Annexe II

MÉTHODE DE DÉTERMINATION DU NIVEAU DE CONSOMMATION D'ÉNERGIE PRIMAIRE DES IMMEUBLES DE BUREAUX ET DE SERVICES ET DES BATIMENTS DESTINES A L'ENSEIGNEMENT (Méthode PEN)

Table des matières

1 INTRODUCTION

2 DÉFINITION DE LA SURFACE D'UTILISATION

3 SCHÉMATISATION DU BÂTIMENT

3.1 Principe
3.2 Subdivision du bâtiment
3.3 Subdivision de l'unité PEN' en secteurs énergétiques
3.3.1 Principe
3.3.2 Subdivision en secteurs énergétiques

4 NIVEAU DE CONSOMMATION D'ÉNERGIE PRIMAIRE

5 BESOIN NET EN ÉNERGIE POUR LE CHAUFFAGE DES LOCAUX, LE REFROIDISSEMENT ET L'HUMIDIFICATION

5.1 Principe
5.2 Besoin mensuel net en énergie pour le chauffage par secteur énergétique

5.3 Besoin mensuel net en énergie pour le refroidissement par secteur énergétique
5.4 Coefficient de transfert thermique par transmission par secteur énergétique
5.5 Coefficient de transfert thermique par ventilation et in/exfiltration par secteur énergétique
5.5.1 Principe
5.5.2 Règle de calcul
5.5.3 Détermination du débit d'in/exfiltration
5.5.4 Facteur de réduction à la suite du préchauffage
5.5.5 Fraction de temps pendant laquelle la ventilation est en service
5.6 Production interne de chaleur
5.7 Gains de chaleur solaires
5.8 Capacité thermique effective
5.8.1 Principe
5.8.2 Capacité thermique effective sur base de la masse du plancher
5.8.3 Capacité thermique effective sur base d'un calcul
5.9 Besoin mensuel net en énergie pour l'humidification

6 BESOINS BRUTS EN ÉNERGIE POUR LE CHAUFFAGE ET LE REFROIDISSEMENT

6.1 Principe
6.2 Détermination des besoins bruts en énergie pour le chauffage et le refroidissement
6.3 Rendements du système de chauffage et de refroidissement
6.4 Fractions des besoins nets en énergie pour le chauffage et le refroidissement
6.4.1 Fraction des besoins nets en énergie pour le refroidissement
6.4.2 Fraction des besoins nets en énergie pour le chauffage

7 CONSOMMATION FINALE D'ÉNERGIE POUR LE CHAUFFAGE, LE REFROIDISSEMENT ET L'HUMIDIFICATION

7.1 Principe
7.2 Consommation finale mensuelle d'énergie pour le chauffage, le refroidissement et l'humidification
7.2.1 Chauffage et humidification
7.2.2 Refroidissement
7.3 Répartition des besoins bruts en énergie entre générateurs préférentiels et non préférentiels
7.3.1 Chauffage
7.3.2 Refroidissement
7.4 Rendements de production pour le chauffage et le refroidissement
7.4.1 Rendement de production pour le chauffage
7.4.2 Rendement de production pour le refroidissement

8 CONSOMMATION D'ÉNERGIE AUXILIAIRE DES VENTILATEURS, POMPES ET VEILLEUSES

8.1 Consommation d'électricité des ventilateurs affectés à la ventilation et à la circulation
8.1.1 Principe

8.1.2 Consommation d'électricité des ventilateurs
8.1.3 Consommation d'électricité pour les ventilateurs par secteur énergétique à l'aide de valeurs par défaut
8.1.4 Consommation d'électricité pour les ventilateurs par secteur énergétique sur base des puissances installées réelles
8.1.5 Fraction du temps pendant laquelle les ventilateurs sont en service
8.2 Consommation d'électricité des circulateurs
8.2.1 Principe
8.2.2 Règle de calcul
8.2.3 Facteurs de réduction pour la régulation appliquée aux circulateurs
8.3 Consommation d'énergie des veilleuses

9 CONSOMMATION D'ÉNERGIE POUR L'ÉCLAIRAGE

9.1 Principe
9.2 Consommation d'électricité pour l'éclairage
9.3 Consommation d'électricité pour l'éclairage sur base des valeurs par défaut
9.4 Consommation d'électricité pour l'éclairage sur base de la puissance réellement installée
9.4.1 Principe
9.4.2 Détermination de la variable auxiliaire $L_{rm\ r}$
9.4.3 Détermination de la consommation d'électricité par secteur énergétique
9.4.4 Valeur de calcul de la puissance par espace
9.4.5 Distinction entre la partie dite « éclairée naturellement » et la partie éclairée artificiellement

10 CONSOMMATION D'ÉNERGIE PRIMAIRE

10.1 Principe
10.2 La consommation caractéristique annuelle d'énergie primaire
10.3 La consommation d'énergie primaire pour le chauffage et le refroidissement
10.4 La consommation d'énergie primaire des auxiliaires
10.5 La consommation d'énergie primaire pour l'éclairage
10.6 L'économie d'énergie primaire réalisée grâce à l'électricité produite par une cogénération sur site

ANNEXE A : COGÉNÉRATION

A.1. Principe
A.2. Détermination du rendement de conversion électrique et thermique de la cogénération
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
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

A.3. Détermination de la consommation mensuelle d'énergie finale par une installation de cogénération sur site dans une 'unité PEB'

A.3.1. Règle de calcul

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

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

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

A.4. Détermination de la quantité d'électricité produite par une installation de cogénération dans une 'unité PEB'

A.5. Détermination de la variable auxiliaire X_m pour calculer la fraction mensuelle couverte par l'installation de cogénération sur site (dans une 'unité PEB', PER ou PEN)

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

1 Introduction

Cette annexe présente la méthode de détermination du niveau de consommation d'énergie primaire des immeubles de bureaux et de services et des bâtiments destinés à l'enseignement.

La structure globale de la méthode est analogue à celle appliquée aux bâtiments résidentiels : voir le chapitre 4 de l'annexe I au présent Arrêté (Méthode de détermination du niveau de consommation d'énergie primaire des bâtiments résidentiels).

On trouvera une liste des références normatives au chapitre 1 de l'annexe I au présent Arrêté.

2 Définition de la surface d'utilisation

La surface d'utilisation d'un espace ou d'un groupe d'espaces est la surface, mesurée au niveau du sol, délimitée par les parois verticales qui enveloppent l'espace ou le groupe d'espaces. Pour les escaliers et les planchers en pente, on prend en considération leur projection verticale sur le plan horizontal.

La détermination de la surface d'utilisation ne tient pas compte de :

- une cage d'escalier, une cage d'ascenseur ou un vide ;
- un mur portant intérieur.

Lors de la détermination de la limite, on peut ne pas tenir compte d'une réservation ou d'un renfoncement secondaire, ni d'un élément de construction en saillie secondaire, si sa surface au sol est inférieure à 0.5 m^2.

3 Schématisation du bâtiment

3.1 Principe

La performance énergétique concerne souvent un sous-volume d'un bâtiment, selon, par exemple, que les espaces sont chauffés (et/ou refroidis) ou non, selon la destination des différentes parties, etc. C'est pourquoi, pour déterminer la performance énergétique, on subdivise par convention le bâtiment en différentes parties. Chaque sous-volume qui doit satisfaire en soi à une exigence de performance énergétique relative à un bâtiment non-résidentiel, est appelé 'unité PEN'. Au besoin, on procède à une subdivision supplémentaire en zones de ventilation et secteurs énergétiques afin de pouvoir calculer correctement différents types d'installations dans les calculs.

Remarque : la subdivision de l'ensemble du bâtiment considéré pour la détermination de la performance énergétique peut différer de la division à réaliser éventuellement pour l'exigence (les exigences) d'isolation thermique globale (destination industrielle ou non industrielle des différentes parties du bâtiment). Une autre subdivision peut encore s'appliquer pour la conception des dispositifs de ventilation (voir annexes V et VI au présent Arrêté) : le cas échéant, il faut distinguer les parties de bâtiment à destination résidentielle des parties de bâtiment à destination non-résidentielle.

3.2 Subdivision du bâtiment

On considère l'ensemble du bâtiment ou l'ensemble de l'extension (d'un bâtiment existant) et l'on procède successivement aux subdivisions suivantes :

- on définit le volume protégé (VP). Le VP doit comprendre au moins tous les espaces chauffés du bâtiment considéré ou de l'extension envisagée qui sont équipés d'éléments de chauffe et/ou de refroidissement (radiateurs, chauffage sol, bouches d'amenée d'air chaude, ventilo-convecteurs, etc.) ;
- on divise le volume protégé, selon le cas, en 1 ou plusieurs parties ayant chacune une des destinations suivantes :
  - partie de bâtiment destinée au logement : les exigences en matière de performance énergétique relatives aux bâtiments résidentiels sont d'application (voir annexe I au présent Arrêté) ;
  - destinations non résidentielles auxquelles s'appliquent des exigences de performance énergétique ;
  - autres destinations.

- on considère la partie du volume protégé pour laquelle les exigences de performance énergétique relatives aux bâtiments non-résidentiels sont d'application. Ce (sous-)volume est défini par la suite comme l' 'unité PEN'. Seule la consommation d'énergie de cette partie du bâtiment sera prise en considération dans la présente méthode de détermination. On divise ce volume, si nécessaire ou souhaité, en plusieurs zones de ventilation et secteurs énergétiques, tel que décrit au paragraphe suivant.

Remarque : Les espaces du bâtiment examiné ou de l'extension examinée qui ne sont pas repris dans le volume protégé sont donc non chauffés par définition.

IMPORTANT :

Espaces adjacents chauffés

Dans le cadre de cette réglementation, on peut toujours partir de l'hypothèse que tous les espaces des bâtiments adjacents existants sont des espaces chauffés (même si ce n'est pas nécessairement le cas physiquement).

Lors de la détermination de la performance énergétique, on suppose qu'aucun flux de chaleur n'a lieu à travers les parois mitoyennes avec des espaces adjacents chauffés.

En dehors de ces parois mitoyennes avec des espaces adjacents chauffés, on tient bien compte, dans la détermination de la performance énergétique, des flux par transmission à travers toutes les autres parois du volume protégé, **même si ces parties de l'enveloppe donnent sur une parcelle adjacente.**

Absence de système de chauffage

Si l''unité PEN' n'est pas chauffée, c.-à-d. si aucun espace de l''unité PEN' n'est équipé d'un système de chauffage, alors par convention il faut considérer dans chaque espace, un chauffage local par convecteur électrique, avec régulation électronique.

3.3 Subdivision de l'unité PEN' en secteurs énergétiques

3.3.1 Principe

Pour que différents espaces puissent former ensemble un secteur énergétique, ils doivent :

- faire partie de la même zone de ventilation ;
- être équipés du même type de système de chauffage et de refroidissement ;
- être chauffés au moyen d'appareils producteurs de chaleur ayant le même rendement de production (ou, le cas échéant, au moyen d'une combinaison

de plusieurs appareils de production de chaleur ayant le même rendement en tant que groupe).

Le cas échéant, les appareils (ou la combinaison d'appareils) producteurs de froid d'un secteur énergétique doivent avoir le même rendement de production.

Cette subdivision formelle permet de calculer correctement l'incidence des différents rendements partiels.

3.3.2 Subdivision en secteurs énergétiques

On distingue 4 types différents de systèmes de ventilation (voir aussi annexe VI au présent Arrêté) :

- ventilation naturelle ;
- ventilation mécanique simple flux par insufflation ;
- ventilation mécanique simple flux par extraction ;
- ventilation mécanique double flux.

Si des installations de ventilation indépendantes sont présentes dans différentes parties fermées du bâtiment, de type différent selon la subdivision ci-dessus, chacune de ces parties du bâtiment constitue une zone de ventilation. Un secteur énergétique ne peut pas s'étendre sur différentes zones de ventilation. Il y a donc toujours au moins autant de secteurs énergétiques que de zones de ventilation.

Si dans un local un appareil de chauffage individuel est installé (p.ex. appareil de chauffage par résistances électriques) et également un appareil d'émission de chaleur appartenant à une installation de chauffage centrale, lors de la détermination de la performance énergétique l'installation de chauffage centrale de ce local n'est pas considérée : seules les performances du système individuel sont prises en compte.Dans le cas des feux ouverts et poêles à bois c'est toutefois le système de chauffage central qui est considéré.Il faudra éventuellement procéder à une nouvelle subdivision pour que chaque secteur ne soit équipé que d'un système de chauffage et de refroidissement selon la subdivision du chapitre 6.3 et que tous les appareils producteurs de chaleur (ou leur combinaison) aient le même rendement de production selon chapitre 7.4. Dans le cas d'un refroidissement actif du secteur énergétique, les appareils (ou la combinaison d'appareils) producteurs de froid doivent avoir le même rendement de production selon chapitre 7.4, sinon il faut subdiviser davantage le secteur.

Il est permis, mais pas obligatoire, de subdiviser l' 'unité PEN' en davantage de secteurs énergétiques. Un plus grand nombre de secteurs énergétiques donne habituellement lieu à plus de calculs (nécessité de données d'entrée supplémentaires), mais n'influence peu ou pas la valeur calculée de la consommation caractéristique annuelle d'énergie.

S'il y a dans l' 'unité PEN' des espaces qui ne sont pas équipés d'un système d'émission de chaleur (par exemple W.-C., couloirs, rangements...), ils doivent être affectés à un secteur énergétique d'un espace contigu. Si, dans l'espace non chauffé considéré, il n'y a pas de dispositifs d'amenée d'air frais extérieur mais qu'il y a des dispositifs d'amenée d'air depuis d'autres espaces (il s'agit, par exemple, d'un espace de passage ou d'évacuation, ou par exemple d'un rangement), on affecte l'espace au secteur (à 1 des secteurs) énergétique(s) d'où le local considéré est approvisionné en air fourni.

On détermine la consommation caractéristique et de référence de l' 'unité PEN' selon la présente méthode de détermination.

4 Niveau de consommation d'énergie primaire

Le niveau de consommation d'énergie primaire de l' 'unité PEN' est donné par le rapport entre la consommation caractéristique annuelle d'énergie primaire de l' 'unité PEN' et une valeur de référence, multiplié par 100 :

$$E_w = 100 \frac{E_{\text{char ann prim en cons}}}{E_{\text{char ann prim en cons,ref}}}$$

où :

E_w	le niveau de consommation d'énergie primaire de l' 'unité PEN' ;
$E_{\text{char ann prim en cons}}$	la consommation caractéristique annuelle d'énergie primaire de l' 'unité PEN', calculée selon 10.2, en MJ ;
$E_{\text{char ann prim en cons,ref}}$	la valeur de référence pour la consommation caractéristique annuelle d'énergie primaire, en MJ.

Le résultat doit être arrondi à l'unité supérieure.

La valeur de référence pour la consommation caractéristique annuelle d'énergie primaire est donnée par :

$$E_{\text{char ann prim en cons, ref}} = b_1 \times A_f + b_2 \times A_{T,E}$$

$$+ b_3 \times \sum_r \dot{V}_{\text{supply,min,rm r}} + b_4 \times \sum_r \left(\dot{V}_{\text{supply,rm r}} - \dot{V}_{\text{supply,min,rm r}}\right)$$

$$+ b_5 \times 10^{-3} \times \sum_r \left[L_{\text{rm r}}{}^{0.8} \times \left(t_{day} + t_{night}\right) \times A_{f,\text{rm r}}\right]$$

où :

b_1, b_2, b_3, b_4, b_5	constantes établies dans le texte principal du présent Arrêté ;
A_f	la surface totale d'utilisation de l' 'unité PEN' en m² ;
$A_{T,E}$	la surface totale de toutes les parois qui enveloppent l' 'unité PEN' et à travers desquelles des déperditions par transmission sont considérées lors de la détermination de la performance énergétique[1] (voir aussi 3.2), en m² ;
$\dot{V}_{\text{supply,min,rm r}}$	le débit d'alimentation minimal de conception, tel qu'imposé par l'annexe VI au présent Arrêté, conformément au taux d'occupation de conception, dans l'hypothèse où l'on ne fume pas et où le bâtiment est peu polluant, en

[1] Par conséquent, seules les constructions qui constituent la séparation entre le 'volume PEN' et les espaces contigus chauffés, ne sont pas prises en considération dans la détermination de $A_{T,E}$.

	m^3/h. Pour les locaux spéciaux visés au chapitre 6.3 de l'annexe VI au présent Arrêté, on considère $\dot{V}_{supply,min,rm\ r}$ égal à $\dot{V}_{supply,rm\ r}$;
$\dot{V}_{supply,rm\ r}$	le débit de conception d'alimentation en air neuf de l'espace r pour lequel l'installation a été conçue, et tel qu'utilisé pour le calcul au 5.5, en m^3/h ;
$L_{rm\ r}$	une variable auxiliaire adimensionnelle pour l'espace r telle que déterminée au 9.3 ou au 9.4.2 ;
t_{day}	le nombre conventionnel d'heures d'utilisation par an de l'éclairage du secteur énergétique dans lequel l'espace se situe, pendant la période diurne, repris au Tableau 15 du 9.4.3, en h ;
t_{night}	le nombre, conventionnel d'heures d'utilisation par an de l'éclairage du secteur énergétique dans lequel l'espace se situe, pendant la période nocturne, repris au Tableau 15 du 9.4.3, en h ;
$A_{f,rm\ r}$	la surface d'utilisation de l'espace r, telle qu'utilisée au 9, en m^2.

Il faut faire une sommation sur tous les espaces r de l'unité PEN'.

5 Besoin net en énergie pour le chauffage des locaux, le refroidissement et l'humidification

5.1 Principe

Le besoin net en énergie pour le chauffage ou le refroidissement est calculé par secteur énergétique pour tous les mois de l'année. A cette fin, on détermine chaque fois les déperditions mensuelles totales par transmission et par ventilation à une température conventionnelle, ainsi que les gains mensuels totaux par gains de chaleur internes et solaires. On établit ensuite le bilan énergétique mensuel à l'aide du taux d'utilisation des gains de chaleur.

Le besoin net en énergie pour le refroidissement est toujours calculé, même si l'on n'installe pas de refroidissement actif. Dans ce cas, on applique un facteur de pondération de 1.0. Par contre, dans le cas où l'on installe un refroidissement actif, le facteur de pondération est de 1.5.

Si les installations du bâtiment comprennent des dispositifs destinés à humidifier l'air neuf introduit dans (une partie de) l' 'unité PEN', on détermine la quantité d'énergie de vaporisation mensuelle nécessaire par humidificateur, compte tenu d'une éventuelle récupération d'humidité de l'air repris.

Tableau 1 - Valeurs mensuelles pour la longueur du mois, la température extérieure moyenne et la valeur de calcul pour la température de l'air neuf lors du calcul du besoin en énergie pour le refroidissement.

Mois	Longueur du mois[2]	Température extérieure moyenne mensuelle	Valeur de calcul pour la température de l'air neuf lors des calculs de refroidissement
	t_m (Ms)	$\theta_{e,m}$ (°C)	$\theta_{e,V,cool,m}$ (°C)
janvier	2.6784	3.2	16.0
février	2.4192	3.9	16.0
mars	2.6784	5.9	16.0
avril	2.5920	9.2	16.0
mai	2.6784	13.3	16.0
juin	2.5920	16.2	18.2
juillet	2.6784	17.6	19.6
août	2.6784	17.6	19.6
septembre	2.5920	15.2	17.2
octobre	2.6784	11.2	16.0
Novembre	2.5920	6.3	16.0
Décembre	2.6784	3.5	16.0

Tableau 2 - Température intérieure à utiliser lors de la détermination du besoin en énergie pour le chauffage des locaux et le refroidissement

Destination	Chauffage	Refroidissement
	$\theta_{i,heat}$ (°C)	$\theta_{i,cool}$ (°C)
Bureau Ecole	19	23

Tableau 3 - Paramètres numériques pour la détermination du taux d'utilisation

Destination	Chauffage		Refroidissement	
	$a_{0,heat}$ (-)	$\tau_{0,heat}$ (h)	$b_{0,cool}$ (-)	$\tau_{0,cool}$ (h)
Bureau Ecole	0.80	70	1.83	83

[2] 1 Ms, 1 Megaseconde, équivaut à 1 million de secondes.

5.2 Besoin mensuel net en énergie pour le chauffage par secteur énergétique

On détermine le besoin mensuel net en énergie pour le chauffage par secteur énergétique comme suit :

$$Q_{heat,net,sec\ i,m} = Q_{L,heat,sec\ i,m} - \eta_{util,heat,sec\ i,m} \cdot Q_{g,heat,sec\ i,m}$$

où :

$$Q_{L,heat,sec\ i,m} = Q_{T,heat,sec\ i,m} + Q_{V,heat,sec\ i,m}$$

$$Q_{g,heat,sec\ i,m} = Q_{i,heat,sec\ i,m} + Q_{s,heat,sec\ i,m}$$

et où :

$Q_{heat,net,sec\ i,m}$ le besoin net en énergie pour le chauffage du secteur énergétique i pour le mois m, en MJ ;

$Q_{L,heat,sec\ i,m}$ la déperdition de chaleur mensuelle par transmission et ventilation du secteur énergétique i pour le calcul du chauffage, en MJ ;

$\eta_{util,heat,sec\ i,m}$ le taux d'utilisation mensuel pour le gain de chaleur du secteur énergétique i pour les calculs de chauffage, tel que déterminé ci-après (-) ;

$Q_{g,heat,sec\ i,m}$ les gains de chaleur mensuels par ensoleillement et par production interne de chaleur du secteur énergétique i pour les calculs de chauffage, en MJ ;

$Q_{T,heat,sec\ i,m}$ la déperdition de chaleur mensuelle par transmission du secteur énergétique i pour les calculs de chauffage, tel que déterminé ci-après, en MJ ;

$Q_{V,heat,sec\ i,m}$ la déperdition de chaleur mensuelle par ventilation du secteur énergétique i pour les calculs de chauffage, tel que déterminée ci-après, en MJ ;

$Q_{i,heat,sec\ i,m}$ la production de chaleur interne mensuelle du secteur énergétique i pour les calculs de chauffage, déterminée selon 5.6, en MJ ;

$Q_{s,heat,sec\ i,m}$ le gain de chaleur solaire mensuel du secteur énergétique i pour les calculs de chauffage, déterminé selon 5.7, en MJ ;

et $$Q_{T,heat,sec\ i,m} = H_{T,heat\ seci} \cdot (\theta_{i,heat} - \theta_{e,m}) \cdot t_m$$

$$Q_{V,heat,sec\ i,m} = H_{V,heat,sec\ i} \cdot (\theta_{i,heat} - \theta_{e,m}) \cdot t_m$$

où :

$\theta_{i,heat}$ la température intérieure moyenne établie par convention pour la détermination du besoin énergétique pour le chauffage, reprise au Tableau 2, en °C ;

$\theta_{e,m}$ la température extérieure moyenne mensuelle, reprise au Tableau 1, en °C ;

t_m la durée du mois, reprise au Tableau 1, en Ms ;

$H_{T,heat,seci}$ le coefficient de transfert thermique par transmission du secteur énergétique i pour le mois m, en W/K, déterminée selon 5.4 ;

$H_{V,heat,sec\ i}$ le coefficient de transfert thermique par in/exfiltration et ventilation volontaire du secteur énergétique i pour les calculs de chauffage, en W/K, déterminée selon 5.5.

Le taux d'utilisation pour les gains de chaleur est déterminé par mois à l'aide de la masse accessible à la chaleur et du rapport entre gain de chaleur et déperdition de chaleur. On calcule le taux d'utilisation pour le chauffage par secteur énergétique par mois, $\eta_{util,heat,sec\ i,m}$, comme suit :

- si $\gamma_{sec\ i,m}$ est supérieur ou égal à 2.5 :

$$\eta_{util,heat,sec\ i,m} = 1/\gamma_{sec\ i,m}$$

- si $\gamma_{sec\ i,m}$ est inférieur à 2.5 :

$$\eta_{util,heat,sec\ i,m} = \frac{1-(\gamma_{sec\ i,m})^{a}}{1-(\gamma_{sec\ i,m})^{a+1}} \qquad \text{si } \gamma \neq 1$$

$$\eta_{util,heat,sec\ i,m} = \frac{a}{a+1} \qquad \text{si } \gamma = 1$$

où le rapport mensuel gain-déperdition par secteur énergétique, $\gamma_{sec\ i,m}$, est défini comme :

$$\gamma_{sec\ i,m} = \frac{Q_{g,heat,sec\ i,m}}{Q_{L,heat,sec\ i,m}}$$

et où le paramètre numérique a relatif au secteur énergétique i est donné par :

$$a = a_{0,heat} + \frac{\tau_{heat,sec\ i,m}}{\tau_{0,heat}}$$

avec, comme constante de temps mensuelle pour le chauffage du secteur énergétique i, $\tau_{heat,sec\ i,m}$, en h :

$$\tau_{heat,seci,m} = \frac{C_{seci}}{3.6(H_{T,heat,seci} + H_{V,heat,seci})}$$

où :

$a_{0,heat}$ une constante, reprise au Tableau 3 (-) ;

$\tau_{0,heat}$ une constante, reprise au Tableau 3 (h) ;

$C_{sec\ i}$ la capacité thermique effective du secteur énergétique i, en KJ/K, déterminée selon 5.8 ;

$H_{T,heat,seci}$ le coefficient de transfert thermique par transmission du secteur énergétique i pour le mois considéré, en W/K, déterminée selon 5.4 ;

$H_{V,heat,seci}$ le coefficient transfert thermique par in/exfiltration et ventilation volontaire du secteur énergétique i, en W/K, déterminée selon 5.5.

5.3 Besoin mensuel net en énergie pour le refroidissement par secteur énergétique

On détermine le besoin mensuel net en énergie pour le refroidissement par secteur énergétique comme suit :

$$Q_{cool,net,sec\ i,m} = 1.1\ w\ (Q_{g,cool,sec\ i,m} - \eta_{util,cool,sec\ i,m} \cdot Q_{L,cool,sec\ i,m})$$

où

$$Q_{g,cool,sec\ i,m} = Q_{i,cool,sec\ i,m} + Q_{s,cool,sec\ i,m}$$

$$Q_{L,cool,sec\ i,m} = Q_{T,cool,sec\ i,m} + Q_{V,cool,sec\ i,m}$$

et où :

$Q_{cool,net,sec\ i,m}$ le besoin mensuel net en énergie pour le refroidissement du secteur énergétique i, en MJ ;

w un facteur de pondération, à prendre par convention comme égal à :
si un refroidissement actif est installé : w = 1.5 ;
si aucun refroidissement actif n'est installé : w = 1.0 ;

$Q_{g,cool,sec\ i,m}$ le gain de chaleur mensuel du secteur énergétique i par ensoleillement et production interne de chaleur pour les calculs de refroidissement, en MJ ;

$\eta_{util,cool,sec\ i,m}$ le taux d'utilisation mensuel pour les déperditions de chaleur du secteur énergétique i pour les calculs de refroidissement, tel que déterminé ci-après (-) ;

$Q_{L,cool,sec\ i,m}$ la déperdition de chaleur mensuelle par transmission et ventilation du secteur énergétique i pour les calculs de refroidissement, en MJ ;

$Q_{T,cool,sec\ i,m}$ la déperdition de chaleur mensuelle par transmission du secteur énergétique i pour les calculs de refroidissement, tel que déterminée ci-après, en MJ ;

$Q_{V,cool,sec\ i,m}$ la déperdition de chaleur mensuelle par ventilation du secteur énergétique i pour les calculs de refroidissement, tel que déterminée ci-après, en MJ ;

$Q_{i,cool,sec\ i,m}$ la production mensuelle interne de chaleur du secteur énergétique i pour les calculs de refroidissement, déterminée selon 5.6, en MJ ;

$Q_{s,cool,sec\ i,m}$ le gain de chaleur solaire mensuel du secteur énergétique i pour les calculs de refroidissement, déterminé selon 5.7, en MJ ;

et

$$Q_{T,cool,seci,m} = H_{T,cool,seci} \cdot (\theta_{i,cool} - (\theta_{e,m} + \Delta\theta_{e,m})) . t_m$$

$$Q_{V,cool,seci,m} = H_{V,cool,sec\ i} \cdot (\theta_{i,cool} - \theta_{e,V,cool,m}) . t_m$$

où :

$\theta_{i,cool}$ la température intérieure moyenne établie par convention pour la détermination du besoin en énergie pour le refroidissement, reprise au Tableau 2, en °C ;

$\theta_{e,m}$ la température extérieure moyenne mensuelle, reprise au Tableau 1, en °C ;

$\Delta\theta_{e,m}$ une hausse de la température extérieure moyenne mensuelle pour le calcul du besoin net en énergie pour le refroidissement, égale par hypothèse à 2°C ;

$\theta_{e,V,cool,m}$ la valeur de calcul conventionnelle pour la température d'admission de l'air de ventilation pour les calculs de refroidissement, reprise au Tableau 1, en °C ;

t_m la durée du mois, reprise au Tableau 1, en Ms ;

$H_{T,ccol,seci}$ le coefficient de transfert thermique par transmission du secteur énergétique i pour les calculs de refroidissement, en W/K, déterminée selon 5.4 ;

$H_{V,cool,sec\ i}$ le coefficient de transfert thermique par in/exfiltration et ventilation volontaire du secteur énergétique i pour les calculs de refroidissement, en W/K, déterminée selon 5.5.

Remarque : dans le climat belge, le besoin de refroidissement dépend fortement des conditions atmosphériques du moment. Le besoin de refroidissement d'une année météorologique moyenne n'est pas égal au besoin de refroidissement moyen sur différentes années car les années chaudes pèsent relativement plus lourd. Les calculs tiennent compte de ce phénomène, en prenant des températures et un ensoleillement (voir aussi 5.7) quelque peu supérieurs à la moyenne au long de l'année.

Le taux d'utilisation pour les déperditions de chaleur est déterminé par mois à l'aide de la masse accessible à la chaleur et du rapport entre déperdition de chaleur et gain de chaleur.

On calcule le taux d'utilisation par secteur énergétique par mois, $\eta_{util,cool,sec\ i,m}$, comme suit :

- si $\lambda_{sec\ i,m}$ est supérieur ou égal à 2.5, on a :

$$\eta_{util,cool,sec\ i,m} = 1/\lambda_{sec\ i,m}$$

- si $\lambda_{sec\ i,m}$ est inférieur à 2.5, on a :

$$\eta_{util,cool,sec\ i,m} = \frac{1-\left(\lambda_{sec\ i,m}\right)^{b}}{1-\left(\lambda_{sec\ i,m}\right)^{b+1}} \qquad \text{si } \lambda \neq 1$$

$$\eta_{util,cool,sec\ i,m} = \frac{b}{b+1} \qquad \text{si } \lambda = 1$$

où le rapport mensuel déperdition-gain par secteur énergétique, $\lambda_{sec\ i,m}$, est défini comme :

$$\lambda_{sec\ i,m} = \frac{Q_{L,cool,sec\ i,m}}{Q_{g,cool,sec\ i,m}}$$

et où le paramètre numérique b relatif au secteur énergétique i est donné par :

$$b = b_{0,cool} + \frac{\tau_{cool,sec\ i,m}}{\tau_{0,cool}}$$

avec, comme constante de temps mensuelle pour le refroidissement du secteur énergétique i, $\tau_{cool,sec\ i,m}$, en h :

$$\tau_{cool,seci,m} = \frac{C_{seci}}{3.6\left(H_{T,cool,seci,m} + H_{V,cool,seci}\right)}$$

où :

$b_{0,cool}$	une constante, reprise au Tableau 3 (-) ;
$\tau_{0,cool}$	une constante, reprise au Tableau 3 (h) ;
$C_{sec\ i}$	la capacité thermique effective du secteur énergétique i, en KJ/K, déterminée selon 5.8 ;
$H_{T,cool,seci}$	le coefficient de transfert thermique par transmission du secteur énergétique i pour le mois considéré, en W/K, déterminée selon 5.4 ;
$H_{V,cool,sec\ i}$	le coefficient de transfert thermique par in/exfiltration et ventilation volontaire du secteur énergétique i pour les calculs de refroidissement, en W/K, déterminée selon 5.5.

5.4 Coefficient de transfert thermique par transmission par secteur énergétique

On détermine le coefficient de déperdition de chaleur par transmission du secteur énergétique i, $H_{T,heat,seci}$ et $H_{T,cool,seci}$ selon 7.7 de l' annexe I au présent Arrêté (méthode de détermination du niveau de consommation d'énergie primaire des bâtiments résidentiels). Les parois adjacentes à des espaces chauffés (autres secteurs énergétiques, autres parties du volume protégé en dehors de l'unité, bâtiments adjacents chauffés, etc.) n'entrent pas en ligne de compte.

Pour le calcul des besoins en refroidissement: si la prise en compte des nœuds constructifs se fait de manière forfaitaire (conformément à l'option C de l'annexe IV au présent Arrêté), alors ce supplément forfaitaire n'est pas considéré pour le calcul du $H_{T,cool,seci}$.

5.5 Coefficient de transfert thermique par ventilation et in/exfiltration par secteur énergétique

5.5.1 Principe

La réglementation (voir annexe VI au présent Arrêté) impose des débits de ventilation de conception minimaux par espace. Des débits de ventilation de conception plus élevés sont toujours autorisés. L'équipe de construction doit les établir clairement pour chaque espace. On distingue 4 sortes de systèmes de ventilation :

- ventilation naturelle ;
- ventilation mécanique simple flux par insufflation ;
- ventilation mécanique simple flux par extraction ;
- ventilation mécanique double flux.

Dans la suite du texte, les 3 dernières catégories sont définies collectivement comme ventilation mécanique.

En raison des règles qui régissent la délimitation des secteurs énergétiques (voir 3.3), il ne peut y avoir qu'une seule sorte de système de ventilation dans un même secteur énergétique.

Avant tout, il faut indiquer, pour chaque secteur énergétique, le débit de conception total d'alimentation en air neuf tel que défini dans les exigences relatives à la ventilation. Le cas échéant, les différents flux doivent être indiqués en précisant si du préchauffage (5.5.4) par récupération de chaleur est utilisé. Le débit de conception d'alimentation est utilisé pour déterminer la consommation caractéristique annuelle d'énergie primaire de référence (voir 4). On détermine également, par secteur énergétique, le nombre de personnes pour lequel le système de ventilation est prévu. On détermine les déperditions par ventilation sur la

base du débit d'infiltration, du débit de conception d'air neuf et de la récupération de chaleur éventuelle.

5.5.2 Règle de calcul

On détermine le coefficient de transfert thermique par in/exfiltration et ventilation volontaire du secteur énergétique i comme suit :

- pour le chauffage

$$H_{V,heat,seci} = 0.34\left[\dot{V}_{in/exfilt,heat,seci} + f_{reduc,vent,heat,seci} \cdot r_{preh,heat,seci} \sum_j f_{vent,heat,j} \times \dot{V}_{supply,seci,j}\right]$$

- pour le refroidissement

$$H_{V,cool,seci} = 0.34\left[\dot{V}_{in/exfilt,heat,seci} + f_{reduc,vent,cool,seci} \cdot r_{preh,cool,seci} \sum_j f_{vent,cool,j} \times \dot{V}_{supply,seci,j}\right]$$

où :

$H_{V,heat,sec\ i}$	le coefficient de transfert thermique par in/exfiltration et ventilation volontaire du secteur énergétique i pour les calculs de chauffage, en W/K ;
$H_{V,cool,sec\ i}$	le coefficient de transfert thermique par in/exfiltration et ventilation volontaire du secteur énergétique i pour les calculs de refroidissement, en W/K ;
$\dot{V}_{in/exfilt,heat,seci}$ $\dot{V}_{in/exfilt,cool,seci}$	le débit d'in/exfiltration à travers l'enveloppe non étanche du bâtiment dans le secteur énergétique i, respectivement pour les calculs de chauffage et de refroidissement, déterminé selon 5.5.3, en m³/h ;
$f_{vent,heat,j}$	la fraction du temps conventionnelle pendant laquelle l'alimentation j est en service pour les calculs de chauffage, déterminée selon 5.5.5 ;
$f_{vent,cool,j}$	la fraction du temps conventionnelle pendant laquelle l'alimentation j est en service pour les calculs de refroidissement, déterminée selon 5.5.5 ;
$f_{reduc\ vent,heat,seci}$	un facteur de réduction pour ventilation dans le secteur énergétique i pour les calculs de chauffage;
$f_{reduc\ vent,cool,seci}$	un facteur de réduction pour ventilation dans le secteur énergétique i pour les calculs de refroidissement;
$\dot{V}_{supply,seci,j}$	le débit partiel j du débit de conception d'alimentation un air neuf dans le secteur énergétique i, en m³/h ;
$r_{preh,heat,sec\ i}$	un facteur de réduction pour l'effet du préchauffage sur le besoin net en énergie pour le chauffage dans le secteur énergétique i, déterminé selon 5.5.4 ;
$r_{preh,cool,sec\ i}$	un facteur de réduction pour l'effet du préchauffage sur le besoin net en énergie pour le refroidissement dans le secteur énergétique i, déterminé selon 5.5.4 ;

Il faut effectuer une sommation sur tous les débits partiels j dont se compose le débit de conception total d'alimentation en air neuf du secteur énergétique i.

Si le débit de conception d'alimentation en air neuf dans un espace est inférieur à la valeur minimale ($\dot{V}_{supply,min,rm\ r}$ au chapitre 4) telle que définie à l'annexe VI au présent Arrêté, on calcul H_V avec le débit minimal exigé. Cette règle n'est toutefois pas d'application pour les espaces spéciaux visés au chapitre 6.3 de l'annexe VI au présent Arrêté.

La valeur par défaut pour $f_{reduc\ vent,heat,seci}$ et $f_{reduc\ vent,cool,seci}$ est 1. Des valeurs plus favorables peuvent être considérés selon des règles approuvées par le Ministre ou, à défaut, sur base d'une demande d'équivalence.

5.5.3 Détermination du débit d'in/exfiltration

Le débit d'in/exfiltration moyen à appliquer pour le secteur énergétique i, en m³/h, est donné par convention par :

- pour le chauffage :

$$\dot{V}_{in/exfilt,heat,sec\ i} = 0.04 \times \dot{v}_{50} \times A_{T,E,sec\ i}$$

- pour le refroidissement :

$$\dot{V}_{in/exfilt,cool,sec\ i} = 0.48 \times A_{T,E,sec\ i}$$

où :

$\dot{v}_{50}$ le débit de fuite à 50 Pa par unité de surface, tel que déterminé ci-après, en m³/(h.m²) ;

$A_{T,E,seci}$ la surface totale de toutes les parois qui enveloppent le secteur énergétique i et à travers lesquelles les pertes par transmission sont considérées lors de la détermination de la performance énergétique[3] (voir aussi 3.2 et 5.4), en m² ;

0.48 on effectue toujours les calculs de refroidissement avec la valeur fixe de 12 m³/(h.m²) pour $\dot{v}_{50}$.

---

[3] Par conséquent, seules les constructions qui constituent la séparation entre le secteur énergétique et des espaces contigus chauffés ne sont pas prises en considération dans la détermination de $A_{T,E,\ sec\ i}$.

Si une mesure de débit d'air de l'ensemble de l' 'unité PEN' (ou, le cas échéant, d'une partie plus grande du volume protégé) conforme à la NBN EN 13829 est présentée, le débit de fuite à 50 Pa par unité de surface, $\dot{v}_{50}$, en m³/(h.m²), est de :

$$\dot{v}_{50} = \frac{\dot{V}_{50}}{A_{test}}$$

Sinon, la valeur par défaut suivante est d'application pour $\dot{v}_{50}$, en m³/(h.m²) :

$$\dot{v}_{50} = 12$$

où :

A_{test} la surface totale (sur base des dimensions extérieures) des parois qui enveloppent le volume mesuré lors de l'essai d'étanchéité à l'air, à l'exception des parois contiguës à des espaces chauffés, en m² ;

$\dot{V}_{50}$ Le débit de fuite à 50 Pa de l'enveloppe extérieure, en m³/h, déduit de la mesure de l'étanchéité à l'air conforme à la méthode A de la norme NBN EN 13829.

Le Ministre peut établir des spécifications complémentaires pour la mesure de l'étanchéité à l'air.

5.5.4 Facteur de réduction à la suite du préchauffage

Le facteur de réduction pour préchauffage r du secteur énergétique i est égal au facteur de réduction pour préchauffage de la zone de ventilation z dont le secteur énergétique fait partie :

$$r_{preh,heat,sec\ i} = r_{preh,heat,zone\ z}$$

$$r_{preh,cool,sec\ i} = r_{preh,cool,zone\ z}$$

La détermination du facteur de réduction pour préchauffage de la zone de ventilation z à l'aide d'un récupérateur de chaleur s'effectue tel que décrit ci-après. Le préchauffage par traversée d'un espace contigu non chauffé et/ou d'une gaine d'alimentation souterraine doit être traité sur base d'une demande d'équivalence.

S'il n'y a pas de préchauffage, la valeur de r est égale à 1 dans chacun des cas.

Les pompes à chaleur destinées au chauffage qui utilisent l'air rejeté comme source de chaleur ne sont pas abordées dans la présente annexe, mais au 10.2.3.3 de l'annexe I au présent Arrêté (méthode de détermination du niveau de consommation d'énergie primaire des immeubles résidentiels).

Récupérateur de chaleur dans le cas d'une ventilation mécanique double flux

Dans une zone z équipée d'une ventilation mécanique double flux, il est possible de préchauffer dans une plus ou moins grande mesure l'air neuf fourni à l'aide d'un échangeur de chaleur qui soustrait de la chaleur à l'air rejeté vers l'extérieur. Il est possible que l'alimentation en air neuf dans la zone de ventilation z se fasse à plusieurs endroits. Dans ce cas, il se peut éventuellement que toutes les alimentations en air ne soient pas préchauffées. Inversement, il est possible que l'extraction mécanique vers l'extérieur s'effectue via plus d'une sortie d'air et il arrive qu'il n'y ait pas de récupération de chaleur sur certains de ces flux d'air.

Si, en fin de compte, le débit total d'alimentation mécanique diffère du débit total d'évacuation mécanique dans la zone de ventilation z, un flux d'air supplémentaire incontrôlé (d'entrée ou de sortie) se produira forcément à travers l'enveloppe[4].

Dans le cas le plus courant, on peut déterminer le facteur de réduction pour chauffage résultant du préchauffage de l'air neuf fourni dans une zone de ventilation z par récupération de chaleur, à l'aide de la formule suivante :

$$r_{preh,heat,zone\ z} = \frac{\sum_p \left\{ \dot{V}_{in,p} - e_{heat,hr,p} \min\left(\dot{V}_{in,p}, \dot{V}_{out,p}\right) \right\} + \max\left\{ 0, \sum_p \left(\dot{V}_{out,p} - \dot{V}_{in,p} \right) \right\}}{\max\left(\sum_p \dot{V}_{in,p}, \sum_p \dot{V}_{out,p} \right)}$$

où :

$e_{heat,hr,p}$ un facteur adimensionnel qui indique l'importance de la récupération de chaleur à l'endroit p, déterminé comme suit :
* si le flux d'air neuf fourni p n'est pas préchauffé, on a $e_{heat,hr,p} = 0$;

* si le flux d'air neuf fourni p est préchauffé à l'aide d'un récupérateur de chaleur, on a $e_{heat,hr,p} = r_p \cdot \eta_{test,p}$;

Le facteur rp est déterminé tel que décrit ci-dessous. Le rendement thermique $\eta_{test,p}$ de l'appareil de récupération de chaleur à l'endroit p est déterminé tel que décrit à l'annexe G de l'annexe I du présent Arrêté. Une valeur de rendement thermique peut être utilisée à la condition que ni $\dot{V}_{in,p}$ ni $\dot{V}_{out,p}$ ne soit

---

[4] Par souci de simplification, l'interaction possible entre le terme d'in/exfiltration et le terme de ventilation volontaire n'est par convention pas prise en considération tout comme au 5.5.2.

supérieur au débit volumique mesuré pendant l'essai tel que défini à l'annexe G de l'annexe I du présent Arrêté ;

$\dot{V}_{in,p}$ le débit d'air entrant à l'endroit p, en m³/h, déterminé tel que décrit ci-dessous ;

$\dot{V}_{out,p}$ le débit d'air sortant à l'endroit p, en m³/h, déterminé tel que décrit ci-dessous.

Il faut effectuer une sommation sur tous les endroits p de la zone de ventilation z où a lieu une alimentation mécanique en air neuf et/ou une évacuation mécanique vers l'extérieur.

On détermine le débit d'air extérieur entrant à l'endroit p comme suit :

- si une mesure continue du débit entrant s'effectue à l'endroit p et si, sur base de cette mesure, une adaptation continue et automatique à la valeur de consigne s'effectue de telle sorte que le débit entrant ne varie pas de plus de 5% de la valeur de consigne à aucune des positions du ventilateur, on a :

  $$\dot{V}_{in,p} = \dot{V}_{supply,setpoint,nom,p}$$

  où la valeur de consigne du débit à l'endroit p à la position nominale du ventilateur, en m³/h, est prise en compte ;

- dans tous les autres cas :

  $$\dot{V}_{in,p} = \dot{V}_{supply,design,p}$$

  où le débit de conception de l'air neuf entrant à l'endroit p, en m³/h, est pris en compte.

On détermine le débit d'air évacué vers l'extérieur à l'endroit p comme suit :

- si une mesure continue du débit sortant s'effectue à l'endroit p et si, sur base de cette mesure, une adaptation continue et automatique à la valeur de consigne s'effectue de telle sorte que le débit sortant ne varie pas de plus de 5% de la valeur de consigne à aucune des positions du ventilateur, on a :

  $$\dot{V}_{out,p} = \dot{V}_{extr,setpoint,nom,p}$$

  où la valeur de consigne du débit à la position nominale du ventilateur, en m³/h, est prise en compte ;

- dans tous les autres cas :

  $$\dot{V}_{out,p} = \dot{V}_{extr,design,p}$$

  où le débit de conception de l'air sortant à l'endroit p, en m³/h, est pris en compte.

Dans le cas où il y a récupération de chaleur à l'endroit p, on détermine r_p comme suit :

- si une mesure continue du débit entrant ainsi que du débit sortant s'effectue dans le récupérateur de chaleur et si, sur base de cette mesure, une adaptation continue et automatique aux valeurs de consigne s'effectue de telle sorte que le débit entrant et le débit sortant ne varient pas de plus de 5% de leurs valeurs de consigne respectives à aucune des positions du ventilateur, on a :

  $r_p=0.95$

- dans tous les autres cas :

  $r_p=0.85$

On détermine le facteur de réduction à utiliser pour les calculs de refroidissement comme suit :

$$r_{preh,cool,zone\ z} = \frac{\sum_p \left\{\dot{V}_{in,p} - e_{cool,hr,p} \min\left(\dot{V}_{in,p}, \dot{V}_{out,p}\right)\right\} + \max\left\{0, \sum_p \left(\dot{V}_{out,p} - \dot{V}_{in,p}\right)\right\}}{\max\left(\sum_p \dot{V}_{in,p}, \sum_p \dot{V}_{out,p}\right)}$$

où les différents termes sont alors les mêmes que ci-dessus, à l'exception de $e_{cool,hr,p}$, dont la valeur est déterminée comme suit :

- si le récupérateur de chaleur p est équipé d'un by-pass et que, de ce fait, la traversée de l'échangeur de chaleur est totalement exclue, ou peut être totalement inactivée d'une autre façon (par exemple arrêt d'un échangeur rotatif), on a :

  $e_{cool,hr,p} = 0$

- si le récupérateur de chaleur p est équipé d'un by-pass mais que la traversée de l'échangeur de chaleur n'est pas totalement exclue pour autant ou n'est pas totalement inactivée d'une autre façon, on a :

  $e_{cool,hr,p} = 0.5 \times e_{heat,hr,p}$

- dans tous les autres cas :

  $e_{cool,hr,p} = e_{heat,hr,p}$

5.5.5 Fraction de temps pendant laquelle la ventilation est en service

Les fractions du temps conventionnelles pendant lesquelles il faut tenir compte d'un flux partiel j de la ventilation pour les calculs de chauffage et de refroidissement sont reprises au Tableau 4.

Tableau 4 - Fraction de temps pendant laquelle on ventile par convention

Destination	$f_{vent,heat,j}$	$f_{vent,cool,j}$		
		ventilation naturelle	ventilation mécanique	
			avec fonctionnement nocturne automatique	sans fonctionnement nocturne automatique
Bureau Ecole	0.3	1.0	1.0	0.3

Remarque : fonctionnement nocturne automatique signifie que les ventilateurs peuvent, sans intervention humaine, continuer à tourner la nuit pour extraire la chaleur du bâtiment pendant des périodes où le besoin de refroidissement se fait sentir.

Le temps réel de fonctionnement et/ou le débit doivent varier automatiquement d'une nuit à l'autre, en fonction du besoin de refroidissement. Sinon, on calcule avec les valeurs en vigueur pour la situation sans fonctionnement nocturne automatique.

En outre, tous les ventilateurs de la zone de ventilation auquel le secteur énergétique appartient doivent être équipés d'une régulation automatique. Si cette exigence n'est pas rencontrée, les calculs sont effectués avec les valeurs d'application pour une situation sans fonctionnement nocturne automatique.

5.6 Production interne de chaleur

Les sources de chaleur internes considérées sont : les personnes, l'éclairage, les ventilateurs et autres appareils. On détermine la production mensuelle interne de chaleur du secteur énergétique i pour les calculs de chauffage et les calculs de refroidissement comme suit :

$$Q_{i,heat,sec\ i,m} = \Phi_{i,heat,sec\ i,m} \cdot t_m$$

$$Q_{i,cool,sec\ i,m} = \Phi_{i,cool,sec\ i,m} \cdot t_m$$

où :

$$\Phi_{i,heat,sec\ i,m} = 0.8\ (f_{real,sec\ i} \cdot f_{pres,sec\ i} \cdot n_{design,sec\ i} \cdot 100 + q_{i,app} \cdot A_{f,sec\ i}$$

$$+ (r_{light,sec\ i} \cdot W_{light,sec\ i})/8.76 + r_{fans,heat,sec\ i} \cdot W_{fans,sec\ i,m} \cdot 3.6/t_m)$$

$$\Phi_{i,cool,sec\ i,m} = f_{real,sec\ i} \cdot f_{pres,sec\ i} \cdot n_{design,sec\ i} \cdot 100 + q_{i,app} \cdot A_{f,sec\ i}$$

$$+ (r_{light,sec\ i} \cdot W_{light,sec\ i})/8.76 + r_{fans,cool,sec\ i} \cdot W_{fans,sec\ i,m} \cdot 3.6/t_m)$$

où :

$Q_{i,heat,sec\ i,m}$ la production mensuelle interne de chaleur du secteur énergétique i pour les calculs de chauffage, en MJ ;

$Q_{i,cool,sec\ i,m}$ la production mensuelle interne de chaleur du secteur énergétique i pour les calculs de refroidissement, en MJ ;

$\Phi_{i,heat,sec\ i,m}$ le flux de chaleur moyen, dû à la production interne de chaleur dans le secteur énergétique i pour les calculs de chauffage, en W ;

$\Phi_{i,cool,sec\ i,m}$ le flux de chaleur moyen, dû à la production interne de chaleur dans le secteur énergétique i pour les calculs de refroidissement, en W ;

$f_{real,sec\ i}$ le rapport conventionnel entre l'occupation réelle moyenne pendant les heures d'utilisation et l'occupation maximale de conception (-). Il est déterminé comme la moyenne, pondérée par la surface d'utilisation de chaque secteur énergétique, des valeurs reprises au Tableau 5 ;

$f_{pres,sec\ i}$ la fraction de temps conventionnelle pendant laquelle des personnes sont présentes dans le bâtiment (-). Elle est déterminée comme la moyenne, pondérée par la surface d'utilisation de chaque secteur énergétique, des valeurs de $f_{vent,heat,j}$ reprises au Tableau 4 ;

$n_{design,sec\ i}$ le nombre de personnes qui se trouvent dans le secteur énergétique conformément à l'occupation maximale pour laquelle les systèmes de ventilation ont été conçus (-) ;

$q_{i,app}$ la production interne spécifique moyenne de chaleur dans le secteur énergétique considéré, résultant des équipements, en W/m², reprise au Tableau 5 ;

$A_{f,sec\ i}$ la surface d'utilisation du secteur énergétique considéré, en m² ;

$r_{light,sec\ i}$ un facteur de réduction dont la valeur est égale à :
- 0.3 si la consommation d'énergie pour l'éclairage est déterminée selon 9.3 (méthode forfaitaire) ;
- 0.5 s'il y a une extraction sur au moins 70% des armatures d'éclairage présentes dans le secteur énergétique considéré, pondérées par la puissance absorbée ;
- 1.0 dans les autres cas ;

$W_{light,sec\ i}$ la production interne de chaleur dans le secteur énergétique considéré, fournie par l'éclairage en kWh, déterminée selon 9.3 ou 9.4.3.1 ;

$r_{fans,heat,sec\ i}$

$r_{fans,cool,sec\ i}$ un facteur de réduction respectivement pour le chauffage et le refroidissement, dont la valeur est égale à :

- 0 s'il y a uniquement une extraction mécanique ;
- 0.6 s'il y a une ventilation mécanique double flux ;
- 0.8 s'il y a recyclage ou récupération de chaleur ;
- 0.3 s'il y a insufflation mécanique d'air et que la puissance des ventilateurs est déterminée selon 8.1.3 (méthode forfaitaire) ;
- 0.5 dans les autres cas ;

$W_{fans,sec\ i,m}$ la production interne de chaleur dans le secteur énergétique considéré, fournie par les ventilateurs, en kWh, déterminée selon 8.1.

Tableau 5 - Gains de chaleur internes résultant des appareils et fraction d'occupation réelle en fonction de la destination

Destination	Charge de chaleur interne des équipements $q_{i,app}$ (W/m²)	Fraction d'occupation réelle f_{real} (-)
Bureau Ecole	3	0.30

5.7 Gains de chaleur solaires

On détermine les gains de chaleur solaires mensuels par secteur énergétique pour les calculs de chauffage $Q_{s,heat,sec\ i,m}$ et pour les calculs de refroidissement $Q_{s,cool,sec\ i,m}$ selon le 7.10 de l'annexe I au présent Arrêté (méthode de détermination du niveau de consommation d'énergie primaire des bâtiments résidentiels). A cette fin, on effectue une sommation sur l'ensemble des parois transparentes/translucides, des systèmes d'énergie solaire passifs non ventilés et des espaces contigus non chauffés du secteur énergétique. Pour les calculs de refroidissement, il faut augmenter l'ensoleillement incident de 10% (voir aussi 5.3).

Contrairement à l'annexe I au présent Arrêté (méthode de détermination du niveau de consommation d'énergie primaire des bâtiments résidentiels), il faut appliquer les valeurs suivantes pour le facteur d'utilisation des protections solaires dans les immeubles de bureaux et de services et les bâtiments destinés à l'enseignement :

- dans les calculs de chauffage aC = 0.4 ;

- dans les calculs de refroidissement :
  - protection solaire à commande manuelle :
    - s'il y a une installation de refroidissement : a_C = 0.4 ;
    - s'il n'y a pas d'installation de refroidissement : a_C = 0.5 ;
  - protection solaire automatique :
    - a_C = 0.6 ;
    - si la protection solaire reste fermée toute la journée pendant les périodes chaudes quand le bâtiment n'est pas en service (par exemple week-ends) : a_c = 0.7.

Si une fenêtre est équipée de plusieurs systèmes de protection solaire mobile (par exemple protections solaires intérieure et extérieure), il faut considérer le système ayant la valeur F_C la plus haute pour les calculs de chauffage, et le système ayant la valeur F_C la plus basse pour les calculs de refroidissement.

5.8 Capacité thermique effective

5.8.1 Principe

Pour la détermination de la capacité thermique effective, on a le choix entre 2 méthodes :

- soit sur base de la capacité thermique spécifique par m² de surface d'utilisation du secteur énergétique selon 5.8.2 ;
- soit sur base d'un calcul détaillé selon 5.8.3.

5.8.2 Capacité thermique effective sur base de la masse du plancher

On détermine la capacité thermique effective du secteur énergétique i, $C_{sec\ i}$, en kJ/K, sur base de la masse du plancher, comme suit :

$$C_{sec\ i} = \sum_j D_j . A_{f,sec\ i,j}$$

où :

D_j la capacité thermique spécifique effective, reprise au Tableau 6, en kJ/(m².K). La valeur par défaut est de 55 kJ/(m².K) ;

$A_{f,sec\ i,j}$ la surface d'utilisation de la partie j du secteur énergétique i, en m².

Il faut effectuer une sommation sur toutes les parties j dont l'ensemble constitue la surface d'utilisation du secteur i.

Tableau 6 - Capacité thermique effective spécifique D_j par unité de surface d'utilisation du secteur énergétique

Masse minimum de la structure du plancher par unité de surface d'utilisation (kg/m²)	D_j kJ/(m².K)		
	Faux plafond fermé **et** plancher surélevé	Faux plafond fermé **ou** plancher surélevé	Pas de faux plafond fermé ni de plancher surélevé
Moins de 100	55	55	55
100 à 400	55	110	180
Plus de 400	55	180	360

Un faux plafond est considéré comme fermé dès que moins de 15% nets de la surface du plafond est ouverte.

5.8.3 Capacité thermique effective sur base d'un calcul

On calcule la capacité thermique effective du secteur énergétique i, $C_{sec\ i}$, en kJ/K, comme la somme de la masse active de tous les éléments structurels situés dans le secteur énergétique i ou enveloppant le secteur énergétique i, les parois intérieures non portantes n'étant pas prises en considération, comme suit :

$$C_{sec\ i} = \sum_k \rho_k . c_k . d_k . A_k$$

où :

ρ_k la masse volumique du matériau k, en kg/m³ ;

c_k la chaleur spécifique du matériau k, en kJ/kg.K ;

d_k l'épaisseur active du matériau k, en m, déterminée comme l'épaisseur de l'élément de construction pour autant que la résistance thermique de l'élément de construction, calculée perpendiculairement depuis la surface intérieure, soit inférieure à 0.25 m².K/W, étant entendu que d_k ne peut pas être supérieure à 100 mm et ne représente pas plus de la moitié de l'épaisseur totale de la construction et que, pour les structures de plafonds suspendus dont une partie égale à au moins 15% nets de la surface du plafond est ouverte, elle peut ne pas être prise en considération pour la détermination de la résistance thermique de l'élément de construction depuis la surface intérieure ;

A_k la surface de l'élément de construction k, en m².

Il faut effectuer une sommation sur tous les éléments de construction k qui se trouvent dans le secteur énergétique ou qui enveloppent le secteur énergétique, à l'exception des murs non portants.

5.9 Besoin mensuel net en énergie pour l'humidification

Si les installations du bâtiment comprennent des dispositifs d'humidification de l'air neuf destiné à (une partie de) l' 'unité PEN', le besoin mensuel net en énergie d'un appareil j destiné à l'humidification est donné par :

$$Q_{hum,net,j,m} = 2.5 \times r_{hum} \times X_{h,m} \times \dot{V}_{supply,j,design}$$

où :

$Q_{hum,net,j,m}$ le besoin mensuel net en énergie pour l'humidification d'un appareil j, en MJ ;

r_{hum} un facteur de réduction ayant la valeur suivante :
- si l'installation d'humidification est conçue pour le transport de l'humidité depuis l'air rejeté vers l'air fourni : $r_{hum} = 0.4$;
- sinon : $r_{hum} = 1.0$;

$X_{h,m}$ la quantité mensuelle d'humidité à fournir par unité de débit d'air fourni, en kg.h/m³, reprise au Tableau 7 ;

$\dot{V}_{supply,j,design}$ le débit de conception d'air frais entrant à travers l'humidificateur j, en m³/h.

Remarque :

- un échangeur rotatif sur lequel on a appliqué une couche hygroscopique peut être considéré comme un dispositif de récupération d'humidité ;
- le recyclage n'est pas considéré comme une récupération d'humidité dans le cadre de ce paragraphe. L'effet du recyclage a déjà été pris en compte dans le débit d'air à appliquer.

Tableau 7 - Valeurs mensuelles de la quantité d'humidité à amener par unité de débit d'air $X_{h,m}$, en kg.h/m³

Mois	Bureau Ecole
janvier	0.38
février	0.37
mars	0.23
avril	0.08
mai	0.03
juin	0.00
juillet	0.00
août	0.00
septembre	0.00
octobre	0.02
novembre	0.25
décembre	0.36

6 Besoins bruts en énergie pour le chauffage et le refroidissement

6.1 Principe

Les installations peuvent se complexifier très rapidement. Ce chapitre procédera de manière schématique à une évaluation énergétique des installations. Le rendement du système est une mesure du gaspillage d'énergie dû au fait que l'on chauffe et refroidit simultanément un secteur énergétique et aux pertes d'énergie dues au transport de chaleur et de froid à l'intérieur d'un secteur énergétique. On effectue les calculs avec des valeurs annuelles moyennes constantes.

6.2 Détermination des besoins bruts en énergie pour le chauffage et le refroidissement

Les besoins bruts en énergie pour le chauffage et le refroidissement par mois et par secteur énergétique sont donnés par :

$$Q_{heat,gross,sec\ i,m} = \frac{Q_{heat,net,sec\ i,m}}{\eta_{sys,heat}}$$

et

$$Q_{cool,gross,sec\ i,m} = \frac{Q_{cool,net,sec\ i,m}}{\eta_{sys,cool}}$$

où :

$Q_{heat,gross,sec\ i,m}$ les besoins mensuels bruts en énergie pour le chauffage du secteur énergétique i, en MJ ;

$Q_{heat,net,sec\ i,m}$ les besoins mensuels nets en énergie pour le chauffage du secteur énergétique i, déterminés selon le 5.2, en MJ ;

$\eta_{sys,heat}$ le rendement du système de chauffage, déterminé selon le 6.3 (-) ;

$Q_{cool,gross,sec\ i,m}$ les besoins mensuels bruts en énergie pour le refroidissement du secteur énergétique i, en MJ ;

$Q_{cool,net,sec\ i,m}$ les besoins mensuels nets en énergie pour le refroidissement du secteur énergétique i, déterminés selon 5.3, en MJ ;

$\eta_{sys,cool}$ le rendement du système de refroidissement, déterminé selon le 6.3 (-).

6.3 Rendements du système de chauffage et de refroidissement

On détermine, pour chaque système, le rendement du système de chauffage et de refroidissement, $\eta_{sys,heat}$ et $\eta_{sys,cool}$, à l'aide d'un facteur d'annihilation et du rapport entre, d'une part, les besoins annuels nets en énergie respectivement pour le chauffage et le refroidissement, et, d'autre part, la somme des besoins nets en énergie pour le refroidissement et le chauffage, comme suit :

$$\eta_{sys,heat} = \frac{1.0}{1.0 + a_{heat} + f_{annih}/f_{heat,net}}$$

et

$$\eta_{sys,cool} = \frac{1.0}{1.0 + a_{cool} + f_{annih}/f_{cool,net}}$$

où :

a_{heat} le terme pour les déperditions des conduites, les déperditions des gaines et la régulation du système de distribution pour le chauffage, tel qu'établi ci-dessous (-) ;

f_{annih} le facteur d'annihilation de l'énergie résultant du chauffage et du refroidissement simultanés, tel qu'établi ci-dessous (-) ;

$f_{heat,net}$ la fraction des besoins nets en énergie pour le chauffage par rapport aux besoins nets totaux en énergie pour le chauffage et le refroidissement, déterminée selon 6.4 ;

a_{cool} le terme pour les déperditions des conduites, les déperditions des gaines et la régulation du système de distribution pour le refroidissement, tel qu'établi ci-dessous et au Tableau 8 (-) ;

$f_{cool,net}$ la fraction des besoins nets en énergie pour le refroidissement par rapport aux besoins nets totaux en énergie pour le chauffage et le refroidissement, déterminée selon 6.4.

N.B. Dans le cas où il n'y a pas de système de refroidissement actif (càd un chauffage local sans refroidissement ou système correspondant au numéro 1 ou 5 dans le Tableau 8), les facteurs de détermination du rendement du système de chauffage ne sont pas influencés par le calcul du refroidissement fictif. Comme on le verra ci-après, dans ce cas, le rendement de système (fictif) à appliquer pour le refroidissement est toujours égal à 1.0.

Pour les systèmes où la température exigée pour l'insufflation d'air est obtenue en mélangeant un flux d'air chauffé et un flux d'air refroidi, on a :

- $f_{annih} = 0.4$;

- $a_{heat} = 0$;

- $a_{cool} = 0$.

Pour un chauffage local (éventuellement combiné avec un refroidissement local), on a :

- $f_{annih} = 0$;

- $a_{heat} = 0$;

- $a_{cool} = 0$.

Pour tous les autres systèmes, on tire les facteurs f_{annih}, a_{heat} et a_{cool} du Tableau 8.

Tableau 8 - Facteurs d'annihilation, f_{annih}, et pertes de distribution, a_{heat} et a_{cool}, respectivement pour le chauffage et le refroidissement en cas de production centrale

Numéro du système	Transport de chaleur par	Transport de froid par	Régulation chauffage et refroidissement par espace	Facteur d'annihilation f_{annih}	Facteur de pondération déperditions conduites et gaines	
					Chauffage a_{heat}	Refroidissement a_{cool}
1	eau ou eau et air	N.A.°	oui	0.00	0.08	0.00
			non	0.00	0.25	0.00
2		eau	oui	0.04	0.13	0.06
3		air	oui	0.00	0.13	0.06
			non	0.00	0.25	0.06
4		eau et air	oui	0.04	0.13	0.07
5	air	N.A.°	oui	0.00	0.04	0.00
			non	0.00	0.34	0.00
6		eau	oui	0.10	0.09	0.06
7		air	oui	0.00	0.04	0.01
			non	0.00	0.39	0.01
8		eau et air	oui	0.10	0.09	0.07

° N.A. : non applicable

'Régulation chauffage et refroidissement par espace' veut dire que, au niveau de l'espace, le débit et/ou la température du fluide caloporteur (ou frigorigène) transporté est régulé en fonction d'une part de la température réelle et d'autre part de la température souhaitée dans l'espace.

Avec les systèmes dont la configuration est différente en situation estivale et en situation hivernale, il faut appliquer les facteurs d'annihilation correspondant au numéro du système en situation hivernale.

Pour les systèmes qui ne rentrent dans aucune des catégories décrites dans ce chapitre, le rendement du système pour le chauffage et le refroidissement doit être évalué selon des règles spécifiées par le Ministre ou, à défaut, sur base d’une demande d'équivalence.

Remarques :

1. On entend par "transport de chaleur par eau" :

Au niveau de l'espace, un (post)chauffage est réalisé par des radiateurs situés dans l'espace, des éléments chauffants dans l'air qui circule (ventilo-convecteurs, unités à induction), une batterie de postchauffage dans la gaine d'amenée d'air, ou autres.

2. On entend par "transport de chaleur par air" :

L'installation centrale de traitement d'air contient un dispositif (batterie chauffante et/ou récupérateur de chaleur) pour réchauffer l'air fourni (c'est pratiquement toujours le cas avec une ventilation mécanique).

3. On entend par "transport de froid par eau" :

Un (post)refroidissement est effectué, au niveau de l'espace, par des batteries de refroidissement placées dans la gaine d'amenée, des batteries de refroidissement situées dans l'air qui circule (ventiloconvecteurs ou unités à induction avec batterie de refroidissement), des plafonds froids à circulation d'eau, ou autres. Les plafonds froids à circulation d'air ne sont pas compris dans cette catégorie.

4. On entend par "transport de froid par air" :

Une installation de traitement d'air centrale contient un dispositif (batterie de refroidissement) pour refroidir et/ou déshumidifier l'air fourni.

6.4 Fractions des besoins nets en énergie pour le chauffage et le refroidissement

6.4.1 Fraction des besoins nets en énergie pour le refroidissement

On détermine, pour le secteur énergétique, le rapport entre les besoins *annuels* nets en énergie pour le refroidissement et la somme des besoins *annuels* nets en énergie pour le chauffage et le refroidissement comme suit :

$$f_{cool,net} = (1 - f_{heat,net})$$

où :

$f_{cool,net}$ la fraction des besoins nets en énergie pour le refroidissement par rapport aux besoins nets totaux en énergie pour le chauffage et le refroidissement ;

$f_{heat,net}$ la fraction des besoins nets en énergie pour le chauffage par rapport aux besoins nets totaux en énergie pour le chauffage et le refroidissement, déterminée selon le 6.4.2.

Dans le cas où $f_{cool,net} < 0.1$ selon la formule ci-dessus, on a $f_{cool,net} = 0.1$ et $f_{heat,net} = 0.9$.

6.4.2 Fraction des besoins nets en énergie pour le chauffage

On détermine, pour le secteur énergétique, le rapport entre les besoins *annuels* nets en énergie pour le chauffage et la somme des besoins *annuels* nets en énergie pour le chauffage et le refroidissement comme suit :

$$f_{heat,net} = \frac{Q_{heat,net,sec\ i,a}}{Q_{heat,net,sec\ i,a} + Q_{cool,net,sec\ i,a}}$$

où :

$$Q_{heat,net,sec\ i,a} = \sum_{m=1}^{12} Q_{heat,net,sec\ i,m}$$

et

$$Q_{cool,net,sec\ i,a} = \sum_{m=1}^{12} Q_{cool,net,sec\ i,m}$$

où :

$f_{heat,net}$ la fraction des besoins annuels nets en énergie pour le chauffage par rapport aux besoins annuels nets totaux en énergie pour le chauffage et le refroidissement (-) ;

$Q_{heat,net,sec\ i,a}$ les besoins annuels nets en énergie pour le chauffage du secteur énergétique i, en MJ ;

$Q_{cool,net,sec\ i,a}$ les besoins annuels nets en énergie pour le refroidissement du secteur énergétique i, en MJ ;

$Q_{heat,net,sec\ i,m}$ les besoins mensuels nets en énergie pour le chauffage du secteur énergétique i, déterminés selon le 5.2, en MJ ;

$Q_{cool,net,sec\ i,m}$ les besoins mensuels nets en énergie pour le refroidissement du secteur énergétique i, déterminés selon le 5.3, en MJ.

Si $f_{heat,net} < 0.1$ selon la formule ci-dessus, on a $f_{heat,net} = 0.1$.

7 Consommation finale d'énergie pour le chauffage, le refroidissement et l'humidification

7.1 Principe

Pour calculer le rendement de production dans un secteur énergétique, on prend le rendement de production des appareils qui alimentent le secteur énergétique en chaleur ou en froid. On calcule toujours avec des valeurs moyennes annuelles. Lorsque l'installation combine différentes espèces de générateurs de chaleur ou de froid, on répartit les besoins bruts de manière conventionnelle entre le générateur préférentiel et le générateur non préférentiel. S'il y a plus d'un type de générateur non préférentiel, on considère pour le traitement de la partie non préférentielle, uniquement le générateur avec la valeur la plus basse du rapport entre le facteur d'énergie primaire et le rendement de production.

Le cas échéant, on détermine également de manière analogue la consommation finale d'énergie pour l'humidification.

Lors de l'extension d'un bâtiment, les cas suivants peuvent se présenter :

- si on place de nouveaux générateurs de chaleur et/ou de froid qui fonctionnent indépendamment des appareils existants, on applique la procédure ci-après dans son entièreté ;
- si on place de nouveaux générateurs de chaleur et/ou de froid qui fonctionnent en combinaison avec les appareils existants, il faut appliquer la procédure ci-dessous, sans tenir compte des appareils existants ;
- si on ne place pas d'appareils supplémentaires, mais qu'on fait uniquement usage d'appareils existants, on peut au choix :
  - soit appliquer la procédure ci-dessous aux appareils existants si toutes les informations nécessaires sont disponibles de manière univoque ;
  - soit calculer avec les valeurs par défaut suivantes :
    - $\eta_{gen,heat}$ = 0.77 par rapport au pouvoir calorifique supérieur, avec du mazout comme vecteur énergétique ;
    - $\eta_{gen,cool}$ = 2.2 avec électricité comme vecteur énergétique.

7.2 Consommation finale mensuelle d'énergie pour le chauffage, le refroidissement et l'humidification

7.2.1 Chauffage et humidification

Si plusieurs générateurs de chaleur alimentent un secteur énergétique en chaleur et que ces appareils n'ont pas tous le même rendement de production selon le 7.4 et/ou n'utilisent pas tous le même vecteur énergétique, on répartit de manière conventionnelle les besoins bruts en énergie pour le chauffage entre les générateurs de chaleur préférentiels et les générateurs non préférentiels tel que décrit ci-dessous.

Ce formalisme est maintenu même s'il n'y a qu'un générateur de chaleur, ou si tous les générateurs de chaleur selon le 7.4 ont le même rendement (et utilisent le même vecteur énergétique). Ce (groupe de) générateur(s) de chaleur constitue alors le générateur de chaleur préférentiel et assure 100% des besoins. Le générateur de chaleur non préférentiel (non défini) se voit attribuer 0% des besoins.

Remarque : plusieurs appareils électriques de chauffage à résistance sont donc considérés collectivement comme un seul générateur de chaleur isolé. De même, un groupe de chaudières identiques est traité comme un seul générateur de chaleur.

Une méthode analogue s'applique aux installations d'humidification.

La consommation finale d'énergie pour le chauffage est donnée, par mois et par secteur énergétique, par:

$$Q_{heat,final,sec\,i,m,pref} = \frac{f_{heat,m,pref} \times \left(1 - f_{as,heat,sec\,i,m}\right) \times Q_{heat,gross,sec\,i,m}}{\eta_{gen,heat,pref}}$$

$$Q_{heat,final,sec\,i,m,npref} = \frac{\left(1 - f_{heat,m,pref}\right) \times \left(1 - f_{as,heat,sec\,i,m}\right) \times Q_{heat,gross,sec\,i,m}}{\eta_{gen,heat,npref}}$$

La consommation finale d'énergie pour l'humidification est donnée, par humidificateur, par :

$$Q_{hum,final,j,m,pref} = \frac{f_{heat,m,pref} \times \left(1 - f_{as,hum,j,m}\right) \times Q_{hum,net,j,m}}{\eta_{gen,heat,pref}}$$

$$Q_{hum,final,j,m,npref} = \frac{\left(1 - f_{heat,m,pref}\right) \times \left(1 - f_{as,hum,j,m}\right) \times Q_{hum,net,j,m}}{\eta_{gen,heat,npref}}$$

où :

$Q_{heat,final,sec\ i,m,pref}$ la consommation finale mensuelle d'énergie du/des générateur(s) de chaleur préférentiel(s) pour le chauffage du secteur énergétique i, en MJ ;

$f_{heat,m,pref}$ la fraction mensuelle de la quantité totale de chaleur fournie par le(s) générateur(s) de chaleur connecté(s) préférentiel(s), telle que déterminée au 7.3.1 (-) ;

$f_{as,\ m}$ la part des besoins de chaleur totaux, couverte par un système d'énergie solaire thermique, déterminée tel que décrit ci-dessous. Les indices 'heat,sec i' et 'hum,j' de la quantité de chaleur fournie correspondent respectivement au secteur énergétique i et à l'humidificateur j;

$Q_{heat,gross,sec\ i,m}$ les besoins mensuels bruts en énergie pour le chauffage du secteur énergétique i, déterminés selon le 6.2, en MJ ;

$\eta_{gen,heat,pref}$ le rendement de production du (des) générateur(s) de chaleur préférentiel(s), déterminé selon le 7.4.1 (-) ;

$Q_{heat,final,sec\ i,m,npref}$ la consommation finale mensuelle d'énergie du (des) générateur(s) de chaleur non préférentiel(s) pour le chauffage du secteur énergétique i, en MJ ;

$\eta_{gen,heat,npref}$ le rendement de production du (des) générateur(s) de chaleur non préférentiel(s), déterminé selon le 7.4.1 (-) ;

$Q_{hum,final,j,m,pref}$ la consommation finale mensuelle d'énergie du (des) générateur(s) de chaleur préférentiel(s) pour l'humidificateur j, en MJ ;

$Q_{hum,net,j,m}$ les besoins mensuels nets en énergie pour l'humidification d'un humidificateur j, déterminés selon le 5.9, en MJ ;

$Q_{hum,final,j,m,npref}$ la consommation finale mensuelle d'énergie du (des) générateur(s) de chaleur non préférentiel(s) pour l'humidificateur j, en MJ.

La contribution énergétique utile mensuelle (fraction solaire) d'un système d'énergie solaire thermique actif doit être déterminée au moyen d'un programme de calcul spécifique préalablement approuvé par le Ministre. L'énergie des auxiliaires (par exemple pour un circulateur) doit, en outre, être multipliée par le facteur de conversion en énergie primaire pour l'électricité et soustraite lors de la détermination de la contribution énergétique utile mensuelle. Dans le cas où il n'y a pas d'installation de panneaux solaires thermiques qui contribue à la production de chaleur d'un secteur énergétique i, ou d'un appareil d'humidification j, les fractions $f_{as,heat,sec\ i,m}$ et $f_{as,hum,j,m}$ sont nulles.

7.2.2 Refroidissement

La méthode de calcul appliquée au refroidissement est identique à celle utilisée pour le chauffage.

Si plusieurs générateurs de froid alimentent un secteur énergétique en froid et que ces générateurs n'ont pas tous le même rendement de production selon le 7.4 et/ou n'utilisent pas tous le même vecteur énergétique, on répartit de manière conventionnelle les besoins bruts en énergie pour le refroidissement entre les générateurs de froid préférentiels et non préférentiels tel que décrit ci-dessous.

Ce formalisme est maintenu même s'il n'y a qu'un seul générateur de froid, ou si tous les générateurs de froid selon le 7.4 ont le même rendement (et utilisent le même vecteur énergétique). Ce (groupe de) générateur(s) de froid constitue alors le générateur de froid préférentiel et assure(nt) 100% des besoins. Le générateur de froid non préférentiel (non défini) se voit attribuer 0% des besoins.

$$Q_{cool,final,sec\ i,m,pref} = \frac{f_{cool,pref} \times Q_{cool,gross,sec\ i,m}}{\eta_{gen,cool,m,pref}}$$

$$Q_{cool,final,sec\ i,m,npref} = \frac{\left(1 - f_{cool,pref}\right) \times Q_{cool,gross,sec\ i,m}}{\eta_{gen,cool,m,npref}}$$

où :

$Q_{cool,final,sec\ i,m,pref}$ la consommation finale mensuelle d'énergie du (des) générateur(s) de froid préférentiel(s) pour le refroidissement du secteur énergétique i, en MJ ;

$f_{cool,pref}$ la fraction annuelle moyenne de la quantité totale de froid fournie par le(s) générateur(s) de froid connectés préférentiels, tel que déterminé au 7.3.2 (-).

$Q_{cool,gross,sec\ i,m}$ les besoins mensuels bruts en énergie pour le refroidissement du secteur énergétique i, déterminés selon le 6.2, en MJ ;

$\eta_{gen,cool,\ m,\ pref}$ le rendement de production mensuel du (des) générateur(s) de froid préférentiel(s), déterminé selon le 7.4.2 (-) ;

$Q_{cool,final,sec\ i,m,npref}$ la consommation finale mensuelle d'énergie du (des) générateur(s) de froid non préférentiel(s) pour le refroidissement du secteur énergétique i, en MJ ;

$\eta_{gen,cool,\ m,\ npref}$ le rendement de production mensuel du (des) générateur(s) de froid non préférentiel(s), déterminé selon le 7.4.2 (-) ;

7.3 Répartition des besoins bruts en énergie entre générateurs préférentiels et non préférentiels

7.3.1 Chauffage

S'il n'y a qu'un seul générateur de chaleur pour le secteur énergétique considéré, ou si tous les générateurs de chaleur ont le même rendement de production selon le 7.4 (et qu'ils utilisent le même vecteur énergétique), on applique pour la fraction préférentielle mensuelle pour le chauffage :

$$f_{heat,m,pref} = 1.0$$

A l'exception du cas où le générateur préférentiel est une installation de cogénération sur site les valeurs de $f_{heat,m,pref}$ seront reprises dans le Tableau 9. Dans le cas d'une installation de cogénération sur site les valeurs pour $f_{heat,m,pref}$ peuvent être obtenues au Tableau 9a.

En cas d'application d'une cogénération en combinaison avec 1 ou plusieurs autres générateurs de chaleur, c'est la cogénération qui fait office de générateur de chaleur préférentiel.

En cas d'application d'une pompe à chaleur en combinaison avec 1 ou plusieurs autres générateurs de chaleur, autre que des appareils de cogénération, c'est la pompe à chaleur qui fait office de générateur de chaleur préférentiel.

Dans tous les autres cas, on prend comme générateur de chaleur préférentiel l'appareil qui a la valeur la plus basse pour le rapport entre le facteur d'énergie primaire et le rendement, déterminée selon le 7.4.1.

Tableau 9 - La fraction mensuelle de la chaleur totale fournie par le(s) générateur(s) de chaleur préférentiel(s) (à l'exception des cogénératoins sur site)

$\beta_{gen,heat}$ système préférentiel :	$f_{heat,m,pref}$ (fraction mensuelle)	
	pompe à chaleur	autres
de 0.0 à 0.1	0.00	0.00
de 0.1 à 0.2	0.48	0.00
de 0.2 à 0.3	0.79	0.50
de 0.3 à 0.4	0.93	0.80
de 0.4 à 0.6	0.97	1.00
de 0.6 à 0.8	0.98	1.00
supérieur ou égal à 0.8	1.00	1.00

On détermine le rapport entre la puissance nominale du (des) générateur(s) de chaleur préférentiel(s) et la puissance nominale de tous les générateurs de chaleur $\beta_{gen,heat}$ comme suit :

$$\beta_{gen,heat} = \frac{P_{gen,heat,pref}}{P_{gen,heat,pref} + P_{gen,heat,npref}}$$

où :

$\beta_{gen,heat}$ le rapport entre la puissance nominale des générateurs de chaleur préférentiels et la puissance nominale de tous les générateurs de chaleur pour le secteur énergétique ou l'humidificateur d'air (-) ;

$P_{gen,heat,pref}$ la puissance nominale totale des générateurs de chaleur préférentiels, en kW ;

$P_{gen,heat,npref}$ la puissance nominale totale des générateurs de chaleur non préférentiels, en kW.

