journalier d'un plan non ombragé j pour le jour caractéristique du mois considéré, en J/(m ² .jour) ;
$Q_{s,dir,char,hor}$	l'ensoleillement direct journalier d'un plan horizontal non ombragé j pour le jour caractéristique du mois considéré, en J/(m ² .jour) ;

- On calcule l'ensoleillement direct journalier d'un plan non ombragé et l'ensoleillement direct journalier d'un plan horizontal non ombragé pour le jour caractéristique du mois considéré comme suit:

$$Q_{s,dir,char,j} = 240 \sum_{\omega_1}^{\omega_2} \max\{0, [q_{s,dir,n} \cos \chi_{s,j} \Delta\omega]\} \quad (\text{J}/(\text{m}^2 \cdot \text{jour}))$$

$$Q_{s,dir,char,hor} = 240 \sum_{\omega_3}^{\omega_4} \max\{0, [q_{s,dir,n} \cos \chi_{s,hor} \Delta\omega]\} \quad (\text{J}/(\text{m}^2 \cdot \text{jour}))$$

avec:

$q_{s,dir,n}$ l'ensoleillement direct d'un plan perpendiculaire à la direction du soleil pour le jour caractéristique du mois, en W/m^2 , tel que calculé ci-dessous;

ω l'angle horaire (180° à minuit, 90° à 6 h, 0° à midi, -90° à 18 h);

$\Delta\omega$ le pas dans l'angle horaire en $^\circ$ (1 heure $=15^\circ$);

ω_1 le plus petit angle horaire (le matin) pour lequel $\cos\chi_{s,hor}$ et $\cos\chi_{s,j}$ sont supérieurs à zéro;

ω_2 le plus grand angle horaire (le soir) pour lequel $\cos\chi_{s,hor}$ et $\cos\chi_{s,j}$ sont encore supérieurs à zéro;

ω_3 le plus petit angle horaire (le matin) pour lequel $\cos\chi_{s,hor}$ est supérieur à zéro;

ω_4 le plus grand angle horaire (le soir) pour lequel $\cos\chi_{s,hor}$ est encore supérieur à zéro;

$\chi_{s,j}$ l'angle d'incidence par pas $\Delta\omega$ du soleil sur le plan j, en $^\circ$, tel que calculé ci-dessous;

$\chi_{s,hor}$ l'angle d'incidence par pas $\Delta\omega$ du soleil sur le plan horizontal, en $^\circ$, tel que calculé ci-dessous;

240 facteur de conversion de l'angle horaire en s.

On prend comme pas de temps, pour le calcul, un angle horaire de 15° .

- On détermine l'ensoleillement direct d'un plan perpendiculaire à la direction du soleil pour le jour caractéristique de chaque mois par heure comme suit:

$$q_{s,dir,n} = \max[0, 1353[1 + 0.033 \cos[360d/365]] \exp(-m d_R T_L)] \quad (\text{W}/\text{m}^2)$$

avec:

d le numéro de chacun des jours caractéristiques, voir Tableau 1;

m le facteur de chemin en m^{-1} ;

d_R le chemin optique en m ;

T_L le facteur de trouble de l'atmosphère (-);

Le facteur de chemin, le chemin optique et le facteur de trouble sont donnés par:

$$m = \frac{0.992}{\sin(\beta) + 0.15(\pi\beta/180 + 3.885)^{-1.253}} \quad (m^{-1})$$

$$d_R = 1.4899 - 2.1099 \cos(\beta) + 0.6322 \cos(2\beta) + 0.0253 \cos(3\beta) \\ - 1.0022 \sin(\beta) + 1.0077 \sin(2\beta) - 0.2606 \sin(3\beta) \quad (m)$$

$$T_L = 3.372 + 0.053(\pi\beta/180) - 0.296 \cos(30m) \quad (-)$$

avec:

β l'angle d'élévation du soleil en $^\circ$;

m le rang du mois (1 pour janvier, 2 pour février, etc.), l'argument du cos est exprimé en $^\circ$;

Cet angle d'élévation du soleil est égal à:

$$\beta = \max[0, 90 - \arccos[\cos \varphi \cos \delta \cos \omega + \sin \varphi \sin \delta]] \quad (^\circ)$$

avec:

φ la latitude, pour Uccle, $+50.8^\circ$

δ l'inclinaison pour chacun des jours caractéristiques, en $^\circ$, égal à

$$\delta = \arcsin \left[-\sin(23.45) \cos \left(\frac{360}{365} (d + 10) \right) \right] \quad (^\circ)$$

avec:

d le numéro de chacun des jours caractéristiques, voir, Tableau ;

- On détermine l'angle d'incidence du soleil sur le plan j et sur le plan horizontal comme suit:

$$\cos \chi_{s,j} = 0.775 [\sin \delta \cos \theta_j + \cos \delta \sin \theta_j \cos \phi_j \cos \omega] \\ - 0.632 [\sin \delta \sin \theta_j \cos \phi_j - \cos \delta \cos \theta_j \cos \omega] \\ + \cos \delta \sin \theta_j \sin \phi_j \sin \omega$$

$$\chi_{s,hor} = 90 - \beta$$

Ensoleillement diffus

On détermine l'ensoleillement diffus mensuel d'un plan non ombragé comme suit:

$$I_{s,dif,m,j,unshad} = I_{s,dif,m,hor} C_m \left(\frac{1 + \cos \theta_j}{2} \right) \quad (\text{MJ/m}^2)$$

avec:

$I_{s,dif,m,hor}$ l'ensoleillement mensuel diffus d'un plan horizontal non ombragé pour l'année de référence à Uccle en MJ/m², voir Tableau 1;

C_m

un facteur de correction pour le caractère anisotrope du rayonnement diffus, voir tableau ci-dessus.

		Orientation (°)								
		0 (S)	22.5	45	67.5	90 (E/O)	112.5	135	157.5	180 (N)
Pente (°)	0 (H)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	22.5	1.03	1.03	1.02	1.01	1.00	0.99	0.98	0.97	0.96
	45	1.05	1.04	1.03	1.01	0.99	0.96	0.94	0.92	0.92
	67.5	1.06	1.05	1.03	0.99	0.94	0.90	0.86	0.84	0.83
	90 (V)	1.06	1.04	1.00	0.94	0.87	0.81	0.76	0.73	0.71
	112.5	0.98	0.97	0.92	0.85	0.76	0.68	0.63	0.60	0.60
	135	0.80	0.78	0.74	0.67	0.59	0.53	0.49	0.47	0.47
	157.5	0.58	0.56	0.51	0.48	0.46	0.43	0.41	0.40	0.34
	180	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Pour les pentes et les orientations intermédiaires, on commence par interpoler dans le tableau selon l'orientation à pente constante. Ensuite, on interpole dans un second temps selon la pente à orientation constante.

Ensoleillement réfléchi

On détermine l'ensoleillement réfléchi mensuel d'un plan non ombragé comme suit: