

$L_{\text{mr}} = \frac{\sum_k n_k \cdot [N2_k \cdot N4_k + 0.5 \cdot (1 - N4_k)] \cdot N5_k \cdot 0.85 \cdot \text{PHIS}_k}{A_{\text{f,mr}}}$		[-]
où :		
L_{mr}	la variable auxiliaire adimensionnelle pour l'espace r ;	
n_k	le nombre de luminaires de type k dans l'espace r (-) ;	
$N2_k$	le rapport entre, d'une part, le flux lumineux du luminaire de type k émis dans un angle solide de π par rapport à l'axe principal (c.-à-d. dans un cône ayant un angle d'ouverture de 120°) et, d'autre part, le flux lumineux du luminaire de type k émis dans un angle solide de 2π par rapport à l'axe principal (-), déterminé selon CIE 52 ;	
$N4_k$	le rapport entre, d'une part, le flux lumineux du luminaire de type k émis dans un angle solide de 2π par rapport à l'axe principal (c.-à-d. dans un cône ayant un angle d'ouverture de 180°) et, d'autre part, le flux lumineux total émis du luminaire de type k, déterminé selon CIE 52 ;	
$N5_k$	le rapport entre le flux lumineux total émis du luminaire k et le flux lumineux (PHIS_k) émis par l'ensemble des lampes présentes dans le luminaire de type k (-), déterminé selon CIE 52 ;	
PHIS_k	la somme du flux lumineux de chacune des lampes présentes dans le luminaire de type k, en lumen : $\text{PHIS}_k = \sum_m \text{PHI}_m$ où : PHI_m le flux lumineux de la lampe m, déterminé selon CIE 84, en lumen. A cette fin, on effectue une sommation sur toutes les lampes m qui se trouvent dans le luminaire de type k ;	
$A_{\text{f,mr}}$	la surface d'utilisation de l'espace r, en m^2 .	

Si l'on ne dispose pas des informations nécessaires concernant une combinaison lampe/luminaire donnée, on n'en tient pas compte dans la détermination de la variable auxiliaire L_{mr} (mais leur consommation doit par contre obligatoirement être prise en compte au 9.4.3).

La somme est effectuée uniquement sur les luminaires de type k fixés au plafond (encastrés, appliqués ou suspendus) présents dans l'espace. Les luminaires muraux et les systèmes d'éclairage intégrés dans le plancher ou dans les escaliers entrent quant à eux obligatoirement dans le calcul de la puissance installée, voir le 9.4.3 (et donc finalement dans la consommation annuelle caractéristique d'énergie primaire), mais ne sont pas repris dans celui de la détermination de la variable auxiliaire L_{mr} selon la méthode conventionnelle. Si l'on veut prendre en compte d'autres luminaires que ceux fixés au plafond lors de la détermination de la variable auxiliaire L_{mr} , il faut utiliser la méthode de calcul détaillée, détaillée au point suivant (9.4.2.3).

Les luminaires fixés au plafond qui sont installées de telle manière que leur axe principal n'est pas orienté selon la verticale vers le bas (par exemple fixés sur un élément de toiture en pente) ou qui sont orientables (par exemple des spots rotatifs), sont pris en compte dans la méthode conventionnelle de détermination de la variable auxiliaire $L_{\text{rm r}}$ uniquement dans la mesure où l'axe principal ne s'écarte pas de plus de 45° de la verticale ou, dans le cas de luminaire tournant, dans la mesure où l'axe ne s'écarte jamais de plus de 45° de la verticale (dans sa position la plus défavorable), l'axe principal étant le même que celui utilisé pour la détermination du code de flux. Si cette limitation en matière d'installation n'est pas respectée, ces luminaires ne sont pas pris en compte dans la détermination de la variable auxiliaire $L_{\text{rm r}}$ selon la méthode conventionnelle, mais elles le sont obligatoirement dans la détermination de la consommation énergétique. Si l'on désire prendre en compte ces luminaires dans la détermination de la variable auxiliaire $L_{\text{rm r}}$, il faut utiliser la méthode de calcul détaillée, voir le paragraphe suivant (9.4.2.3).

9.4.2.3 Détermination de la variable auxiliaire $L_{\text{rm r}}$ au moyen de calculs détaillés

En dérogation à la méthode de calcul conventionnelle, il est permis de calculer, pour un espace, l'éclairement sur un plan fictif situé à une hauteur de 0,8m à l'aide d'un programme de calcul.

Le programme utilisé pour le calcul doit être au préalable agréé par le ministre.

La variable auxiliaire $L_{\text{rm r}}$ est estimée par la valeur moyenne de l'éclairement sur un plan fictif situé à une hauteur de 0,8m, calculée par convention sur la superficie totale de l'espace vide, c'est à dire en prenant en compte toutes les zones, y compris les zones du pourtour de la pièce.

Le calcul doit être effectué sur base de la géométrie réelle de l'espace (vide, sans mobilier). Les facteurs de réflexion à prendre en compte sont : 0,7 pour le plafond, 0,5 pour les murs (y compris les baies d'éclairage naturel) et 0,2 pour le plancher. Lors du calcul, il faut considérer pour les luminaires une position identique à leur installation effective. Dans le cas de luminaires orientables, il faut, dans les calculs, diriger le luminaire de manière telle que l'angle entre l'axe principal et la verticale soit le plus grand possible (donc l'orienter au maximum vers le haut). Si d'autres orientations sont possibles, il faut orienter le luminaire perpendiculairement à la paroi la plus proche. En ce qui concerne le flux lumineux des lampes, il faut tenir compte d'un facteur de réduction fixe de 0,85 conformément à la valeur issue du rapport technique CIE 84.

En ce qui concerne ces calculs, le Ministre peut établir des spécifications supplémentaires ou les modifier.

9.4.3 Détermination de la consommation d'électricité par secteur énergétique

9.4.3.1 Consommation d'électricité pour l'éclairage par secteur énergétique

On détermine la consommation d'électricité mensuelle pour l'éclairage d'un secteur énergétique en effectuant la somme de la consommation d'électricité pour l'éclairage de chacun des espaces qui composent ce secteur énergétique :

$W_{\text{light,seci,m}} = \sum_r W_{\text{light,rm,r,m}}$		[kWh]
où :		
$W_{\text{light,seci,m}}$	la consommation d'électricité mensuelle pour l'éclairage du secteur énergétique i, en kWh ;	
$W_{\text{light,rm,r,m}}$	la consommation d'électricité mensuelle pour l'éclairage de l'espace r dans le secteur énergétique i, en kWh, déterminée selon 9.4.3.2 ou 9.4.3.3.	

On effectuera une sommation sur tous les espaces r du secteur énergétique i.

9.4.3.2 Consommation d'électricité pour l'éclairage dans un espace sans installation d'éclairage fixe

Dans les espaces sans installation d'éclairage fixe, la valeur de calcul pour la consommation électrique mensuelle est par convention de :

$W_{\text{light,rmr,m}} = A_{\text{f,rmr}} \cdot p_{\text{light,abs}} \cdot (t_{\text{day,m}} + t_{\text{night,m}})$		[kWh]
où :		
$W_{\text{light,rmr,m}}$	la consommation d'électricité mensuelle pour l'éclairage de l'espace r, en kWh ;	
$A_{\text{f,rmr}}$	la surface d'utilisation de l'espace r où aucun éclairage fixe n'est installé, en m ² ;	
$p_{\text{light,abs}}$	une valeur fixe pour la puissance spécifique de l'éclairage. On prend : $p_{\text{light,abs}} = 0,020 \text{ kW/m}^2$;	
$t_{\text{day,m}}$	le nombre conventionnel d'heures d'utilisation par mois en période nocturne, repris au Tableau 15, en h ;	
$t_{\text{night,m}}$	le nombre conventionnel d'heures d'utilisation par mois en période nocturne, repris au Tableau 15, en h.	

9.4.3.3 Consommation d'électricité pour l'éclairage dans un espace avec installation d'éclairage fixe

Dans le cas où une installation d'éclairage est présente, on détermine la consommation mensuelle d'électricité pour l'éclairage par espace r en faisant la somme de la consommation totale d'électricité de la partie dite « éclairée naturellement », de la partie dite « éclairée artificiellement » ainsi que de la consommation des éléments de contrôle éventuels, dans la mesure où cette dernière consommation n'a pas encore été intégrée dans la consommation des luminaires pendant les heures d'utilisation, comme suit :

$W_{\text{light,rm r,m}} = W_{\text{light,rm r,artif area,m}} + W_{\text{light,rm r,dayl area,m}} + W_{\text{light,rm r,ctrl,m}}$		[kWh]
où :		
$W_{\text{light,rm r,artif area,m}}$	la consommation d'électricité mensuelle dans la partie dite « éclairée artificiellement » de l'espace r, déterminée selon 9.4.3.3.1, en kWh ;	
$W_{\text{light,rm r,dayl area,m}}$	la consommation d'électricité mensuelle dans la partie dite « éclairée naturellement » de l'espace r, déterminée selon 9.4.3.3.2, en kWh ;	
$W_{\text{light,rm r,ctrl,m}}$	la consommation d'électricité mensuelle du contrôle qui n'a pas encore été prise en compte dans les deux termes précédents, déterminée selon 9.4.3.3.3, en kWh.	

9.4.3.3.1 Consommation d'électricité d'une partie dite « éclairée artificiellement »

On détermine la consommation d'électricité mensuelle pour la partie dite « éclairée artificiellement » d'un espace r comme suit :

$W_{\text{light,rm r,artif area,m}} = P_{\text{light,rm r}} \cdot \frac{A_{\text{f,rm r,artif area}}}{A_{\text{f,rm r}}} \cdot f_{\text{switch}} \cdot f_{\text{mod,artif}} \cdot (t_{\text{day,m}} + t_{\text{night,m}})$		[kWh]
où :		
$W_{\text{light,rm r,artif area,m}}$	la consommation d'électricité mensuelle de l'éclairage dans la partie dite « éclairée artificiellement » de l'espace r, en kWh ;	
$P_{\text{light,rm r}}$	la valeur de calcul pour la puissance de l'éclairage dans l'ensemble de l'espace r, déterminée selon 9.4.4, en kW ;	
$A_{\text{f,rm r,artif area}}$	la surface d'utilisation de la partie éclairée artificiellement dans l'espace r, déterminée selon 9.4.5, en m ² ;	
$A_{\text{f,rm r}}$	la surface d'utilisation de l'espace r, en m ² ;	
f_{switch}	le facteur de réduction du système d'allumage et d'extinction (mise sous tension), repris au Tableau 23 (-) ;	
$f_{\text{mod,artif}}$	le facteur de réduction du système de modulation dans la partie dite « éclairée artificiellement », repris au Tableau 24 (-) ;	
$t_{\text{day,m}}$	le nombre conventionnel d'heures d'utilisation mensuelles diurnes, repris au Tableau 25, en h ;	
$t_{\text{night,m}}$	le nombre conventionnel d'heures d'utilisation mensuelles nocturnes, repris au Tableau 25, en h.	

S'il y a, dans un espace, différents types de commandes et/ou s'il y a, dans la partie dite « éclairée artificiellement » de cet espace, différents types de systèmes de modulation, il faut effectuer le calcul en prenant la valeur la plus élevée des différents facteurs de réduction f appliqués.

Tableau 23 - Facteur de réduction pour le système de commande (allumage et extinction)

Description de la commutation	f_{switch}
Système central d'allumage/extinction ⁶ ainsi que tous les autres systèmes qui ne sont pas mentionnés ci-dessous	1,00
Commande manuelle (Allumage/Extinction) ⁷	max [0,90 ; min(1,00 ; 0,90+0,10*(A_s -8)/22)]
Détection de présence : allumage automatique et extinction automatique, ou réduction du flux lumineux (auto on ; auto off/dimming)	
- plus grande surface contrôlée $A_s < 30 \text{ m}^2$	
- si extinction complète en cas d'absence	0,80
- si réduction du flux lumineux en cas d'absence	0,90
- plus grande surface contrôlée $A_s \geq 30 \text{ m}^2$	1,00
Allumage manuel ; détection de présence avec extinction automatique ou diminution du flux lumineux (manuel on ; auto off/dimming)	
- plus grande surface contrôlée $A_s < 30 \text{ m}^2$	
- si extinction complète en cas d'absence	0,70
- si réduction du flux lumineux en cas d'absence	0,85
- plus grande surface contrôlée $A_s \geq 30 \text{ m}^2$	1,00

où :

A_s la plus grande surface contrôlée qui est commandée par 1 commande ou un capteur dans l'espace r , tel que décrit ci-après, en m^2 .

Il n'est pas obligatoire de spécifier de valeur pour A_s . Dans ce cas, 1,00 est la valeur par défaut pour f_{switch} .

La surface régulée à l'aide d'une commande manuelle et/ou d'un capteur de détection de présence et/ou d'absence, est la surface totale d'utilisation couverte par tous les luminaires qui sont commandés simultanément par cet interrupteur et/ou ce capteur. La délimitation de la surface entre 2 luminaires commandés séparément est réalisée, par convention, par la médiane séparant ces 2 luminaires. Dans chaque espace, il faut prendre en considération la plus grande surface régulée A_s (exprimée en m^2) pour déterminer le facteur de réduction du système d'allumage et d'extinction. La valeur à utiliser pour A_s est l'arrondi au nombre entier supérieur en m^2 .

Les surfaces ainsi régulées peuvent être différentes des surfaces où il y a une réduction du flux lumineux en fonction de la disponibilité de lumière naturelle (voir ci-après).

⁶ Dès que 1 interrupteur commande l'éclairage dans plus de 1 espace, le contrôle est considéré comme 'central'.

⁷ Cette expression donne une valeur de 0.9 pour A_s inférieur à 8 m^2 et une valeur de 1.0 pour A_s supérieur à 30 m^2 . Entre les deux, la valeur varie de manière linéaire.

Tableau 24 - Facteur de modulation fonction du système de modulation

Description de la modulation	$f_{\text{mod,dayl}}$	$f_{\text{mod,artif}}$
Pas de réduction du flux lumineux	1,0	1,0
Réduction du flux lumineux en fonction de la disponibilité de lumière naturelle ⁸	$\max[0,6 ; \min(1,0 ; 0,6+0,4 \cdot (A_m - 8)/22)]$	$\max[0,8 ; \min(1,0 ; 0,8+0,2 \cdot (A_m - 8)/22)]$

où :

A_m la plus grande surface contrôlée qui est modulée par 1 capteur dans l'espace r, tel que décrit ci-après, en m² ;

On n'est pas obligé de spécifier de valeur pour A_m . Dans ce cas, 1,00 est la valeur par défaut pour $f_{\text{mod,dayl/artif}}$.

On entend ici par réduction du flux lumineux en fonction de la disponibilité de lumière naturelle, les systèmes comprenant des capteurs lumineux qui modulent (réduisent) le flux lumineux de la (des) lampe(s) de manière entièrement automatique et variable en continu en fonction de la disponibilité de lumière naturelle.

La surface couverte par un capteur est la surface d'utilisation totale éclairée par tous les luminaires commandés par ce capteur. La délimitation de la surface entre 2 luminaires contrôlés par différents capteurs est formée, par convention, par la médiane séparant ces 2 luminaires. Dans chaque espace, il faut prendre en considération la plus grande surface A_m (exprimée en m²) pour déterminer le facteur de modulation du système d'éclairage. La valeur de calcul à utiliser pour A_m est l'arrondi au nombre entier supérieur exprimé en m². La surface couverte par un système de modulation ne doit pas nécessairement correspondre à celle couverte par un système de régulation (voir plus haut).

Tableau 25 - Valeur conventionnelle pour le calcul du nombre d'heures d'utilisation mensuelles diurnes t_{day} et nocturnes t_{night}

Destination	Heures d'utilisation diurnes t_{day} (h)	Heures d'utilisation nocturnes t_{night} (h)
Bureau Ecole	$69,76 \cdot t_m$	$4,76 \cdot t_m$

avec :

t_m	la durée du mois considéré, en Ms, reprise au Tableau 1.
-------	--

⁸ Cette expression donne une valeur minimale de 0.6 ou 0.8 pour A_m inférieur à 8m² et une valeur de maximale 1.0 pour A_m supérieur à 30m². Entre les deux, la valeur varie de manière linéaire.

9.4.3.3.2 Consommation d'électricité d'une partie dite « éclairée naturellement »

On détermine la consommation d'électricité mensuelle de la partie dite « éclairée naturellement » d'un espace, si celui-ci est équipé d'un allumage/extinction ou d'une modulation dépendant de la lumière naturelle, comme suit :

$W_{\text{light,rmr,dayarea,m}} = P_{\text{light,rmr}} \cdot \frac{A_{\text{f,rmr,dayarea}}}{A_{\text{f,rmr}}} \cdot f_{\text{switch}} \cdot (f_{\text{mod,dayl}} \cdot t_{\text{day,m}} + f_{\text{mod,artif}} \cdot t_{\text{night,m}})$		[kWh]
où :		
$W_{\text{light,rmr,dayarea,m}}$	la consommation d'électricité mensuelle de l'éclairage dans la partie dite « éclairée naturellement » de l'espace r, en kWh ;	
$P_{\text{light,rmr}}$	la valeur de calcul de la puissance de l'installation d'éclairage dans l'ensemble de l'espace r, déterminée selon 9.4.4, en kW ;	
$A_{\text{f,rmr,dayl area}}$	la surface au sol de la partie dite « éclairée naturellement » dans l'espace r, déterminée selon 9.4.5, en m ² ;	
$A_{\text{f,rmr}}$	la surface d'utilisation de l'espace r, en m ² ;	
$t_{\text{day,m}}$	le nombre d'heures d'utilisation mensuelles diurnes, repris au Tableau 25, en h ;	
$t_{\text{night,m}}$	le nombre d'heures d'utilisation mensuelles nocturnes, repris au Tableau 25, en h ;	
f_{switch}	le facteur de réduction pour le système d'allumage et d'extinction (mise sous tension), repris au Tableau 23 ;	
$f_{\text{mod,dayl}}$	le facteur de modulation du système d'éclairage de la partie dite « éclairée naturellement », repris au Tableau 24 ;	
$f_{\text{mod,artif}}$	le facteur de modulation du système d'éclairage de la partie dite « éclairée artificiellement », repris au Tableau 24.	

Si un espace comprend différents types de régulation et/ou différents types de systèmes de modulation dans sa partie dite « éclairée naturellement », il faut effectuer le calcul avec la plus haute valeur des facteurs f qui sont d'application.

9.4.3.3.3 Consommation d'électricité des appareils de contrôle qui ne sont pas encore compris dans la consommation des luminaires⁹

Pour chaque espace, on détermine la consommation d'électricité mensuelle des éléments de contrôle et similaires (y compris les éléments auxiliaires éventuels, capteurs et/ou commutateurs) dans la mesure où ils n'ont pas encore été repris dans la consommation des luminaires durant les heures d'utilisation, comme la somme de cette consommation pour chacun des appareils k, qui est s'exprime comme suit :

⁹ Les consommations parasites des installations d'éclairage ne sont pas encore prises en compte lors de l'entrée en vigueur du présent Arrêté. Ce paragraphe prendra effet à une date déterminée par le Ministre. D'ici là, on considère $W_{\text{light,rmr,ctrl}} = 0$ kWh.

$W_{\text{light},m,r,\text{ctrl},m} = \sum_k \left[P_{\text{light},m,r,\text{ctrl},\text{on},k} \cdot f_{\text{switch}} \cdot (t_{\text{day},m} + t_{\text{night},m}) \right. \\ \left. + P_{\text{light},m,r,\text{ctrl},\text{off},k} \cdot \left(\frac{1000 \cdot t_m}{3.6} - f_{\text{switch}} \cdot (t_{\text{day},m} + t_{\text{night},m}) \right) \right] / 1000$		[kWh]
où :		
$W_{\text{light},m,r,\text{ctrl},m}$	la consommation d'électricité mensuelle de l'élément de contrôle qui n'est pas encore comprise dans la consommation déterminée selon 9.4.3.3.1 et 9.4.3.3.2, en kWh ;	
$P_{\text{light},m,r,\text{ctrl},\text{on},k}$	la puissance d'alimentation k des (groupes d') éléments de contrôle (y compris les éventuels éléments auxiliaires, capteurs et/ou commutateurs) pendant les heures d'utilisation, qui n'est pas encore comprise dans la puissance des luminaires, en W. La valeur par défaut pour chaque alimentation d'éléments de contrôle, commandes, capteurs (intégré ou non dans le luminaire) etc. est de 3 W par luminaire lié à l'appareil ;	
$P_{\text{light},m,r,\text{ctrl},\text{off},k}$	la puissance d'alimentation k de chacun des (groupes d') éléments de contrôle (y compris les éléments auxiliaires éventuels, capteurs et/ou commandes) en-dehors des heures d'utilisation, en W. La valeur par défaut pour chaque alimentation d'éléments de contrôle, capteurs (intégré ou non dans le luminaire, etc. est de 3 W par luminaire lié à l'appareil ;	
f_{switch}	le facteur de réduction pour le système d'allumage et d'extinction de l'espace lié à l'appareil, repris au Tableau 23 ;	
$t_{\text{day},m}$	le nombre d'heures conventionnel d'utilisation mensuelles diurnes, repris au Tableau 25, en h ;	
$t_{\text{night},m}$	le nombre d'heures conventionnel d'utilisation mensuelles nocturnes, repris au Tableau 25, en h.	