Remarques :

1. La puissance nominale des chaudières est la puissance nominale visée par la directive européenne Chaudières ;

2. La puissance thermique des pompes à chaleur est déterminée selon NBN EN 14511, dans dans les conditions de test explicitées au point 10.2.3.3 de l'annexe I du présent Arrêté.

Tableau 9a - Valeur de la fraction mensuelle de la chaleur totale fournie par une installation de cogénération sur site

	$f_{heat,m,pref}$ (**Fraction mensuelle**)
Cas: $V_{stor,cogen} < V_{stor,30\ min}$:	
- $0 \leq x_m < 0.2$	0
- $0.2 \leq x_m < 0.6$	$1.25 \cdot x_m - 0.25$
- $0.6 \leq x_m < 092$	0.5
- $0.92 \leq x_m$	$\frac{0.77}{x_m + 0.62}$
Cas: $V_{stor,cogen} \geq V_{stor,30\ min}$:	
- $0 \leq x_m < 0.05$	0
- $0.05 \leq x_m < 0.25$	$2.9 \cdot x_m - 0.145$
- $0.25 \leq x_m < 0.42$	$0.94 \cdot x_m + 0.345$
- $0.42 \leq x_m$	$\frac{0.77}{x_m + 0.62}$

Les symboles présents dans le tableau sont définis comme suit:

x_m une variable auxiliaire, tel que déterminé à l'annexe A.5 de la présente annexe(-);

$V_{stor,cogen}$ le volume d'eau du ballon, servant au stockage de chaleur fournie par l'installation de cogénération, en m³;

$V_{stor,30\ min}$ le volume d'eau minimal du ballon afin de couvrir pendant 30 minutes la production de l'installation de cogénération sur site à pleine puissance, en m³, tel que déterminé à l'annexe A.6 de la présente annexe.

7.3.2 Refroidissement

S'il n'y a qu'un générateur de froid pour le secteur énergétique considéré, ou si tous les générateurs de froid ont le même rendement selon le 7.4 (et qu'ils utilisent le même vecteur énergétique), on applique pour la fraction préférentielle moyenne annuelle pour le refroidissement :

$$f_{cool,pref} = 1.0$$

Dans tous les autres cas, on tire la fraction préférentielle moyenne annuelle du Tableau 10.

En cas d'utilisation d'une machine frigorifique à absorption combinée avec 1 ou plusieurs autres générateurs de froid, c'est la machine frigorifique à absorption qui est pris comme générateur de froid préférentiel.

Dans tous les autres cas, on prend comme générateur de froid préférentiel le générateur avec la valeur la plus basse du rapport du facteur d'énergie primaire et le rendement de production, déterminé selon 7.4.2.

Tableau 10 - Fraction moyenne annuelle du froid total fourni par le(s) générateur(s) de froid préférentiel(s)

$f_{cool,pref}$, en fonction du rapport de puissance $\beta_{gen,cool}$.

$\beta_{gen,cool}$	$f_{cool,pref}$
de 0.0 à 0.1	0.1
de 0.1 à 0.2	0.2
de 0.2 à 0.3	0.5
de 0.3 à 0.5	0.8
de 0.5 à 1.0	1.0

On détermine le rapport entre la puissance nominale du (des) générateur(s) de froid préférentiel(s) et la puissance nominale de tous les générateurs de froid $\beta_{gen,cool}$ comme suit :

$$\beta_{gen,cool} = \frac{P_{gen,cool,pref}}{P_{gen,cool,pref} + P_{gen,cool,npref}}$$

où :

$\beta_{gen,cool}$ le rapport entre la puissance nominale de refroidissement du (des) générateur(s) de froid préférentiel(s) et la puissance nominale de refroidissement de tous les générateurs de froid pour le secteur énergétique (-) ;

$P_{gen,cool,pref}$ la puissance nominale totale de refroidissement du (des) générateur(s) de froid préférentiel(s), en kW ;

$P_{gen,cool,npref}$ la puissance nominale totale de refroidissement du (des) générateur(s) de froid non préférentiel(s), en kW.

La puissance de refroidissement à appliquer pour les différents types de générateurs de froid s'exprime comme suit :

- machines frigorifiques à compression : la puissance frigorifique mesurée dans les conditions d'essai décrites au 7.4.2 ;

- machines frigorifiques à absorption : la puissance frigorifique mesurée soit selon NBN EN 12309-2 ou selon "ARI Standard 560:2000, Absorption water chilling and water heating packages" ;

- accumulation de froid dans des nappes aquifères :

$$P_{gen,cool} = 41800 \times \phi_{well}$$

où :

ϕ_{well} le débit de la nappe aquifère repris dans le permis d'environnement, en m^3/s. S'il y a plusieurs sources, il s'agit du débit total de l'ensemble des sources.

7.4 Rendements de production pour le chauffage et le refroidissement

7.4.1 Rendement de production pour le chauffage

Le rendement de production d'un corps de chauffe $\eta_{gen,heat}$ se détermine de la même manière que dans le cas des immeubles résidentiels : voir le 10.2.3 de l'annexe I au présent Arrêté (méthode de détermination du niveau de consommation d'énergie primaire des bâtiments résidentiels).

La valeur par défaut pour la température de retour de conception des appareils d'humidification et des caissons de traitement d'air est de 70°C.

7.4.2 Rendement de production pour le refroidissement

Si aucun refroidissement actif n'est appliqué, on pose par hypothèse que le rendement de production est égal à 5.

Si une installation de refroidissement actif est effectivement placée, les règles suivantes sont d'application :

- pour les machines frigorifiques à compression, le rendement de production est égal à l'efficacité frigorifique (EERtest)déterminé selon NBN EN 14511 dans les 'standard rating conditions' tel qu'établi dans la partie 2 de la norme ;
- pour les autres générateurs de froid, on tire le rendement de production du Tableau 11.

Tableau 11 - Rendement de production mensuel pour le refroidissement actif

Générateur de froid	$\eta_{gen,cool}$
Machine frigorifique à absorption	$\eta_{sorption} \cdot \left(\frac{f_{heat,m,pref}}{\eta_{gen,heat,pref}} + \frac{1 - f_{heat,m,pref}}{\eta_{gen,heat,npref}} \right)^{-1}$
Utilisation directe de froid qui est stocké saisonnièrement dans le sol et/ou dans la nappe phréatique (sans utilisation d'une machine frigorifique ou d'une pompe à chaleur en mode réversible)	12
Utilisation indirecte de froid qui est stocké saisonnièrement dans le sol et/ou dans la nappe phréatique (avec utilisation d'une machine frigorifique ou d'une pompe à chaleur en mode réversible)	5

où :

$\eta_{sorption}$ le rendement de conversion de chaleur en froid pour une machine frigorifique commandée thermiquement, tel que déterminé ci-dessous(-) ;

$f_{heat,m,pref}$ fraction préférentielle mensuelle de la quantité de chaleur fournie par le générateur préférentiel, tel que déterminé au point 7.3.1 (-) ;

$\eta_{gen,heat,pref}$ le rendement de production du (des) générateur(s) de chaleur préférentiel(s), déterminé selon 7.4.1 (-) ;

$\eta_{gen,heat,npref}$ le rendement de production du (des) générateur(s) de chaleur non préférentiel(s), déterminé selon 7.4.1 (-).

On détermine le rendement de conversion de chaleur en froid comme suit :

- dans le cas d'une machine frigorifique à absorption avec une cogénération sur site, ηsorption vaut 1 ;
- dans le cas d'une machine frigorifique à absorption avec production de chaleur externe ηsorption vaut 0.7 ;
- dans tous les autres cas ηsorption peut être déterminé selon des règles spécifiées par le Ministre ou, à défaut, sur base d'une demande d'équivalence.

8 Consommation d'énergie auxiliaire des ventilateurs, pompes et veilleuses

La consommation conventionnelle finale d'énergie pour les ventilateurs, pompes et veilleuses est déterminée dans ce chapitre. La conversion en consommation d'énergie primaire s'effectue au 10.4.

8.1 Consommation d'électricité des ventilateurs affectés à la ventilation et à la circulation

8.1.1 Principe

La consommation d'électricité des ventilateurs affectés à la ventilation et à la circulation de l'air dans l' 'unité PEN' est déterminée comme le produit du nombre d'heures de service fixé ci-dessous et de la puissance effective à laquelle une pondération pour la régulation peut être intégrée. La puissance effective est déterminée à l'aide du débit d'air $\dot{V}_{supply}$ utilisé au 5.5, sauf si l'on démontre, sur base de la puissance installée réelle des ventilateurs, qu'une valeur inférieure s'applique pour la puissance effective.

On calcule la consommation annuelle d'électricité des ventilateurs suivant le 8.1.2. Si la ventilation est entièrement naturelle et qu'il n'y a pas de ventilateurs, la consommation est évidemment égale à zéro.

8.1.2 Consommation d'électricité des ventilateurs

On détermine la consommation mensuelle d'électricité des ventilateurs comme suit :

$$W_{fans,m} = \sum_i W_{fans,sec\ i,m}$$

où :

$W_{fans,m}$ la consommation mensuelle d'électricité des ventilateurs dans l' 'unité PEN' en kWh ;

$W_{fans,sec\ i,m}$ la consommation mensuelle d'électricité de tous les ventilateurs au service du secteur énergétique i, en kWh. La détermination s'effectue soit à l'aide de valeurs forfaitaires, 8.1.3, soit à l'aide des puissances installées réelles des moteurs électriques, 8.1.4.

Il faut effectuer une sommation sur tous les secteurs énergétiques i.

8.1.3 Consommation d'électricité pour les ventilateurs par secteur énergétique à l'aide de valeurs par défaut

Dans ce cas, on détermine, , la consommation mensuelle d'électricité pour les ventilateurs dans un secteur énergétique comme suit :

$$W_{fans,seci,m} = P_{def,seci} \times f_{fans,seci,m} \times \frac{t_m}{3.6}$$

où :

$W_{fans,sec\ i,m}$ la consommation mensuelle d'électricité pour les ventilateurs dans le secteur énergétique i, en kWh ;

$P_{def,sec\ i}$ la puissance effective forfaitaire des ventilateurs de pulsion et/ou d'extraction tel que déterminé ci-après, en W ;

$f_{fans,sec\ i,m}$ la fraction de temps pendant laquelle les ventilateurs sont en service au cours du mois considéré, déterminée selon le 8.1.5 (-) ;

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

La puissance effective forfaitaire des ventilateurs, $P_{def,sec\ i}$, est donnée par :

$$P_{def,sec\ i} = c_{sys} \times \dot{V}_{supply,sec\ i}$$

où :

c_{sys} une constante dépendant du système de climatisation présent dans le secteur énergétique, tel que déterminé ci-après, en Wh/m³ ;

$\dot{V}_{supply,sec\ i}$ le débit d'amenée d'air neuf de conception du secteur énergétique i tel qu'utilisé également au 5.5.2, en m³/h.

Pour un système où seule l'extraction est mécanique, on a :

$$c_{sys} = 0.33\ Wh/m^3$$

Pour un système comprenant une insufflation mécanique éventuellement combinée avec une extraction mécanique, sans refroidissement de l'air insufflé, on a :

$$c_{sys} = 0.55\ Wh/m^3$$

Dans tous les autres cas :

$$c_{sys} = 0.85\ Wh/m^3$$

8.1.4 Consommation d'électricité pour les ventilateurs par secteur énergétique sur base des puissances installées réelles

On détermine, dans ce cas, la consommation mensuelle d'électricité pour les ventilateurs dans un secteur énergétique comme suit :

$$W_{fans,sec\ i,m} = \sum_j 0.8 \times f_{ctrl,j} \times P_{instal,j} \times \frac{\dot{V}_{sec\ i,j}}{\dot{V}_j} \times f_{fans,sec\ i,m} \times \frac{t_m}{3.6}$$

où :

$W_{fans,sec\ i,m}$ la consommation mensuelle d'électricité pour les ventilateurs dans le secteur énergétique i, en kWh ;

$f_{ctrl,j}$ un facteur de réduction pour la régulation du ventilateur j, repris au Tableau 12, (-);

$P_{instal,j}$ la valeur de calcul pour la puissance électrique installée du ventilateur j, tel que déterminé ci-après, en W ;

$\dot{V}_{sec\ i,j}$ la part du débit de conception du ventilateur j au profit du secteur énergétique i, en m³/h ;

$\dot{V}_j$ le débit de conception total du ventilateur j, en m³/h ;

$f_{fans,sec\ i,m}$ la fraction du temps pendant laquelle les ventilateurs sont en service au cours du mois considéré, déterminée selon le 8.1.5 (-) ;

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

Il faut faire une sommation sur tous les ventilateurs j qui desservent le secteur énergétique i.

Tableau 12 Facteur de réduction $f_{ctrl,j}$ pour la régulation des ventilateurs

Numéro du système selon le Tableau 8	Sorte de régulation		
	Pas de régulation ou régulation par obturation	Régulation par aubage mobile ou régulation des pales	Régulation à vitesse de rotation variable
1, 2, 4, 5, 6, 8	1.00	0.75	0.65
3, 7	1.00	0.65	0.50

Remarque : on ne peut considérer comme telle une régulation du débit d'air volumique que si, pendant que la régulation est en service, le débit d'air volumique minimal exigé par la réglementation pour le renouvellement de l'air est garanti durant la période normale de service.

On détermine la valeur de calcul de la puissance électrique installée d'une des 2 manières suivantes :

- la puissance électrique maximale du moteur électrique , en W ;
- la puissance électrique maximale de la combinaison moteur électrique-ventilateur, , en W.

Pour la définition de la puissance électrique maximale, se reporter au point 2 de l'annexe I du présent Arrêté.

8.1.5 Fraction du temps pendant laquelle les ventilateurs sont en service

En l'absence d'un fonctionnement nocturne automatique destiné à évacuer les gains de chaleur excédentaires en cas de risque de surchauffe (voir le 5.5), on a :

$$f_{fans,sec\ i,m} = f_{vent,heat}$$

où :

$f_{fans,sec\ i,m}$ la fraction de temps pendant laquelle les ventilateurs sont en service au cours d'un mois donné (-) ;

$f_{vent,heat}$ la fraction de temps pendant laquelle la ventilation est en service, tel que considéré pour les calculs de chauffage. Elle est déterminée comme la moyenne par secteur énergétique, pondérée selon la surface d'utilisation, des valeurs de $f_{vent,heat,j}$ selon le Tableau 4 (-).

Par contre, s'il y a fonctionnement nocturne automatique[5] en vue d'évacuer les gains de chaleur excédentaires en cas de risque de surchauffe, il faut calculer la fraction de temps pendant laquelle les ventilateurs sont en service au cours d'un mois donné. On commence par déterminer la fraction de temps pendant laquelle la ventilation doit être en service pour que le rapport mensuel déperditions-gains, $\lambda_{sec\ i,m}$, visé au 5.3, soit égal à 1.5. Cette fraction calculée est appelée f_{calc}.

Si $f_{calc} \leq f_{vent,heat}$, on a $f_{fans,sec\ i,m} = f_{vent,heat}$

Si $f_{vent,heat} < f_{calc} < 1.0$, on a $f_{fans,sec\ i,m} = f_{calc}$

Si $1.0 \leq f_{calc}$, on a $f_{fans,sec\ i,m} = 1.0$

---

[5] Conformément au 5.5.5, tous les ventilateurs de la zone de ventilation auquel le secteur énergétique appartient doivent être équipés d'une régulation automatique. Si cette exigence n'est pas rencontrée, les calculs sont effectués avec les valeurs d'application pour une situation sans fonctionnement nocturne automatique.

8.2 Consommation d'électricité des circulateurs

8.2.1 Principe

La consommation d'électricité des circulateurs présents dans les circuits d'eau chaude et les circuits d'eau froide servant à la climatisation est déterminée à l'aide de valeurs imposées pour la consommation d'électricité par m², avec possibilité de valoriser l'application de régulations destinées à économiser l'énergie sur les circulateurs à l'aide d'un facteur de réduction.