Si un élément de contrôle commande plusieurs espaces, il faut uniquement calculer la consommation pour l'espace ayant la valeur f_{switch} la plus élevée.

Il faut effectuer une sommation sur toutes les alimentations k présentes dans l'espace r.

9.4.4 Valeur de calcul de la puissance par espace

On détermine tout d'abord, pour chaque espace, la valeur de la puissance nominale en effectuant la somme des puissances de tous les luminaires (puissance des lampes y compris les éventuels éléments auxiliaires, capteurs et éléments de contrôle), comme suit :

$P_{\text{nom},\text{rmr}} = \frac{\sum_k P_{\text{fitting},k}}{1000}$		[kW]
où :		
$P_{\text{nom},\text{rmr}}$	la valeur de la puissance nominale de toutes les lampes, y compris les éventuels éléments auxiliaires, capteurs, éléments de contrôle et/ou commande dans l'espace r, en kW ;	
$P_{\text{fitting},k}$	la valeur de la puissance de la (de toutes les) lampe(s) du luminaire, y compris les éventuels éléments auxiliaires, capteurs, éléments de contrôle et/ou commande du luminaire k, en W.	

Il faut effectuer la somme sur tous les luminaires k de l'espace r.

1. Si l'éclairement souhaité n'est pas réglable, on prend comme valeur pour le calcul de la puissance de l'éclairage :
- 2.

$P_{\text{light},\text{rmr}} = P_{\text{nom},\text{rmr}}$		[kW]
où :		
$P_{\text{light},\text{rmr}}$	la valeur de la puissance, en kW ;	
$P_{\text{nom},\text{rmr}}$	la valeur de puissance nominale, tel que déterminée ci-dessus, en kW.	

2. Par contre, si l'éclairement est réglable (soit par luminaire, ou par groupe de luminaires) pour tous les luminaires situés dans l'espace, on utilise par convention le calcul suivant pour déterminer la puissance d'éclairage¹⁰ :

$P_{\text{light},\text{rmr}} = P_{\text{nom},\text{rmr}} \cdot \min \left(1, \frac{L_{\text{thresh}} + f_{\text{reduc}} \cdot (L_{\text{rmr}} - L_{\text{thresh}})}{L_{\text{rmr}}} \right)$		[kW]
où :		
$P_{\text{light},\text{rmr}}$	la valeur de la puissance d'éclairage, en kW ;	
$P_{\text{nom},\text{rmr}}$	la valeur de la puissance nominale, telle que déterminée ci-dessus, en kW ;	
L_{rmr}	la variable auxiliaire adimensionnelle, déterminée selon 9.4.2 ;	
f_{reduc}	facteur de réduction de la variable auxiliaire ayant comme valeur: $f_{\text{reduc}} = 0,5$;	
L_{thresh}	valeur seuil de L, ayant comme valeur : $L_{\text{thresh}} = 250$.	

9.4.5 Distinction entre la partie dite « éclairée naturellement » et la partie éclairée artificiellement

Si la partie dite « éclairée naturellement » est modulable séparément, une consommation d'électricité plus faible peut être prise en compte dans le calcul (voir le 9.4.3.3.2 et le Tableau 24).

¹⁰ Si L_{rmr} est égal à zéro (par exemple parce qu'aucune information n'a été fournie concernant les luminaires installés), on a $P_{\text{light},\text{rmr}} = P_{\text{nom},\text{rmr}}$

Il n'est cependant pas obligatoire de prendre cet effet en compte. Dans ce cas, on prend $A_{f,rm\ r,dayl\ area} = 0$.

Si l'on désire prendre en compte cette réduction, il faut déterminer la surface de la partie dite « éclairée naturellement » par les baies permettant l'apport d'éclairage naturel. On définit par convention la partie dite « éclairée naturellement » comme la zone où le facteur de lumière du jour sur le plan de travail (fictif, situé à 0,8m au-dessus du niveau fini du sol de l'espace considéré) atteint 3% (au minimum). On peut la définir, au choix, de manière détaillée (9.4.5.1), ou de manière conventionnelle (9.4.5.2).

9.4.5.1 Méthode détaillée

- Il faut utiliser les caractéristiques réelles des vitrages (transmission visuelle, géométrie, y compris la géométrie du profilé de fenêtre,...)
- Il faut utiliser la géométrie réelle de l'espace à l'état vide (sans mobilier). Les facteurs de réflexion à prendre en compte sont : 0,7 pour le plafond, 0,5 pour toutes les parties opaques des murs (y compris les profilés des châssis) et 0,2 pour le sol. En ce qui concerne le vitrage, il faut utiliser les valeurs réelles de transmission visuelle comme expliqué ci-dessus.
- Le Ministre peut établir des spécifications supplémentaires ou les modifier.

La méthode de calcul détaillée (le logiciel) est agréée au préalable par le Ministre.

9.4.5.2 Méthode simplifiée conventionnelle

Une première contribution à la partie dite « éclairée naturellement » est formée par la projection verticale sur la surface d'utilisation des baies (ouvertures à la lumière naturelle) inclinées vers l'intérieur ou horizontales (par exemple lucarnes en toiture). Une seconde contribution est fournie par les baies verticales et par les surfaces verticales équivalentes des baies inclinées. Pour déterminer ces dernières, on projette chaque baie inclinée sur un plan vertical qui passe par le bord supérieur de la fenêtre (voir Figure 2). La détermination précise des deux contributions s'effectue selon 9.4.5.2.1 et le 9.4.5.2.2.

Les parties qui se chevauchent sont déduites pour déterminer la surface totale de la partie éclairée naturellement :

$A_{f,rm\ r,dayl\ area} = A_{f,rm\ r,dayl\ area,vert} + A_{f,rm\ r,dayl\ area,depth} - A_{f,rm\ r,overlap}$		[m ²]
où :		
$A_{f,rm\ r,dayl\ area}$	la surface totale d'utilisation de la partie dite « éclairée naturellement » de l'espace r, en m ² ;	
$A_{f,rm\ r,dayl\ area,vert}$	la surface d'utilisation correspondant à la projection verticale des baies, la détermination s'effectue selon 9.4.5.2.1, en m ² ;	
$A_{f,rm\ r,dayl\ area,depth}$	la surface d'utilisation correspondant à la contribution des surfaces verticales équivalentes des baies, déterminée selon 9.4.5.2.2, en m ² ;	
$A_{f,rm\ r,overlap}$	la surface d'utilisation satisfaisant à la fois aux conditions du 9.4.5.2.1 et à celles du 9.4.5.2.2, en m ² .	

La surface de la partie dite « éclairée artificiellement » est la surface résiduelle de l'espace r :

$A_{f,rm\ r,artif\ area} = A_{f,rm\ r} - A_{f,rm\ r,dayl\ area}$		[m ²]
où :		
$A_{f,rm\ r,artif\ area}$	la surface d'utilisation de la partie dite « éclairée artificiellement » de l'espace r, en m ² ;	
$A_{f,rm\ r}$	la surface d'utilisation totale de l'espace r, en m ² ;	

$A_{f,rm\ r,dayl\ area}$

la surface de la partie dite « éclairée naturellement » de l'espace r , telle que déterminée ci-dessus, en m^2 .

Conditions : lorsqu'on détermine l'extrémité supérieure et inférieure des baies verticales permettant l'apport de lumière naturelle, il faut satisfaire aux conditions spécifiées à la Figure 1. Cela veut dire que la hauteur de l'extrémité inférieure de la baie (de la partie transparente/translucide de la fenêtre en fait) dont il faut tenir compte dans les calculs doit être au minimum de 0,8m, même si la valeur réelle est inférieure (ex : bord inférieur situé à 0,5m de hauteur). De manière similaire, la hauteur maximale de l'extrémité supérieure est fixée à 4m, les hauteurs étant déterminées à partir du niveau fini du sol.

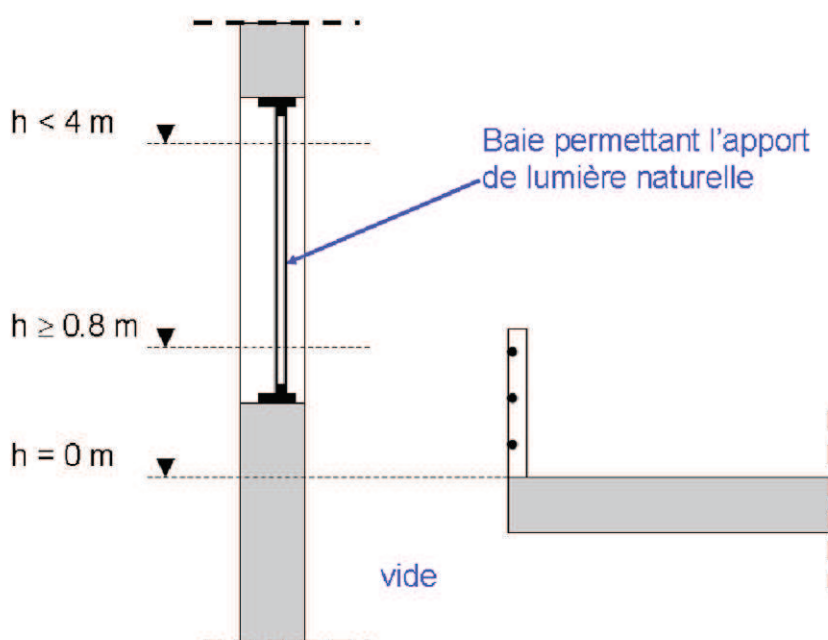


Figure 1 - Projection du niveau fini du sol sur la façade (par exemple en cas de vide) et limitation des hauteurs minimum et maximum à considérer pour la détermination de la baie verticale (équivalente) permettant l'apport de lumière naturelle

9.4.5.2.1 Contribution de la projection verticale des baies permettant l'apport de lumière naturelle

La contribution des baies horizontales et inclinées vers l'intérieur¹¹ permettant l'apport de lumière naturelle à la surface d'utilisation de la partie dite « éclairée naturellement » se compose de la somme des surfaces des projections verticales de ces baies sur le sol sous-jacent, pour autant que ces dernières soient comprises dans la surface d'utilisation de l'espace, voir Figure 2.

On détermine cette surface par espace comme suit :

$A_{f,mmr,daylarea,vert} = \sum_k A_{f,mmr,daylarea,vert,k}$		[m²]
où :		
$A_{f,mmr,daylarea,vert}$	la surface totale, à l'intérieur de l'espace r, des projections verticales de baies horizontales et inclinées vers l'intérieur sur le sol sous-jacent, et permettant l'apport de lumière naturelle, en m² ;	
$A_{f,mmr,daylarea,vert,k}$	la surface de la projection verticale de la baie k qui est inscrite dans la surface d'utilisation, en m².	

Il faut effectuer une sommation sur toutes les contributions des projections des baies k.

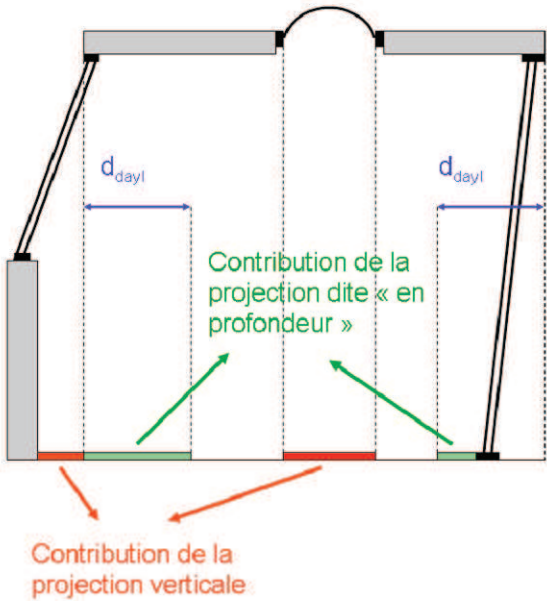


Figure 2 - Contributions de la projection verticale et de la projection dite « en profondeur »

¹¹ Le facteur de transmission visuelle $\tau_{vis,dir,h}$ (à incidence normale, en transmission hémisphérique) des parties transparentes/translucides doit être d'au moins 60%. Sinon, la baie permettant l'apport de lumière naturelle n'est pas prise en considération dans la détermination de la surface de la partie dite « éclairée naturellement ».

9.4.5.2.2 Contribution (équivalente) des baies verticales permettant l'apport de lumière naturelle

On détermine la contribution (équivalente) des baies verticales permettant l'apport de lumière naturelle comme la somme des surfaces obtenues en multipliant la longueur de l'élément de façade contenant la baie verticale pour autant que cette dernière réponde aux conditions permettant l'apport de lumière naturelle, par la profondeur de la partie dite « éclairée naturellement », à condition qu'elle soit inscrite dans la surface d'utilisation de l'espace r. Cette contribution (équivalente) est calculée, comme suit :

$A_{f,rmr,daylarea,depth} = \sum_k l_{daylk} \cdot d_{dayl,int,k}$		[m ²]
où :		
$A_{f,rmr,daylarea,depth}$	la surface des contributions des baies verticales (équivalentes) permettant l'apport de lumière naturelle, en m ² ;	
$l_{dayl,k}$	la longueur de l'élément de façade de la partie dite « éclairée naturellement » comprenant la baie k et déterminée selon 9.4.5.2.2.1, en m ;	
$d_{dayl,int,k}$	la profondeur de la partie dite « éclairée naturellement » relative à la baie k pour autant qu'elle soit inscrite dans la surface d'utilisation, déterminée selon 9.4.5.2.2.2, en m.	

Il faut effectuer une sommation sur toutes les contributions des baies verticales k.

9.4.5.2.2.1 Longueur de l'élément de façade l_{dayl}

On prend, comme longueur d'élément de façade lié à une baie de la partie dite « éclairée naturellement », la largeur de l'ouverture intérieure de la baie (c'est-à-dire la partie transparente/translucide) augmentée de 0,5m maximum de chaque côté (sans toutefois dépasser les murs intérieurs). Les chevauchements ne peuvent pas être comptabilisés deux fois, voir Figure 3.

9.4.5.2.2.2 Profondeur de la partie dite « éclairée naturellement »

On détermine la profondeur liée à une baie (équivalente) verticale permettant l'apport (équivalent) de lumière naturelle comme suit :

Pour les baies inclinées, il faut d'abord considérer le plan vertical qui passe par l'élément le plus haut de la baie(hors-œuvre) en limitant la hauteur de cet élément supérieur à 4m au-dessus du niveau fini du sol.

On reporte ensuite vers l'intérieur, au droit de la baie, perpendiculairement au plan vertical ainsi déterminé ou par rapport à la limite de la surface d'utilisation dans le cas d'une baie verticale, la profondeur de la partie dite « éclairée naturellement » d_{dayl} , telle que déterminée ci-dessous.

Si la surface de la partie dite « éclairée naturellement » ainsi obtenue se situe entièrement dans la surface d'utilisation, on a :

$$d_{dayl,int} = d_{dayl}$$

Si ce n'est pas le cas, il faut diminuer la profondeur de la partie dite « éclairée naturellement » de la partie qui se situe en dehors de la surface d'utilisation pour obtenir $d_{dayl,int}$ (cfr l'espace vide de la Figure 1, ou la fenêtre de droite de la Figure 2).

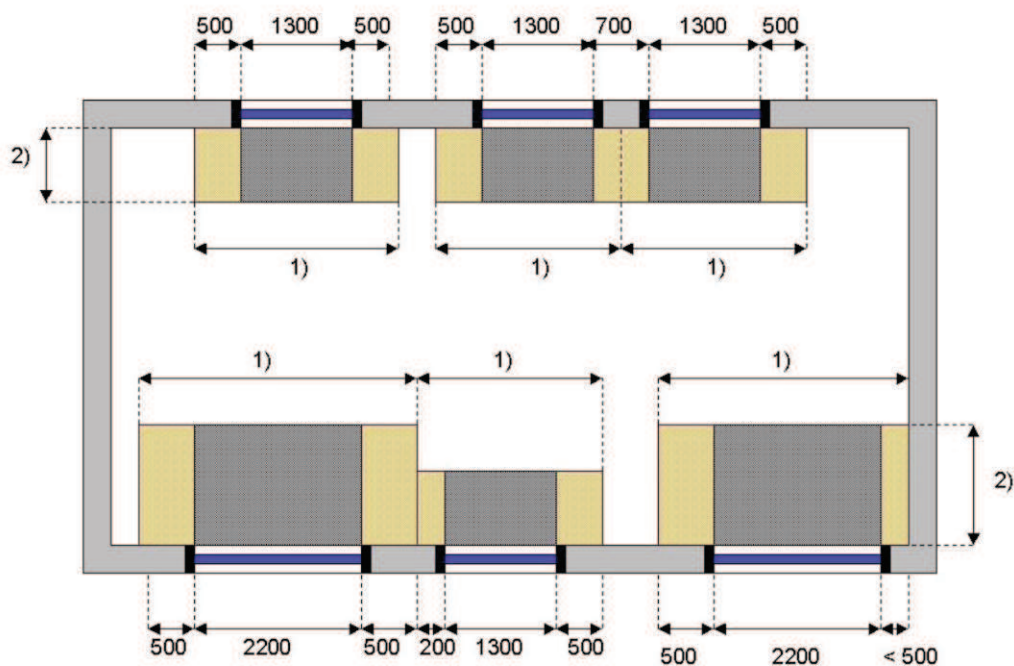


Figure 3 - Parties de la surface d'utilisation derrière des éléments transparents/translucides et opaques d'une façade, qui appartiennent à la partie dite « éclairée naturellement »

(Plusieurs profondeurs sont reprises dans la figure)

- 1) l_{dayl} : longueur de l'élément de façade permettant l'apport de lumière naturelle**
2) d_{dayl} : profondeur de la partie dite « éclairée naturellement »

La profondeur de la partie dite « éclairée naturellement », d_{dayl} , est donnée par :

1. Si la valeur numérique de $(h_o \times \tau_v)$ est inférieure à 0,50, on a :

$d_{\text{dayl}} = 0$	[m]
-----------------------	-----

2. Si la valeur numérique de $(h_o \times \tau_v)$ est supérieure ou égale à 0,50, on a :

$d_{\text{dayl}} = 0.5 + 3 \cdot (h_o \cdot \tau_v)$	[m]
où :	
d_{dayl}	la profondeur de la partie dite « éclairée naturellement » correspondant à la baie considérée, en m ;
h_o	la hauteur de la partie transparente/translucide de la baie permettant l'apport de lumière naturelle, en m ;
τ_v	le facteur de transmission visuelle $\square_{\text{vis,dir,h}}$ (angle d'incidence perpendiculaire, transmission hémisphérique) du vitrage, déterminé selon NBN EN 410 (-).

La hauteur d'ouverture de la baie, h_o , est donnée par :

$h_o = u_o - l_o$	[m]
où :	
h_o	la hauteur d'ouverture de la baie permettant l'apport de lumière naturelle, en m ;
u_o	la hauteur de l'extrémité supérieure de l'ouverture, mesurée par rapport au niveau fini du sol, avec un maximum de 4m, en m ;
l_o	la hauteur de l'extrémité inférieure de l'ouverture, mesurée par rapport au niveau fini du sol, avec un minimum de 0,8m, en m.

Il est à noter que la profondeur de la partie dite « éclairée naturellement » ne peut jamais être supérieure à la profondeur de l'espace considéré.

10 Consommation d'énergie primaire

10.1 Principe

Chacun des sous-termes de la consommation finale d'énergie, tel que déterminé aux chapitres précédents, est multiplié par un facteur de conversion en énergie primaire, en fonction du vecteur énergétique. Tous les termes sont ensuite additionnés afin d'obtenir la consommation caractéristique annuelle d'énergie primaire. En ce qui concerne l'électricité produite par des installations photovoltaïques intégrées au bâtiment et par cogénération sur site, on introduit dans le calcul un bonus correspondant à l'économie de combustible dans les centrales électriques.