8.2.2 Règle de calcul

On détermine la consommation mensuelle d'électricité des circulateurs en multipliant la consommation d'électricité pour les circulateurs par unité de temps et de surface (valeur 0.07) par la durée du mois considéré, par la somme des surfaces d'utilisation des secteurs énergétiques chauffés par eau et par la somme des surfaces d'utilisation des secteurs énergétiques refroidis par eau. Au besoin, on applique une correction pour la régulation.

$$W_{pumps,m} = 0.07 \times t_m \times \left(f_{ctrl,heat} \times \sum_i A_{f,sec\ i} + f_{ctrl,cool} \times \sum_j A_{f,sec\ j} \right)$$

où :

$W_{pumps,m}$ la consommation mensuelle d'électricité des circulateurs, en kWh ;

t_m la durée du mois considéré, en Ms, repris au Tableau 1 ;

$A_{f,sec\ i}$ la surface d'utilisation du secteur énergétique i, en m² ;

$f_{ctrl,heat}$ le facteur de réduction pour le type de régulation des circulateurs de chauffage, déterminé selon le 8.2.3 ;

$f_{ctrl,cool}$ le facteur de réduction pour le type de régulation des circulateurs de refroidissement, déterminé selon le 8.2.3 ;

Il faut effectuer une sommation sur tous les secteurs énergétiques i qui sont chauffés par eau et tous les secteurs énergétiques j qui sont refroidis par eau.

8.2.3 Facteurs de réduction pour la régulation appliquée aux circulateurs

8.2.3.1 Principe

Un facteur de réduction pour la valorisation de l'utilisation de régulations des circulateurs peut être utilisé pour les circulateurs indiqués au 8.2.3.2, si plus de 75% de la puissance électrique installée des circulateurs pour le chauffage et/ou le réchauffement de l'air de ventilation, ou des circulateurs présents dans les circuits d'eau froide pour le refroidissement et/ou la déshumidification de l'air de ventilation et/ou de l'air ambiant, est équipée d'une régulation visée au 8.2.3.3.

8.2.3.2 Conditions

L'évaluation des puissances électriques installées des moteurs des circulateurs peut tenir compte uniquement :

- des circulateurs présents dans les circuits d'eau de chauffage et/ou de réchauffement/humidification de l'air de ventilation ;
- des circulateurs présents dans les circuits d'eau froide destinée au refroidissement et/ou à la déshumidification de l'air de ventilation et/ou de l'air ambiant.

Lorsque des circulateurs sont installés en double à des fins de sauvegarde, il faut prendre en compte la puissance électrique du plus puissant des moteurs électriques.

8.2.3.3 Valeurs de calcul

8.2.3.3.1 Facteur de réduction pour une régulation type dans les circuits d'eau chaude

Si plus de 75% de la puissance électrique installée des moteurs des circulateurs des circuits d'eau chaude est équipée d'une régulation automatique de vitesse ou d'une régulation automatique de marche/arrêt, on a :

$$f_{ctrl,heat} = 0.5$$

Dans tous les autres cas :

$$f_{ctrl,heat} = 1.0$$

8.2.3.3.2 Facteur de réduction pour une régulation type dans les circuits d'eau froide

Si plus de 75% de la puissance électrique installée des moteurs des circulateurs des circuits d'eau froide est équipée d'une régulation automatique de vitesse, on a :

$$f_{ctrl,cool} = 0.5$$

Dans tous les autres cas :

$$f_{ctrl,cool} = 1.0$$

8.3 Consommation d'énergie des veilleuses

La consommation mensuelle d'énergie secondaire des veilleuses, en MJ, s'obtient comme le produit de la durée du mois par la somme des puissances de toutes les veilleuses :

$$Q_{pilot,m} = t_m \sum_j P_{pilot,j}$$

où :

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

$P_{pilot,j}$ une valeur de calcul fixe pour la puissance d'une veilleuse, à savoir 80 W.

Il faut faire une sommation sur tous les générateurs de chaleur j qui contribuent au chauffage et/ou à l'humidification de l' 'unité PEN' et qui sont équipés d'une veilleuse. Seule exception : les appareils de chauffage local. Pour ces appareils, la consommation de la veilleuse a déjà été prise en compte dans le rendement de production.

9 Consommation d'énergie pour l'éclairage

9.1 Principe

Ce chapitre est consacré à la détermination de la consommation conventionnelle d'électricité pour l'éclairage. La conversion de la consommation d'électricité en consommation d'énergie primaire s'effectue au 10.5.

Seul l'éclairage fixe situé à l'intérieur de l' 'unité PEN' est pris en compte dans les calculs. La manière de diviser le bâtiment et de déterminer l' 'unité PEN', ainsi que son éventuelle subdivision en secteurs énergétiques, est décrite au 3.

Des exemples d'éclairage situés en dehors de l' 'unité PEN' peuvent, par exemple, être (selon le bâtiment) :
- un éclairage extérieur ;
- un éclairage intérieur dans des espaces situés hors du volume protégé ;
- un éclairage dans des parties résidentielles du bâtiment ;
- un éclairage d'autres espaces situés à l'intérieur du volume protégé mais pour lesquels il ne faut pas effectuer de calcul PEN.

A l'intérieur de l' 'unité PEN', les formes d'éclairage suivantes ne sont pas prises en considération :
- l'éclairage 'indépendant' : on entend par là les appareils indépendants (non fixes) que l'utilisateur branche sur le réseau électrique en insérant une fiche dans une prise, par exemple les lampes de bureau, certaines lampes fixées aux cadres de tableaux, etc ;
- les appareils qui assurent la signalisation des issues de secours (et qui restent souvent allumées en permanence) ;
- l'éclairage de secours (dans la mesure où il s'allume uniquement en cas d'urgence) ;
- l'éclairage des cabines et cages d'ascenseur.

La consommation des batteries présentes dans les systèmes d'éclairage (par exemple dans les interrupteurs sans fil) n'est pas prise en considération dans la détermination du niveau E.

Selon le 3.3, l' 'unité PEN' est subdivisée en 1 ou plusieurs secteurs énergétiques. La consommation d'électricité pour l'éclairage est la somme de la consommation de chacun des secteurs, voir le 9.2. Dans chaque secteur énergétique, la consommation d'électricité pour l'éclairage est déterminée d'une des deux manières suivantes :
- de manière forfaitaire (9.3) ;
- sur base de la puissance réellement installée, en prenant en considération les facteurs suivants (9.4) :
  - le type de contrôle ;
  - le nombre d'heures d'utilisation conventionnel ;

- la puissance des lampes installées, éléments auxiliaires des sources lumineuses compris, et la puissance des éventuels capteurs et éléments de contrôle ;
- la présence éventuelle d'une zone de lumière naturelle avec élément de contrôle adapté.

Si aucun éclairage fixe n'est installé dans un espace, on effectue le calcul dans cet espace, avec, par convention, les valeurs fixes telles que prescrites (ces valeurs sont égales aux valeurs utilisées pour le calcul sur base des valeurs forfaitaires dans le cas où il y a un éclairage).

9.2 Consommation d'électricité pour l'éclairage

La consommation annuelle d'électricité pour l'éclairage de l' 'unité PEN' est la somme de la consommation d'électricité pour l'éclairage de chacun des secteurs énergétiques et de la consommation d'électricité éventuelle de tous les éléments de contrôles, et similaires qui se trouvent hors de l' 'unité PEN' mais qui sont (en tout ou en partie) liés à l'installation d'éclairage située à l'intérieure de l' 'unité PEN' :

$$W_{light} = \sum_{i} W_{light,sec\ i} + \sum_{r} W_{light,rm\ r,ctrl}$$

où :

W_{light} la consommation annuelle d'électricité pour l'éclairage, en kWh ;

$W_{light,sec\ i}$ la consommation annuelle d'électricité pour l'éclairage du secteur énergétique i, en kWh, déterminée selon 9.3 ou 9.4 ;

$W_{light,rm\ r,ctrl}$ la consommation annuelle d'électricité pour les éléments de contrôles et similaires installés hors de l' 'unité PEN' mais (en tout ou en partie) liés à l'installation d'éclairage des espaces r situés dans l' 'unité PEN', en kWh, déterminée selon le 9.4.3.3.3.

Il faut faire une sommation sur tous les secteurs énergétiques i de l'unité PEB et sur tous les espaces r hors de l'unité PEB.

9.3 Consommation d'électricité pour l'éclairage sur base des valeurs par défaut

On prend la valeur suivante pour la variable auxiliaire $L_{rm\ r}$. Cette valeur est nécessaire pour déterminer la valeur de référence de la consommation annuelle d'énergie primaire (4) :

$$L_{rm\ r} = 500$$

On détermine la consommation d'énergie pour l'éclairage, y compris la consommation éventuelle des systèmes de contrôle, du secteur énergétique considéré comme suit :

$$W_{light,sec\ i} = \sum_{r} A_{f,rm\ r} \times p_{light,def} \times \left(t_{day} + t_{night}\right)$$

où :

$W_{light,sec\ i}$ la consommation d'électricité pour l'éclairage dans le secteur énergétique i, en kWh ;

$A_{f,rm\ r}$ la surface d'utilisation dans l'espace r, en m² ;

$p_{light,def}$ la valeur fixe de la puissance spécifique pour l'éclairage. On prend : $p_{light,def}$ = 0.020 kW/m²

t_{day} le nombre conventionnel d'heures d'utilisation par année en période diurne, repris au Tableau 15, en h ;

t_{night} le nombre d'heures d'utilisation conventionnel par année en période nocturne, repris au Tableau 15, en h ;

Le calcul se base sur la sommation des consommations de tous les espaces r du secteur énergétique i.

On prend une valeur nulle pour la consommation annuelle d'électricité des éléments de contrôle situés hors de l' 'unité PEN' qui sont uniquement liés aux luminaires situés dans les espaces du secteur énergétique i considéré :

$$\sum_{r} W_{light,rm\ r,ctrl} = 0$$

où :

$W_{light,rm\ r,ctrl}$ la consommation annuelle d'électricité pour les éléments de contrôles et similaires installés dans des espaces extérieurs à l' 'unité PEN' et qui sont uniquement liés à l'éclairage situé à l'intérieur du secteur énergétique i considéré, en kWh ;

Si les éléments de contrôles sont également liés à des luminaires situés dans d'autres secteurs énergétiques et si l'on détermine la consommation d'électricité pour l'éclairage de ces secteurs énergétiques sur base de la puissance réellement installée, il faut calculer leur consommation tel que décrit au 9.4.3.3.3.

9.4 Consommation d'électricité pour l'éclairage sur base de la puissance réellement installée

9.4.1 Principe

On détermine avant tout, pour chaque espace, une variable auxiliaire $L_{rm\ r}$ (9.4.2). Cette variable est un reflet approximatif du niveau d'éclairement moyen. Elle détermine, avec d'autres paramètres, la valeur de référence de la consommation annuelle caractéristique d'énergie primaire (4). Elle est également utilisée pour déterminer la valeur de calcul réduite des puissances installées dans le cas d'une installation à puissance d'éclairage modulable (9.4.4). La variable auxiliaire $L_{rm\ r}$ peut être déterminée de 2 manières :

- soit au moyen d'une méthode conventionnelle simple (9.4.2.2) ;
- ou au moyen de calculs détaillés (9.4.2.3).

La première méthode peut suffire pour la plupart des applications. Dans la méthode conventionnelle, certains luminaires n'entrent pas en compte dans le calcul de la variable auxiliaire $L_{rm\ r}$ (mais leur consommation d'électricité doit obligatoirement toujours être incluse dans les calculs ! voir 9.4.3). Si on le souhaite, on peut, dans ce cas, utiliser la seconde méthode pour quand même prendre en compte leur contribution dans le calcul de $L_{rm\ r}$.

On détermine ensuite, pour chaque espace, la consommation d'électricité de l'installation d'éclairage comme le produit des puissances d'éclairage installées, y compris les éléments auxiliaires et les éventuels éléments de contrôle, par le nombre annuel d'heures durant lesquelles l'éclairage est allumé, prenant en compte la présence des commandes et/ou des éléments de contrôle. On y ajoute ensuite la consommation d'électricité des éléments de contrôle pour autant qu'elle n'ait pas encore été prise en compte dans le terme précédent. Si le flux lumineux de l'éclairage artificiel peut être modulé séparément, l'apport de lumière naturelle peut être valorisé en fonction de la surface vitrée de la façade et de la transmission visuelle du vitrage. A cette fin, on divise l'espace de manière conventionnelle en une partie dite « éclairée artificiellement » et une partie dite « éclairée naturellement » selon le 9.4.5.

9.4.2 Détermination de la variable auxiliaire $L_{rm\ r}$

9.4.2.1 Détermination de la variable auxiliaire $L_{rm\ r}$ dans des espaces sans installation d'éclairage fixe.

Dans les espaces où aucun éclairage fixe n'est installé, on prend par convention la valeur :

$$L_{rm\ r} = 500$$

9.4.2.2 Détermination de la variable auxiliaire Lrm r de manière conventionnelle

On détermine la variable auxiliaire $L_{rm\ r}$ pour l'espace r comme suit :

$$L_{rm\ r} = \frac{\sum_k n_k \times \left[.N2_k \times .N4_k + 0.5 \times (1 - .N4_k)\right] \times .N5_k \times 0.85 \times PHIS_k}{A_{f,rm\ r}}$$

où :

$L_{rm\ r}$ 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 :

$$PHIS_k = \sum_m PHI_m$$

où :

PHI_m le flux lumineux de la lampe m, déterminé selon CIE 84, en lumen ;

à cette fin, on effectue une sommation sur toutes les lampes m qui se trouvent dans le luminaire de type k ;

$A_{f,rm\ r}$ la surface d'utilisation de l'espace r, en m².

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 $L_{rm\ r}$ (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 $L_{rm\ r}$ 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 $L_{rm\ r}$, 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 $L_{rm\ r}$ 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 $L_{rm\ r}$ 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 $L_{rm\ r}$, 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 $L_{rm\ r}$ 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.

La variable auxiliaire $L_{rm\ r}$ 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.

La variable auxiliaire $L_{rm\ r}$ est assimilée à l'éclairement moyen sur le plan fictif.

Le programme utilisé pour le calcul doit être au préalable approuvé par le Ministre.

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 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 :

$$W_{light,sec\ i} = \sum_{r} W_{light,rm\ r}$$

où :

$W_{light,sec\ i}$ la consommation d'électricité pour l'éclairage du secteur énergétique i, en kWh ;

$W_{light,rm\ r}$ la consommation d'électricité pour l'éclairage de l'espace r dans le secteur énergétique i, en kWh, déterminée selon le 9.4.3.2 ou le 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 annuelle est par convention de :

$$W_{light,rm\ r} = A_{f,rm\ r} \times p_{light,abs} \times \left(t_{day} + t_{night}\right)$$

où :

$W_{light,rm\ r}$ la consommation d'électricité pour l'éclairage de l'espace r, en kWh ;

$A_{f,rm\ r}$ la surface d'utilisation de l'espace r où aucun éclairage fixe n'est installé, en m² ;

$p_{light,abs}$ une valeur fixe pour la puissance spécifique de l'éclairage. On prend : $p_{light,abs}$ = 0.020 kW/m²

t_{day} le nombre conventionnel d'heures d'utilisation par année en période diurne, repris au Tableau 15, en h ;

t_{night} le nombre conventionnel d'heures d'utilisation par année 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 annuelle 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 :

$$W_{light,rm\ r} = W_{light,rm\ r,artifarea} + W_{light,rm\ r,daylarea} + W_{light,rm\ r,ctrl}$$

où :

$W_{light,rm\ r}$ la consommation d'électricité pour l'éclairage de l'espace r, en kWh ;

$W_{light,rm\ r,artif\ area}$ la consommation d'électricité dans la partie dite « éclairée artificiellement » de l'espace r, déterminée selon le 9.4.3.3.1, en kWh ;

$W_{light,rm\ r,dayl\ area}$ la consommation d'électricité dans la partie dite « éclairée naturellement » de l'espace r, déterminée selon le 9.4.3.3.2 en kWh ;

$W_{light,rm\ r,ctrl}$ la consommation d'électricité du contrôle qui n'a pas encore été prise en compte dans les deux termes précédents, déterminée selon le 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 annuelle pour la partie dite « éclairée artificiellement » d'un espace r comme suit :

$$W_{light,rm\ r,artif\ area} = P_{light,rm\ r} \times \frac{A_{f,rm\ r,artif\ area}}{A_{f,rm\ r}} \times f_{switch} \times f_{mod,artif} \times (t_{day} + t_{night})$$

où :

$W_{light,rm\ r,artif\ area}$ la consommation d'électricité de l'éclairage dans la partie dite « éclairée artificiellement » de l'espace r, en kWh ;

$P_{light,rm\ r}$ la valeur de calcul pour la puissance de l'éclairage dans l'ensemble de l'espace r, déterminée selon le 9.4.4, en kW ;

$A_{f,rm\ r,artif\ area}$ la surface d'utilisation de la partie éclairée artificiellement dans l'espace r, déterminée selon le 9.4.5, en m² ;

$A_{f,rm\ r}$ la surface d'utilisation de l'espace r, en m² ;

f_{switch} le facteur de réduction du système d'allumage et d'extinction (mise sous tension), repris au Tableau 13 ;

$f_{mod,artif}$ le facteur de réduction du système de modulation dans la partie dite « éclairée artificiellement », repris au Tableau 14 ;

t_{day} le nombre conventionnel d'heures d'utilisation annuelles diurnes, repris au Tableau 15, en h ;

t_{night} le nombre conventionnel d'heures d'utilisation annuelles nocturnes, repris au Tableau 15, 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 13 - 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 m²	
• 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 ≥ 30 m²	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 m²	
• 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 ≥ 30 m²	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 m².