10.2 La consommation caractéristique annuelle d'énergie primaire

On détermine la consommation caractéristique annuelle d'énergie primaire de l' 'unité PEN' comme suit :

$E_{\text{char ann prim en cons}} = \sum_{m=1}^{12} (E_{p,\text{heat},m} + E_{p,\text{cool},m} + E_{p,\text{aux},m} + E_{p,\text{light},m} - E_{p,\text{pv},m} - E_{p,\text{cogen},m})$	
où :	
$E_{\text{char ann prim en cons}}$	la consommation caractéristique annuelle d'énergie primaire, en MJ ;
$E_{p,\text{light},m}$	la consommation mensuelle d'énergie primaire pour l'éclairage, calculée selon 10.3, en MJ ;
$E_{p,\text{heat},m}$	la consommation mensuelle d'énergie primaire pour le chauffage, calculée selon 10.3, en MJ ;
$E_{p,\text{cool},m}$	la consommation mensuelle d'énergie primaire pour le refroidissement, calculée selon 10.4, en MJ ;
$E_{p,\text{aux},m}$	la consommation mensuelle d'énergie primaire pour les auxiliaires (ventilateurs et pompes), calculée selon 10.5, en MJ ;
$E_{p,\text{pv},m}$	l'économie mensuelle d'énergie primaire réalisée grâce à la production d'électricité par une installation solaire photovoltaïque intégrée au bâtiment, calculée selon 13.7 de l'annexe PER, en MJ ;
$E_{p,\text{cogen},m}$	l'économie mensuelle d'énergie primaire réalisée grâce à la production d'électricité au moyen d'une cogénération sur site, calculée selon 10.6, en MJ.

10.3 La consommation d'énergie primaire pour le chauffage et le refroidissement

On détermine la consommation mensuelle d'énergie primaire de l' 'unité PEN' pour le chauffage et le refroidissement comme suit :

$E_{p,\text{heat},m} = \sum_i (f_p \cdot Q_{\text{heat,final,seci},m,\text{pref}} + f_p \cdot Q_{\text{heat,final,seci},m,\text{npref}})$	
$+ \sum_j (f_p \cdot Q_{\text{hum,final,j},m,\text{pref}} + f_p \cdot Q_{\text{hum,final,j},m,\text{npref}})$	
et :	
$E_{p,\text{cool},m} = \sum_i (f_p \cdot Q_{\text{cool,final,seci},m,\text{pref}} + f_p \cdot Q_{\text{cool,final,seci},m,\text{npref}})$	
où :	

f_p	le facteur de conversion conventionnel en énergie primaire du vecteur énergétique de l'appareil producteur considéré, tel qu'établi dans le texte principal du présent Arrêté (-) ;
$E_{p,heat,m}$	la consommation mensuelle d'énergie primaire pour le chauffage de l' 'unité PEN', en MJ ;
$Q_{heat,final,seci,m,pref}$	la consommation finale mensuelle d'énergie du (des) producteur(s) de chaleur préférentiel(s) du secteur énergétique i, tel que déterminé au 7.2.1, en MJ ;
$Q_{heat,final,seci,m,npref}$	la consommation finale mensuelle d'énergie du (des) producteur(s) de chaleur non préférentiel(s) du secteur énergétique i, tel que déterminé au 7.2.1, en MJ ;
$Q_{hum,final,j,m,pref}$	la consommation finale mensuelle d'énergie du (des) producteur(s) de chaleur préférentiel(s) de l'humidificateur j, tel que déterminé au 7.2.1, en MJ ;
$Q_{hum,final,j,m,npref}$	la consommation finale mensuelle d'énergie du (des) producteur(s) de chaleur non préférentiel(s) de l'humidificateur j, tel que déterminé au 7.2.1, en MJ ;
$E_{p,cool,m}$	la consommation mensuelle d'énergie primaire pour le refroidissement de l'unité PEB, en MJ ;
$Q_{cool,final,seci,m,pref}$	la consommation finale mensuelle d'énergie du (des) producteur(s) de froid préférentiel(s) du secteur énergétique i, tel que déterminé au 7.2.2, en MJ ;
$Q_{cool,final,seci,m,npref}$	la consommation finale mensuelle d'énergie du (des) producteur(s) de froid non préférentiel(s) du secteur énergétique i, tel que déterminé au 7.2.2, en MJ.

Il faut faire une sommation sur tous les secteurs énergétiques i et tous les humidificateurs j de l' 'unité PEN'.

10.4 La consommation d'énergie primaire des auxiliaires

On détermine la consommation mensuelle d'énergie primaire pour les ventilateurs, pompes et veilleuses comme suit :

$E_{p,aux,m} = f_p \cdot 3.6 \cdot (W_{fans,m} + W_{pumps,m} + W_{aux,m} + W_{aux,free,m} + W_{precool,m}) + f_p (Q_{pilot})$	
où :	
$E_{p,aux,m}$	la consommation mensuelle d'énergie primaire des auxiliaires (ventilateurs et pompes), en MJ ;
f_p	le facteur de conversion conventionnel en énergie primaire du vecteur énergétique considéré, tel qu'établi dans le dispositif du présent arrêté (-) ;
$W_{fans,m}$	la consommation mensuelle d'électricité pour les ventilateurs dans l' 'unité PEN', déterminée selon 8.1.2, en kWh ;
$W_{pumps,m}$	la consommation mensuelle d'électricité pour les pompes dans l' 'unité PEN', déterminée selon 8.2.2, en kWh ;
$W_{aux,m}$	la consommation mensuelle supplémentaire d'électricité pour les machines frigorifiques dans l' 'unité PEN', déterminée selon 8.3, en kWh ;

$W_{aux,free,m}$	la consommation mensuelle d'électricité pour le free-chilling dans l'unité PEB, déterminée selon 8.4, en kWh ;
$W_{precool,m}$	la consommation mensuelle d'électricité pour le pré-refroidissement de l'air de ventilation, déterminée selon 8.6, en kWh ;
$Q_{pilot,m}$	la consommation mensuelle d'énergie des veilleuses des appareils producteurs qui contribuent au chauffage et/ou à l'humidification de l' 'unité PEN', déterminée selon 8.3, en MJ.

10.5 La consommation d'énergie primaire pour l'éclairage

On détermine la consommation annuelle d'énergie primaire pour l'éclairage comme suit :

$E_{p,light,m} = f_p \cdot 3.6 \cdot W_{light,m}$	
où :	
$E_{p,light,m}$	la consommation mensuelle d'énergie primaire pour l'éclairage selon 10.5, en MJ ;
f_p	le facteur conventionnel de conversion en énergie primaire pour l'électricité, tel qu'établi dans le dispositif du présent arrêté (-) ;
$W_{light,m}$	la consommation mensuelle d'électricité pour l'éclairage dans l' 'unité PEN', déterminée selon 9.2, en kWh.

10.6 L'économie d'énergie primaire réalisée grâce à une cogénération sur site

On détermine l'équivalente économie mensuelle d'énergie primaire d'(une) installation(s) de cogénération sur site comme suit :

$E_{p,cogen,m} = \sum_i f_p \cdot 3.6 \cdot W_{cogen,i,m}$	
où :	
$E_{p,cogen,m}$	la réduction mensuelle de la consommation d'énergie primaire correspondant à la quantité mensuelle d'électricité produite par la cogénération sur site, en MJ ;
f_p	le facteur conventionnel de conversion en énergie primaire pour l'électricité autoproduite par cogénération, tel qu'établi dans le dispositif du présent arrêté (-) ;
$W_{cogen,i,m}$	la quantité mensuelle d'électricité produite par l'installation de cogénération sur site i, déterminée selon A.4, en kWh.

Il faut faire une sommation sur tous les systèmes de cogénération sur site i.

A Cogénération

A.1 Principe

Une installation de cogénération produit simultanément de la chaleur et de l'électricité. La consommation finale d'énergie (c.-à-d. la consommation de combustible) de la cogénération est calculée au point 10.2 de l'annexe PER, pour les secteurs énergétiques d'une unité PEB résidentielle et au point 7.2 de la présente annexe, pour les secteurs énergétiques d'une unité PEB bureaux, services ou enseignement.

Dans cette annexe A est déterminée la production d'électricité par une cogénération. Cette production est convertie en quantité d'énergie primaire économisée au point 12.2.2 de l'annexe PER pour les unités PEB résidentielles et au point 10.6 de la présente annexe pour les unités PEB bureaux, services ou enseignement.

A.2 Détermination du rendement de conversion électrique et thermique de la cogénération

Le rendement de conversion électrique de la cogénération est le rapport entre l'énergie électrique produite et la teneur énergétique (sur base du pouvoir calorifique supérieur) du combustible consommé. Le rendement de conversion thermique est le rapport entre la chaleur produite et la teneur énergétique (sur base du pouvoir calorifique supérieur) du combustible consommé.

Pour les moteurs à combustion interne au gaz naturel, au gaz provenant de la biomasse, au mazout et à l'huile végétale, les rendements de conversion sont fixés au point A.2.1. Les rendements de conversion pour les autres technologies sont fixés au point A.2.2.

A.2.1 Détermination du rendement de conversion électrique et thermique d'un moteur à combustion interne au gaz naturel, au gaz provenant de la biomasse, au mazout ou à l'huile végétale

La méthode de détermination des rendements de conversion dépend de la puissance électrique de l'installation de cogénération.

Si la puissance électrique de l'installation de cogénération n'est pas connue, elle peut être déterminée comme suit :

$P_{\text{cogen,elec}} = a \cdot (P_{\text{cogen,th}})^b$		[kW]
où :		
$P_{\text{cogen,elec}}$	le rendement électrique de l'installation de cogénération, en kW ;	
a, b	des paramètres (variables en fonction du combustible utilisé) pour déterminer la puissance électrique en fonction de la puissance thermique, issus du Tableau 26 (-) ;	
$P_{\text{cogen,th}}$	la puissance thermique de l'installation de cogénération, en kW. Cette puissance est fixée conformément à la méthode utilisée pour les appareils au gaz.	

Tableau 26 - Paramètres pour déterminer la puissance électrique en fonction de la puissance thermique (moteur à combustion interne)

Combustible	a	B
gaz naturel	0,3323	1,123
gaz provenant de la biomasse	0,3305	1,147
mazout	0,3947	1,131
huile végétale	0,3306	1,152

Cas 1 : $P_{\text{cogen,elec}} < 5 \text{ kW}$

Relevez les rendements de conversion électrique et thermique de l'installation de cogénération dans le Tableau 27 :

Tableau 27 - Rendements de conversion électrique et thermique de la cogénération (moteur à combustion interne, $P_{\text{cogen,elec}} < 5 \text{ kW}$)

Combustible	$\varepsilon_{\text{cogen,elec}}$	$\varepsilon_{\text{cogen,th}}$
gaz naturel	0,251	0,573
gaz provenant de la biomasse	0,248	0,542
mazout	0,279	0,536
huile végétale	0,268	0,573

Cas 2 : $5 \text{ kW} \leq P_{\text{cogen,elec}} \leq 5000 \text{ kW}$

Les rendements de conversion électrique et thermique de l'installation de cogénération sont déterminés comme suit:

$\varepsilon_{\text{cogen,elec}} = a_{\text{elec}} \cdot (P_{\text{cogen,elec}})^{b_{\text{elec}}}$		[-]
$\varepsilon_{\text{cogen,th}} = a_{\text{th}} \cdot (P_{\text{cogen,elec}})^{b_{\text{th}}}$		[-]
où :		
$\square_{\text{elec}}$	le rendement de conversion électrique de l'installation de cogénération(-) ;	
$a_{\text{elec}}, b_{\text{elec}}$	des paramètres (variables en fonction du combustible utilisé) pour déterminer le rendement de conversion électrique, issus du Tableau 28 (-) ;	
$P_{\text{cogen,elec}}$	la puissance électrique de l'installation de cogénération, en kW. Si cette puissance n'est pas connue, elle est déterminée comme décrit ci-dessus ;	
$\square_{\text{th}}$	le rendement de conversion thermique de l'installation de cogénération (-) ;	
$a_{\text{th}}, b_{\text{th}}$	des paramètres (variables en fonction du combustible utilisé) pour déterminer le rendement de conversion thermique, issus du Tableau 28 (-).	

Tableau 28 - Paramètres pour déterminer le rendement de conversion électrique et thermique de la cogénération (moteur à combustion interne, $5 \text{ kW} \leq P_{\text{cogen,elec}} \leq 5000 \text{ kW}$)

Combustible	a_{elec}	b_{elec}	a_{th}	b_{th}
gaz naturel	0,228	0,061	0,623	-0,053
gaz provenant de la biomasse	0,222	0,069	0,601	-0,065
mazout	0,253	0,063	0,587	-0,057
huile végétale	0,240	0,070	0,637	-0,066

Cas 3 : $P_{\text{cogen,elec}} > 5000 \text{ kW}$

Relevez les rendements de conversion électrique et thermique de l'installation de cogénération dans le Tableau 29.

Tableau 29 - Rendements de conversion électrique et thermique de la cogénération (moteur à combustion interne, $P_{\text{cogen,elec}} > 5000 \text{ kW}$)

Combustible	$\varepsilon_{\text{cogen,elec}}$	$\varepsilon_{\text{cogen,th}}$
gaz naturel	0,384	0,396
gaz provenant de la biomasse	0,400	0,345
mazout	0,433	0,361
huile végétale	0,436	0,363

A.2.2 Détermination des rendements de conversion électrique et thermique de technologies autres que les moteurs à combustion interne au gaz naturel, au gaz provenant de la biomasse, au mazout et à l'huile végétale

Les rendements de conversion électrique et thermique des cogénérations qui ne relèvent pas du point A.2.1. (comme les moteurs stirling, les turbines à gaz, les systèmes ORC, les cellules à combustible, etc.) sont déterminés comme suit :

$\varepsilon_{\text{cogen,elec}} = 0.77 \cdot \frac{P_{\text{cogen,elec}}}{P_{\text{cogen,elec}} + P_{\text{cogen,th}}}$	[-]
$\varepsilon_{\text{cogen,th}} = 0.77 \cdot \frac{P_{\text{cogen,th}}}{P_{\text{cogen,elec}} + P_{\text{cogen,th}}}$	[-]
où :	
$P_{\text{cogen,th}}$	la puissance thermique de l'installation de cogénération, en kW. Cette puissance est déterminée conformément à la méthode utilisée pour les appareils au gaz ;
$P_{\text{cogen,elec}}$	la puissance électrique de l'installation de cogénération, en kW ;

A.3 Détermination de la consommation mensuelle d'énergie finale par une installation de cogénération

A.3.1 Règle de calcul

Déterminez la consommation mensuelle d'énergie finale d'une installation de cogénération i sur la base du chauffage des locaux, de l'humidification et du refroidissement par absorption, couverte par l'installation de cogénération, comme suit :

$Q_{\text{cogen,final,i,m}} = \frac{Q_{\text{cogen,heat,i,m}} + Q_{\text{cogen,humi,m}} + Q_{\text{cogen,cool,i,m}}}{\varepsilon_{\text{cogen,th}}}$	[MJ]
où :	
$Q_{\text{cogen,final,i,m}}$	la consommation mensuelle d'énergie finale de l'installation de cogénération i, en MJ ;
$Q_{\text{cogen,heat,i,m}}$	la part de l'installation de cogénération i dans les besoins mensuels bruts en chaleur pour le chauffage, déterminée selon A.3.2, en MJ ;
$Q_{\text{cogen,hum,i,m}}$	la part de l'installation de cogénération i dans les besoins mensuels nets en énergie pour l'humidification, déterminée selon A.3.3, en MJ ;
$Q_{\text{cogen,cool,i,m}}$	la part de l'installation de cogénération i dans les besoins mensuels bruts en chaleur pour le refroidissement par absorption, déterminée selon A.3.4, en MJ ;
$\varepsilon_{\text{cogen,th}}$	le rendement de conversion thermique de l'installation de cogénération, déterminé selon A.2 (-).

A.3.2 Besoins bruts en énergie pour le chauffage des locaux, couverts par cogénération

Déterminez la part de l'installation de cogénération i dans les besoins mensuels bruts en énergie pour le chauffage des locaux de la totalité de l'unité PEB', comme suit :

$Q_{\text{cogen,heat},i,m} = \sum_i f_{\text{heat},m,\text{pref}} \cdot (1 - f_{\text{as,heat,sec},i,m}) \cdot Q_{\text{heat,gross,sec},i,m}$		[MJ]
où :		
$Q_{\text{cogen,heat},i,m}$	la part de l'installation de cogénération i dans les besoins mensuels bruts en énergie pour le chauffage des locaux, en MJ ;	
$f_{\text{heat},m,\text{pref}}$	la part de la cogénération dans la fourniture de chaleur au secteur énergétique concerné, déterminée selon 7.3.1 (-);	
$f_{\text{as,heat,sec},i,m}$	la part des besoins totaux en chaleur pour le chauffage des locaux du secteur énergétique i , couverte par un système d'énergie solaire thermique, comme décrite au 7.2.1 (-);	
$Q_{\text{heat,gross,sec},i,m}$	les besoins mensuels bruts en énergie pour le chauffage des locaux du secteur énergétique i , déterminés selon 6.2, en MJ.	

Il faut effectuer une sommation pour tous les secteurs énergétiques i auxquels l'installation de cogénération fournit de la chaleur.

A.3.3 Besoins nets en énergie pour l'humidification, couverts par cogénération

Déterminez la part de l'installation de cogénération i dans les besoins mensuels nets en énergie pour l'humidification, pour l'ensemble de l'unité PEB', comme suit :

$Q_{\text{cogen,hum},i,m} = \sum_j f_{\text{heat},m,\text{pref}} \cdot (1 - f_{\text{as,hum},j,m}) \cdot Q_{\text{hum,net},j,m}$		[MJ]
où :		
$Q_{\text{cogen,hum},i,m}$	la part de l'installation de cogénération i dans les besoins mensuels nets en énergie pour l'humidification, en MJ ;	
$f_{\text{heat},m,\text{pref}}$	la part de l'installation de cogénération dans la fourniture de chaleur à l'appareil d'humidification concerné, déterminée selon 7.3.1 (-) ;	
$f_{\text{as,hum},j,m}$	la part des besoins totaux en chaleur pour l'appareil d'humidification j , couverte par un système d'énergie solaire thermique, comme décrite au point 7.2.1 (-) ;	
$Q_{\text{hum,net},j,m}$	les besoins mensuels nets en énergie pour l'humidification de l'appareil d'humidification j , déterminés selon 5.9, en MJ.	

Il faut effectuer une sommation sur tous les appareils d'humidification j auxquels l'installation de cogénération i fournit de la chaleur.

A.3.4 Besoins bruts en chaleur pour le refroidissement par absorption, couverts par cogénération

Déterminez la part de l'installation de cogénération i dans les besoins mensuels bruts en énergie pour le refroidissement par absorption, pour l'ensemble de l'unité PEB', comme suit :

$Q_{\text{cogen,cool},i,m} = \sum_i f_{\text{heat},m,\text{pref}} \cdot \frac{f_{\text{cool,pref}} \cdot Q_{\text{cool,gross,sec},i,m}}{\text{EER}_{\text{nom}}} \quad [\text{MJ}]$	
où :	
$Q_{\text{cogen,cool},i,m}$	la part de l'installation de cogénération i dans les besoins mensuels bruts en énergie d'une machine de refroidissement par absorption, en MJ;
$f_{\text{heat},m,\text{pref}}$	la part de la cogénération dans la fourniture de chaleur à la machine de refroidissement par absorption, déterminée selon 7.3.1 (-);
$f_{\text{cool,pref}}$	la part de la machine de refroidissement par absorption dans la fourniture de froid au secteur énergétique concerné, déterminée selon 7.3.2 (-);
EER_{nom}	le rendement de la conversion de chaleur en froid de la machine de refroidissement par absorption desservant le secteur énergétique i , déterminé selon 7.5.2 (-);
$Q_{\text{cool,gross,sec},i,m}$	les besoins mensuels bruts en énergie pour le refroidissement des locaux du secteur énergétique i , fourni par la machine de refroidissement par absorption, déterminés selon 6.2, en MJ.

Il faut effectuer une sommation sur tous les secteurs énergétiques i auxquels la machine de refroidissement par absorption, alimentée par l'installation de cogénération i , fournit du froid.

A.4 Détermination de la quantité d'électricité produite

Supposons que dans le cas d'une cogénération non liée au bâtiment, la quantité d'électricité produite mensuellement soit égale à 0. Dans ce cas, l'économie d'énergie primaire est déjà calculée dans le facteur énergétique primaire pour la fourniture de chaleur externe. Donc :

$$W_{\text{cogen},i,m} = 0$$

Déterminez la quantité mensuelle d'électricité produite par l'installation de cogénération i liée au bâtiment, comme suit :

$W_{\text{cogen},i,m} = \frac{\varepsilon_{\text{cogen,elec}}}{3.6} \cdot Q_{\text{cogen,final},i,m} \quad [\text{kWh}]$	
où :	
$W_{\text{cogen},i,m}$	la quantité mensuelle d'électricité produite par l'installation de cogénération i , en kWh;
$\varepsilon_{\text{cogen,elec}}$	le rendement de conversion électrique de l'installation de cogénération, déterminé selon A.2 (-);
$Q_{\text{cogen,final},i,m}$	la consommation mensuelle d'énergie finale de l'installation de cogénération i , déterminée selon A.3, en MJ.

A.5 Détermination de la variable auxiliaire X_m pour calculer la fraction mensuelle couverte par la cogénération sur site

Déterminez la variable auxiliaire X_m d'une installation de cogénération, comme suit :

$X_m = \left[\sum_i (1 - f_{as,heat,sec\ i,m}) \cdot Q_{heat,gross,sec\ i,m} + \sum_j (1 - f_{as,water,bath\ j,m}) \cdot Q_{water,bath\ j,gross,m} \right. \\ \left. + \sum_k (1 - f_{as,water,sink\ k,m}) \cdot Q_{water,sink\ k,gross,m} \right. \\ \left. + \sum_l (1 - f_{as,hum,l,m}) \cdot Q_{hum,net,l,m} + \sum_m \frac{f_{cool,pref} \cdot Q_{cool,gross,sec\ n,m}}{EER_{nom}} \right] / (1000 \cdot P_{cogen,th} \cdot t_m)$	
	[-]
où :	
X_m	variable auxiliaire pour l'installation de cogénération, représentant les besoins en chaleur divisés par la production « virtuelle » d'une cogénération à pleine puissance sans interruption durant le mois considéré (-) ;
$f_{as,m}$	la part des besoins totaux en chaleur, couverte par un système d'énergie solaire thermique, déterminée selon 10.4 de l'annexe PER (en cas de besoins en chaleur dans une unité PEB résidentielle) ou selon 7.2.1 de la présente annexe (en cas de besoins en chaleur dans une unité PEB bureaux, services ou enseignement). Avec les indices 'heat, sec i' pour les besoins en chaleur du secteur énergétique i, 'water j' et 'sink k' pour la préparation de l'eau chaude sanitaire, respectivement d'une douche ou d'un bain j et d'une cuisine k, et 'hum,l' pour les besoins en chaleur de l'appareil d'humidification l (-) ;
$Q_{heat,gross,sec\ i,m}$	les besoins mensuels bruts en énergie pour le chauffage des locaux du secteur énergétique i, déterminés selon 9.2.1 de l'annexe PER pour les unités PEB résidentielles ou selon 6.2 de la présente annexe pour les unités PEB bureaux, services ou enseignement, en MJ ;
$Q_{water,bath\ j,gross,m}$	les besoins mensuels bruts en énergie pour l'eau chaude sanitaire d'une douche ou d'un bain j, déterminés selon 9.3.1 de l'annexe PER, pour les 'unités PEB' résidentielles, en MJ ;
$Q_{water,sink\ k,gross,m}$	les besoins mensuels bruts en énergie pour l'eau chaude sanitaire d'une cuisine k, déterminés selon 9.3.1 de l'annexe PER, pour les 'unités PEB' résidentielles, en MJ ;
$Q_{hum,net,l,m}$	les besoins mensuels nets en énergie pour l'humidification de l'appareil d'humidification l, déterminés selon 5.9 de la présente annexe, pour les 'unités PEN', en MJ ;
$f_{cool,pref}$	la part du refroidissement par absorption dans la fourniture de froid au secteur énergétique concerné, déterminée selon 7.3.2 de la présente annexe, pour les 'unités PEN' (-) ;
EER_{nom}	le rendement de la conversion de chaleur en froid de la machine de refroidissement par absorption qui fournit le secteur énergétique concerné, déterminé selon 7.5.2 de la présente annexe de la présente annexe (-) ;

$Q_{cool,gross,sec\ n,m}$	les besoins mensuels bruts en énergie pour le refroidissement des locaux du secteur énergétique n, fourni par la machine de refroidissement par absorption, déterminés selon 6.2 de la présente annexe, pour les 'unités PEN', en MJ ;
$P_{cogen,th}$	la puissance thermique de l'installation de cogénération, en kW. Cette puissance est déterminée conformément à la méthode utilisée pour les appareils au gaz ;
t_m	la longueur du mois concerné en Ms, voir Tableau 1.

Il faut effectuer une sommation sur tous les secteurs énergétiques i chauffés au moyen de l'installation de cogénération, sur tous les bains ou douches j et les cuisines k, auxquels l'installation de cogénération fournit de la chaleur pour la préparation de l'eau chaude sanitaire (dans des 'unités PER'), sur tous les appareils d'humidification l auxquels l'installation de cogénération fournit de la chaleur et sur tous les secteurs énergétiques n qui font partie d'une 'unité PEB' et auxquels la machine de refroidissement par absorption, alimentée par l'installation de cogénération, fournit du froid.

A.6 Détermination de la contenance minimale en eau d'un réservoir tampon pour stocker 30 minutes de production d'une installation de cogénération à pleine puissance

Déterminez la contenance minimale en eau d'un réservoir tampon pour stocker 30 minutes de production de chaleur de l'installation de cogénération i liée au bâtiment, à pleine puissance, par convention, comme suit :

$V_{stor,30min,i} = \frac{0.44 \cdot P_{cogen,th,i}}{(\vartheta_{cogen,i} - \vartheta_{return,design,i})}$		[m ³]
où :		
$V_{stor,30\ min,i}$	la contenance en eau nécessaire à un réservoir tampon pour stocker 30 minutes de production de chaleur d'une installation de cogénération, en m ³ ;	
$P_{cogen,th,i}$	la puissance thermique de l'installation de cogénération i, en kW. Cette puissance est déterminée conformément à la méthode utilisée pour les appareils au gaz ;	
$\vartheta_{cogen,i}$	la température à laquelle l'installation de cogénération i fournit de la chaleur, en °C ;	
$\vartheta_{return,design,i}$	la température de retour du système d'émission de chaleur, auquel l'installation de cogénération i fournit de la chaleur, comme déterminée au point 10.2.3.2 de l'annexe PER, en °C.	

B Pré-refroidissement de l'air de ventilation

B.1 Règle de calcul

Le facteur de multiplication mensuel $r_{\text{precool,seci,m}}$ pour l'effet du pré-refroidissement de l'air de ventilation pour les besoins de refroidissement du secteur énergétique i est égal au facteur de multiplication pour l'effet du pré-refroidissement de la zone de ventilation z dont le secteur énergétique fait partie :

$$r_{\text{precool,seci,m}} = r_{\text{precool,zone z,m}}$$

S'il n'y a pas de système prévu pour le pré-refroidissement de l'air de ventilation dans la zone de ventilation z , ou si seulement une partie du débit de ventilation hygiénique de la zone de ventilation z est refroidi à l'aide d'un système de pré-refroidissement de l'air de ventilation, alors $r_{\text{precool,zone z,m}} = 1$.

Si plusieurs unités PEB utilisent le même système de pré-refroidissement de l'air de ventilation, la valeur par défaut pour $r_{\text{precool,zone z,m}} = 1$; des valeurs plus favorables peuvent être utilisées sur base d'une demande d'équivalence.

Si un système de pré-refroidissement de l'air de ventilation est présent et si l'entièreté du débit de ventilation hygiénique de la zone de ventilation z est refroidi à l'aide de ce système de pré-refroidissement, $r_{\text{precool,zone z,m}}$ doit être déterminé par le rapport entre l'abaissement de température provoqué par le système de pré-refroidissement et la différence de température initiale et l'efficacité du système de pré-refroidissement $e_{\text{precool,m}}$.

$$r_{\text{precool,zone z,m}} = 1 - e_{\text{precool,m}} \frac{\theta_{\text{precool,ref,max,m}} - \theta_{\text{e,V,cool,m}}}{\theta_{\text{i,cool}} - \theta_{\text{e,V,cool,m}}} \quad [-]$$

avec :

$e_{\text{precool,m}}$	l'efficacité mensuelle du système de pré-refroidissement concerné (-) ;
$\theta_{\text{precool,ref,max,m}}$	la température de référence mensuelle moyenne pour l'abaissement de température maximal, en °C ;
$\theta_{\text{e,V,cool,m}}$	la valeur de calcul conventionnelle mensuelle moyenne pour la température de l'air neuf pour la ventilation hygiénique lors des calculs de refroidissement déterminée selon Tableau 1, en °C ;
$\theta_{\text{i,cool}}$	la température intérieure moyenne établie par convention pour la détermination du besoin en énergie pour le refroidissement, reprise au Tableau 2, en °C ;

Les expressions de $e_{\text{precool,m}}$ et $\theta_{\text{precool,ref,max,m}}$ pour deux types de technologies, sont développées dans les prochains paragraphes.

Pour d'autres technologies, $r_{\text{precool,zone z,m}}$ devra être déterminé selon des règles spécifiées par le Ministre.

B.2 Echangeur de chaleur sol-eau

Les échangeurs de chaleurs placés dans le sol sont utilisés pour refroidir ou réchauffer l'air de ventilation (pré-refroidissement / pré-chauffage). Ici, c'est la masse thermique de la terre qui est utilisée pour fournir la chaleur à transférer. A une profondeur suffisante, la température du sol est stable. En été, cela signifie que l'air de ventilation fourni peut être refroidi ; en hiver, il peut être réchauffé. Dans des échangeurs de chaleur sol-eau, l'eau est envoyée à travers une série de tubes qui sont couplés à une batterie d'air par l'intermédiaire d'un collecteur. L'eau passant à travers la pompe est mise en circulation à travers les tubes et refroidira ou réchauffera l'air.

B.2.1 Efficacité $e_{\text{precool,m}}$ du système de pré-refroidissement

Pour un échangeur de chaleur sol-eau, la valeur par défaut vaut :

$e_{\text{precool,m}} = 0.7 \cdot w_{\text{soil/water,m}}$		[-]
avec :		
$w_{\text{soil/water,m}}$	un facteur mensuel qui tient compte du temps de fonctionnement de l'échangeur de chaleur sol-eau (-) :	
	- si $\theta_{e,m} - \theta_{\text{soil,m}} \leq 0$ alors $w_{\text{soil/water,m}} = 0$; - si $0 < \theta_{e,m} - \theta_{\text{soil,m}} \leq 2$ alors $w_{\text{soil/water,m}} = 0,5$; - si $\theta_{e,m} - \theta_{\text{soil,m}} > 2$ alors $w_{\text{soil/water,m}} = 1$;	
où :		
$\theta_{e,m}$	la température extérieure moyenne mensuelle, selon le Tableau 1, en °C ;	
$\theta_{\text{soil,m}}$	la température moyenne mensuelle du sol définie en fonction de la profondeur des conduites, telle que déterminée au B.2.2, en °C.	

B.2.2 Température de référence pour l'abaissement de température maximal $\theta_{\text{precool,ref,max,m}}$

La température de référence pour la détermination de la performance de l'échangeur de chaleur sol-eau est donnée par :

$$\theta_{\text{precool,ref,max,m}} = \frac{1}{1 - \frac{0.34 \cdot \sum \dot{V}_{\text{hygseci,k}}}{1160 \dot{V}_w} + \frac{1}{e_{\text{wt}} - 1}} \left(\frac{e_{\text{wt}} \theta_{\text{soil,m}}}{e_{\text{wt}} - 1} - \frac{0.34 \cdot \sum \dot{V}_{\text{hygseci,k}}}{1160 \dot{V}_w} \theta_{eV,\text{cool,m}} \right) \quad [^{\circ}\text{C}]$$

avec :

$\dot{V}_{\text{hygseci,k}}$	le débit partiel k du débit de conception d'alimentation en air neuf qui passe à travers l'échangeur de chaleur sol-eau dans le secteur énergétique i, en m³/h ;
$\dot{V}_w$	le débit d'eau à travers l'échangeur de chaleur sol-eau, en m³/h ;
e_{wt}	l'efficacité de l'échangeur de chaleur sol-eau, telle que déterminée ci-dessous ;
$\theta_{\text{soil,m}}$	la température moyenne mensuelle du sol définie en fonction de la profondeur des conduites, telle que déterminée ci-dessous, en °C ;
$\theta_{eV,\text{cool,m}}$	la valeur de calcul conventionnelle pour la température de l'air neuf pour la ventilation hygiénique lors des calculs de refroidissement déterminée selon Tableau 1, en °C ;

Il faut faire la somme sur tous les débits partiels k et sur tous les secteurs énergétiques i de la zone de ventilation z.

Pour la détermination de la température moyenne mensuelle du sol $\theta_{\text{soil,m}}$, il faut faire une distinction entre les conduites du sol horizontales et verticales :

- conduites horizontales : déduire la température moyenne mensuelle du sol du Tableau 30 ;
- conduites verticales : déterminer la température moyenne mensuelle du sol suivant la formule suivante :

$\theta_{\text{soil},m} = \frac{\theta_{\text{soil},1\text{m},m} + \theta_{\text{soil},2\text{m},m} + \theta_{\text{soil},3\text{m},m} + \theta_{\text{soil},4\text{m},m} + \theta_{\text{soil},5\text{m},m} \cdot (L_{\text{soil}/\text{water}} - 4)}{L_{\text{soil}/\text{water}}} \quad [^{\circ}\text{C}]$	
avec :	
$\theta_{\text{soil},1\text{m},m}$, $\theta_{\text{soil},2\text{m},m}$ $\theta_{\text{soil},3\text{m},m}$, $\theta_{\text{soil},4\text{m},m}$ $\theta_{\text{soil},5\text{m},m}$	la température moyenne mensuelle du sol à respectivement 1, 2, 3, 4 et 5 m de profondeur, déduite du Tableau 30, en $^{\circ}\text{C}$;
$L_{\text{soil}/\text{water}}$	la profondeur maximale de la conduite dans le sol, en m.

Tableau 30 - Température moyenne du sol pour la détermination du $\theta_{\text{soil},m}$

	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Déc
0,5 m	4,2	4,3	5,8	8,8	12,1	15,1	16,8	16,8	15,0	12,1	8,7	5,9
1,0 m	5,4	5,0	6,0	8,2	11,0	13,8	15,5	16,0	14,9	12,7	9,8	7,2
2,0 m	7,5	6,5	6,6	7,8	9,6	11,7	13,5	14,5	14,3	13,2	11,3	9,2
3,0 m	9,0	7,9	7,6	7,9	9,0	10,5	11,9	13,1	13,4	13,1	11,9	10,5
4,0 m	10,0	9,0	8,5	8,4	8,9	9,8	10,9	11,9	12,5	12,6	12,1	11,2
> 5 m	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0

Pour les profondeurs intermédiaires, la table doit être interpolée.

L'efficacité de l'échangeur de chaleur sol-eau est donnée par :

$$e_{\text{wt}} = 1 - e^{-\frac{\alpha_{\text{wt}} A_{\text{wt}}}{1160 \dot{V}_{\text{w}}}} \quad [-]$$

avec :

α_{wt} le coefficient de transmission thermique des conduites dans l'échangeur de chaleur sol-eau, tel que déterminé ci-dessous, en $\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$;

A_{wt} la surface d'échange des conduites, telle que déterminée ci-dessous, en m^2 ;

$\dot{V}_{\text{w}}$ le débit d'eau à travers l'échangeur de chaleur sol-eau, en m^3/h .

Le coefficient de transmission thermique des conduites α_{wt} est déterminé suivant :

$$\alpha_{\text{wt}} = \left(\frac{1}{\alpha_i} + \frac{\ln\left(\frac{(D_{\text{tube}} + 2t_{\text{tube}})/D_{\text{tube}}}{D_{\text{tube}}}\right)}{2\lambda_{\text{tube}}/D_{\text{tube}}} + \frac{\ln\left(\frac{(D_{\text{tube}} + 2t_{\text{soil}})/(D_{\text{tube}} + 2t_{\text{tube}})}{D_{\text{tube}}}\right)}{2\lambda_{\text{soil}}/D_{\text{tube}}} \right)^{-1} \quad [\text{W}/\text{m}^2\text{K}]$$

avec :

α_i le coefficient de convection interne de l'écoulement dans la conduite de l'échangeur de chaleur pour le pré-refroidissement, tel que déterminé ci-dessous, en $\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$;

t_{soil} l'épaisseur du massif de terre autour de la conduite considérée, telle que déterminée ci-dessous, en m ;

D_{tube} le diamètre intérieur de la conduite, en m ;

t_{tube} l'épaisseur de la paroi de la conduite, en m ;

λ_{tube} la conductivité thermique de la conduite, en $\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$;

λ_{soil} la conductivité thermique du sol, considérée égale à 2, en $\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$.

Le coefficient de convection interne est donné par :

Pour l'eau :	$[\text{W}/\text{m}^2\text{K}]$
--------------	---------------------------------

$\alpha_i = 0.58 \frac{Nu}{D_{\text{tube}}}$ Pour une solution eau/glycol (tous les types): $\alpha_i = 0.43 \frac{Nu}{D_{\text{tube}}}$	
avec :	
$Nu = (Nu_{\text{lam}}^5 + Nu_{\text{turb}}^5)^{1/5}$	
Et	
$Nu_{\text{lam}} = \left[3.66^3 + 1.61^3 \cdot \left(\frac{Re \cdot Pr \cdot D_{\text{tube}}}{L_{\text{tube}}} \right) \right]^{1/3}$	
$Nu_{\text{turb}} = \frac{f_{\text{turb}} \cdot (Re - 1000) \cdot Pr}{2 \cdot \left(1 + 12.7 \cdot \sqrt{\frac{f_{\text{turb}}}{2}} \cdot (Pr^{2/3} - 1) \right)}$	
$f_{\text{turb}} = (1.58 \cdot \ln Re - 3.28)^{-2}$	
Pour l'eau : $Re = 996200 \frac{4}{3600\pi n_{\text{tube}} D_{\text{tube}}} \dot{V}_w$ Pr = 7 Pour une solution eau/glycol (tous les types) : $Re = 624200 \frac{4}{3600\pi n_{\text{tube}} D_{\text{tube}}} \dot{V}_w$ Pr = 12,5	

L'épaisseur du massif de terre autour de la conduite considérée, t_{soil} , est donnée par :

$$t_{\text{soil}} = \frac{p_{\text{tube}} - D_{\text{tube}}}{2} \quad \text{si } p_{\text{tube}} - D_{\text{tube}} < 0,5$$

$$t_{\text{soil}} = 0,25 \quad \text{si } p_{\text{tube}} - D_{\text{tube}} \geq 0,5$$

avec :

p_{tube} la distance entre les conduites parallèles, en m ;

D_{tube} le diamètre intérieur de la conduite, en m.

La surface d'échange des conduites A_{wt} est donnée par :

$A_{\text{wt}} = \pi \cdot D_{\text{tube}} \cdot L_{\text{tube}} \cdot n_{\text{tube}}$	[m ²]
avec :	
D_{tube}	le diamètre intérieur de la conduite, en m ;
L_{tube}	la longueur de la conduite, en m ;
n_{tube}	het aantal buizen in parallel (-).

B.3 Refroidissement par évaporation

Le refroidissement par évaporation (ou refroidissement adiabatique) consiste en principe d'une méthode qui refroidit l'air de ventilation d'un bâtiment par injection de l'eau. Il existe de nombreuses variantes de cette technologie, avec des prétraitements et des techniques de récupération différentes. La performance des systèmes de refroidissement par évaporation est fortement variable en fonction du type de conception de ces systèmes.

Si de l'eau ordinaire est injectée dans l'air de ventilation amené ou l'air de ventilation extrait, alors la méthode suivante peut être appliquée.

Pour tous les autres systèmes plus complexes, le facteur $r_{\text{precool},j,m}$ devra être déterminé sur base du principe d'équivalence.

B.3.1 Efficacité e_{precool} du système de pré-refroidissement

Pour du refroidissement par évaporation, la valeur par défaut pour l'efficacité vaut :

$e_{\text{precool},m} = 0.8 \cdot w_{\text{evap},m}$		[-]
avec :		
$w_{\text{evap},m}$	un facteur mensuel qui tient compte du temps de fonctionnement du refroidissement par évaporation (-) :	
	si $Q_{\text{cool,net},m} \leq 0$ alors $w_{\text{evap},m} = 0$	
	si $Q_{\text{cool,net},m} > 0$ alors $w_{\text{evap},m} = 1$	
où :		
$Q_{\text{cool,net},m} = \sum Q_{\text{cool,net,secl},m}$		[MJ]
avec:		
$Q_{\text{cool,net,secl},m}$	les besoins mensuels nets en énergie pour le refroidissement d'un secteur énergétique l, déterminés sans prendre en compte le système de refroidissement par évaporation considéré, en MJ.	

Il faut faire la somme sur tous les secteurs énergétiques l de l'unité PEB qui sont reliés au refroidissement par évaporation.

B.3.2 Température de référence pour l'abaissement de température maximal $\theta_{\text{precool,ref,max},m}$

Si de l'eau ordinaire est injectée dans l'air de ventilation amené ou l'air de ventilation extrait, alors la température de référence est la température humide du débit d'air concerné. La valeur par défaut de $\theta_{\text{precool,ref,max},m}$ est égale à la température moyenne mensuelle humide, donnée au Tableau 31.

Tableau 31 - Température mensuelle moyenne humide

	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Déc
°C	1,9	1,7	3,0	5,9	9,3	12,7	14,6	14,7	12,0	9,7	4,8	2,3

Vu pour être annexé à l'arrêté du Gouvernement wallon du 12 décembre 2013 modifiant, en ce qui concerne la performance énergétique des bâtiments, le Code wallon de l'Aménagement du Territoire, de l'Urbanisme, du Patrimoine et de l'Energie.

Namur, le 12 décembre 2013.

Le Ministre-Président,

R. DEMOTTE

Le Ministre du Développement durable et de la Fonction publique,

J-M. NOLLET