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

---

[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 8m² et une valeur de 1.0 pour A_s supérieur à 30m². Entre les deux, la valeur varie de manière linéaire.

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 m²) 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 m².

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).

Tableau 14 - Facteur de modulation fonction du système de modulation

Description de la modulation	$f_{mod,dayl}$	$f_{mod,artif}$
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*(A_m - 8)/22)]	max[0.8 ; min(1.0 ; 0.8+0.2*(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 $f_{mod,dayl/artif}$.

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).

---

[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.

Tableau 15 - Valeur conventionnelle pour le calcul du nombre d'heures d'utilisation annuelles diurnes t_{day} et nocturnes t_{night}

Destination	Heures d'utilisation diurnes t_{day} (h)	Heures d'utilisation nocturnes t_{night} (h)
Bureau Ecole	2200	150

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

On détermine la consommation d'électricité annuelle 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 :

$$W_{light,rm\ r,daylarea} = P_{light,rm\ r} \times \frac{A_{f,rm\ r,daylarea}}{A_{f,rm\ r}} \times f_{switch} \times (f_{mod,dayl} \times t_{day} + f_{mod,artif} \times t_{night})$$

où :

$W_{light,rm\ r,dayl\ area}$ la consommation d'électricité de l'éclairage dans la partie dite « éclairée naturellement » de l'espace r, en kWh ;

$P_{light,rm\ r}$ la valeur de calcul de la puissance de l'installation d'éclairage dans l'ensemble de l'espace r, déterminée selon le 9.4.4, en kW ;

$A_{f,rm\ r,dayl\ area}$ la surface au sol de la partie dite « éclairée naturellement » dans l'espace r, déterminée selon le 9.4.5, en m² ;

$A_{f,rm\ r}$ la surface d'utilisation de l'espace r, en m² ;

t_{day} le nombre d'heures d'utilisation annuelles diurnes, repris au Tableau 15, en h ;

t_{night} le nombre d'heures d'utilisation annuelles nocturnes, repris au Tableau 15, en h ;

f_{switch} le facteur de réduction pour le système d'allumage et d'extinction (mise sous tension), repris au Tableau 13;

$f_{mod,dayl}$ le facteur de modulation du système d'éclairage de la partie dite « éclairée naturellement », repris au Tableau 14 ;

$f_{mod,artif}$ le facteur de modulation du système d'éclairage de la partie dite « éclairée artificiellement », repris au Tableau 14.

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 luminaires[9]

Pour chaque espace, on détermine la consommation d'électricité annuelle 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 :

$$W_{light,rm\ r,ctrl} = \sum_k \Big[P_{light,rm\ r,ctrl,on,k} \times f_{switch} \times \left(t_{day} + t_{night}\right) + P_{light,rm\ r,ctrl,off,k} \times \left(8760 - f_{switch} \times \left(t_{day} + t_{night}\right)\right) \Big] / 1000$$

où :

$W_{light,rm\ r,ctrl}$ la consommation d'électricité annuelle de l'élément de contrôle qui n'est pas encore comprise dans la consommation déterminée selon le 9.4.3.3.1 et le 9.4.3.2, en kWh ;

$P_{light,rm\ r,ctrl,on,k}$ 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 ;

$P_{light,rm\ r,ctrl,off,k}$ 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 (mise sous tension) et d'extinction de l'espace lié à l'appareil, repris au Tableau 13 ;

---

[9] Les consommations parasitaires 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 $W_{light,rm\ r,ctrl}$ = 0 kWh.

t_{day} le nombre d'heures d'utilisation annuelles diurnes, repris au Tableau 15, en h ;

t_{night} le nombre d'heures d'utilisation annuelles nocturnes, repris au Tableau 15, 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 :

$$P_{nom,rm\ r} = \frac{\sum_k P_{fitting,k}}{1000}$$

où :

$P_{nom,rm\ r}$ 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 ;

$P_{fitting,k}$ 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 présents dans 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 :

$$P_{light,rm\ r} = P_{nom,rm\ r}$$

où :

$P_{light,rm\ r}$ la valeur de la puissance, en kW ;

$P_{nom,rm\ r}$ 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'éclairage[10] :

$$P_{light,rm\ r} = P_{nom,rm\ r} \times \min\left(1, \frac{L_{thresh} + f_{reduc} \times (L_{rm\ r} - L_{thresh})}{L_{rm\ r}}\right)$$

où :

$P_{light,rm\ r}$ la valeur de la puissance d'éclairage, en kW ;

$P_{nom,rm\ r}$ la valeur de la puissance nominale, telle que déterminée ci-dessus, en kW ;

$L_{rm\ r}$ la variable auxiliaire, déterminée selon le 9.4.2 ;

f_{reduc} facteur de réduction de la variable auxiliaire ayant comme valeur : f_{reduc} = 0.5 ;

L_{thresh} valeur seuil de L, ayant comme valeur : L_{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 14).

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).

---

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

9.4.5.1 Méthode détaillée

Si l'on recourt à la méthode détaillée, il faut respecter les conventions suivantes :

- 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) doit être approuvée 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 le 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 :

$$A_{f,rm\ r,dayl\ area} = A_{f,rm\ r,dayl\ area,vert} + A_{f,rm\ r,dayl\ area,depth} - A_{f,rm\ r,overlap}$$

où :

$A_{f,rm\ r,dayl\ area}$ la surface totale d'utilisation de la partie dite « éclairée naturellement » de l'espace r, en m² ;

$A_{f,rm\ r,dayl\ area,vert}$ la surface d'utilisation correspondant à la projection verticale des baies, la détermination s'effectue selon le 9.4.5.2.1, en m² ;

$A_{f,rm\ r,dayl\ area,depth}$ la surface d'utilisation correspondant à la contribution des surfaces verticales équivalentes des baies, déterminée selon le 9.4.5.2.2, en m² ;

$A_{f,rm\ r,overlap}$ 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 m².

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

$$A_{f,rm\ r,artif\ area} = A_{f,rm\ r} - A_{f,rm\ r,dayl\ area}$$

où :

$A_{f,rm\ r,artif\ area}$ la surface d'utilisation de la partie dite « éclairée artificiellement » de l'espace r, en m² ;

$A_{f,rm\ r}$ la surface d'utilisation totale de l'espace r, en m² ;

$A_{f,rm\ r,dayl\ area}$ la surface de la partie dite « éclairée naturellement » de l'espace r, telle que déterminée ci-dessus, en m².

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.

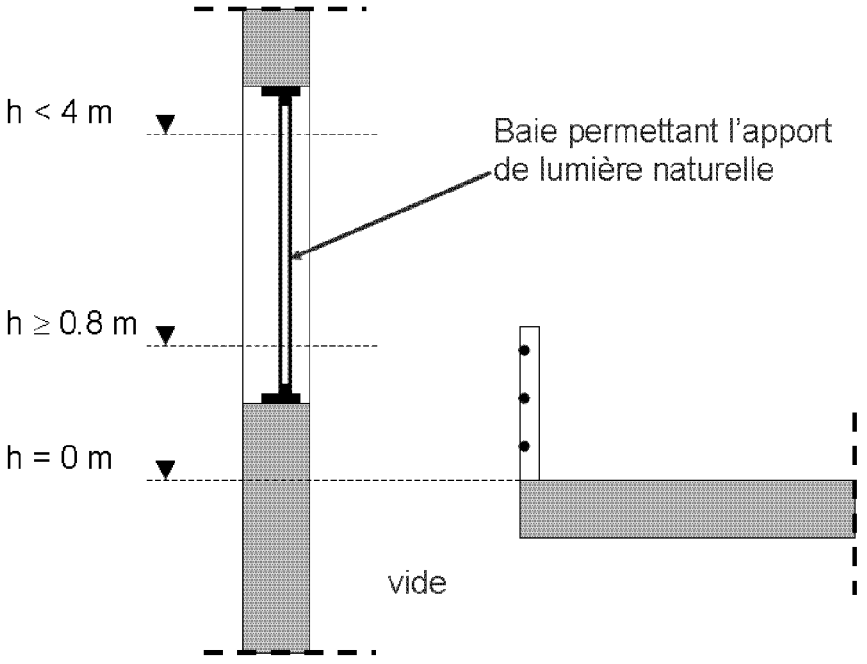

Figure 1 - Projection du niveau fini du sol sur la façade (par exemple en cas de vide) et limitation des hauteurs minimum et maximum à considérer pour la détermination de la baie verticale (équivalente) permettant l'apport de lumière naturelle

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'intérieur[11] 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 :

$$A_{f,rm\ r,daylarea,vert} = \sum_k A_{f,rm\ r,daylarea,vert,k}$$

---

[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 ».

où :

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

$A_{f,rm\ r,dayl\ area,vert,k}$ 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.

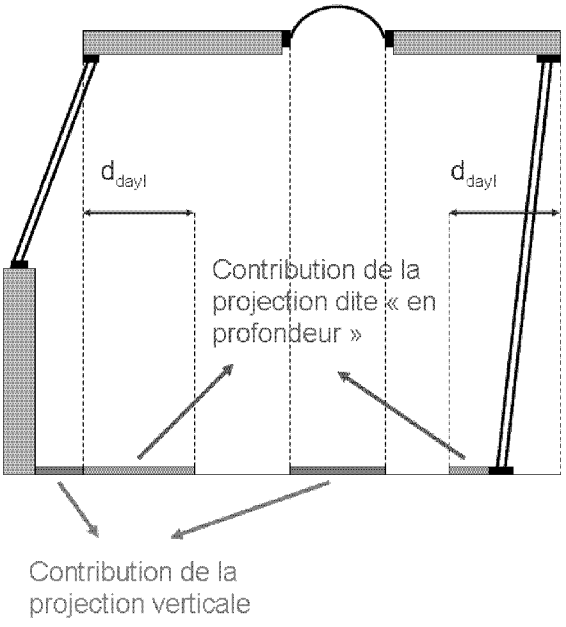

Figure 2 - Contributions de la projection verticale et de la projection dite « en profondeur »

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 :

$$A_{f,rm\ r,dayl\ area,depth} = \sum_{k} l_{dayl,k} \times d_{dayl,int,k}$$

où :

$A_{f,rm\ r,dayl\ area,depth}$ 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 le 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 le 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).

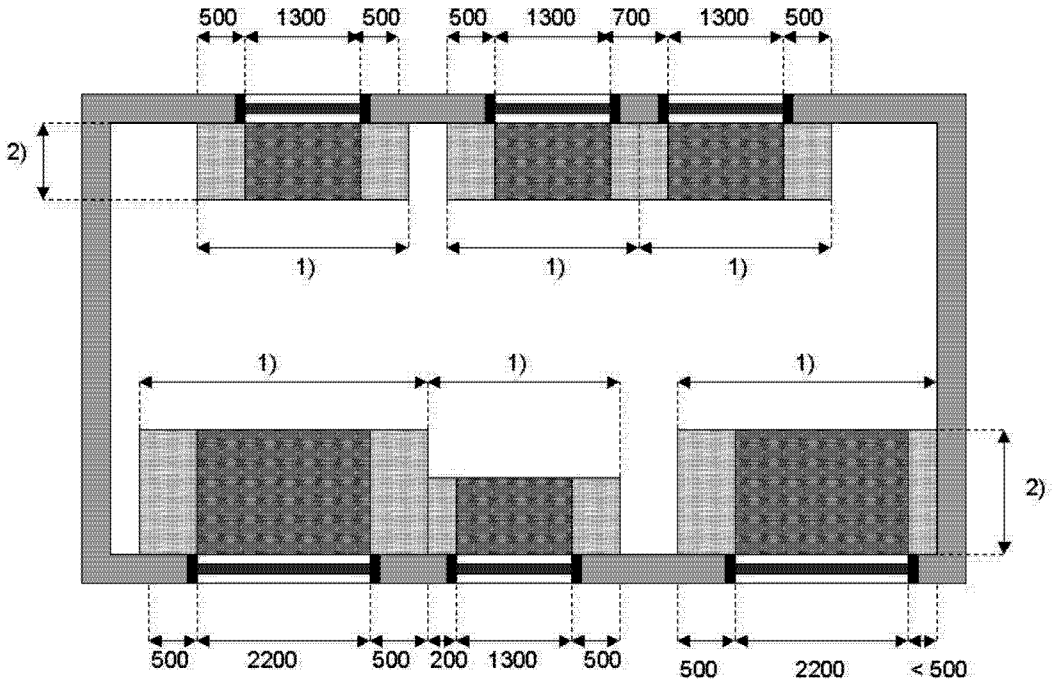

Figure 3 - Parties de la surface d'utilisation derrière des éléments transparents/translucides et opaques d'une façade, qui appartiennent à la partie dite « éclairée naturellement »

(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 x τ_v) est inférieure à 0.50, on a :

$$d_{dayl} = 0 \text{ m}$$

2. Si la valeur numérique de (h_o x τ_v) est supérieure ou égale à 0.50, on a :

$$d_{dayl} = 0.5 + 3\ (h_o \times \tau_v)$$

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 $\tau_{vis,dir,h}$ (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 :

$$h_o = u_o - l_o$$

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 :

$$E_{\text{char ann prim en cons}} = E_{p,light} + \sum_{m=1}^{12}\left(E_{p,heat,m} + E_{p,cool,m} + E_{p,aux,m} - E_{p,pv,m} - E_{p,cogen,m}\right)$$

où :

$E_{\text{char ann prim en cons}}$ la consommation caractéristique annuelle d'énergie primaire, en MJ ;

$E_{p,light}$ la consommation annuelle d'énergie primaire pour l'éclairage, calculée selon le 10.5, en MJ ;

$E_{p,heat,m}$ la consommation mensuelle d'énergie primaire pour le chauffage, calculée selon le 10.3, en MJ ;

$E_{p,cool,m}$ la consommation mensuelle d'énergie primaire pour le refroidissement, calculée selon le 10.3, en MJ ;

$E_{p,aux,m}$ la consommation mensuelle d'énergie primaire pour les auxiliaires (ventilateurs et pompes), calculée selon le 10.4, en MJ ;

$E_{p,pv,m}$ l'économie mensuelle d'énergie primaire réalisée grâce à la production d'électricité par une installation solaire photovoltaïque intégrée au bâtiment, calculée selon le 13.7 de l'annexe I au présent Arrêté (méthode de détermination du niveau de consommation d'énergie primaire des bâtiments résidentiels), en MJ ;

$E_{p,cogen,m}$ l'économie mensuelle d'énergie primaire réalisée grâce à la production d'électricité au moyen d'une cogénération sur site, calculée selon le 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 :

$$E_{p,heat,m} = \sum_i \left(f_p \times Q_{heat,final,sec\ i,m,pref} + f_p \times Q_{heat,final,sec\ i,m,npref} \right)$$

$$+ \sum_j \left(f_p \times Q_{hum,final,j,m,pref} + f_p \times Q_{hum,final,j,m,npref} \right)$$

et

$$E_{p,cool,m} = \sum_i \left(f_p \times Q_{cool,final,sec\ i,m,pref} + f_p \times Q_{cool,final,sec\ i,m,npref} \right)$$

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 ;

$Q_{heat,final,sec\ i,m,pref}$ 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 ;

$Q_{heat,final,sec\ i,m,npref}$ 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 PEN', en MJ ;

$Q_{cool,final,sec\ i,m,pref}$ 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 ;

$Q_{cool,final,sec\ i,m,npref}$ 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 :

$$E_{p,aux,m} = f_p \times 3.6 \times \left(W_{fans,m} + W_{pumps,m}\right) + f_p \times Q_{pilot}$$

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 texte principal du présent Arrêté (-) ;

$W_{fans,m}$ la consommation mensuelle d'électricité pour les ventilateurs dans l' 'unité PEN', déterminée selon le 8.1.2, en kWh ;

$W_{pumps,m}$ la consommation mensuelle d'électricité pour les pompes dans l' 'unité PEN', déterminée selon le 8.2, 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 le 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 :

$$E_{p,light} = f_p \times 3.6 \times W_{light}$$

où :

$E_{p,light}$ la consommation d'énergie primaire pour l'éclairage, calculée selon le 10.5, en MJ ;

f_p le facteur conventionnel de conversion en énergie primaire pour l'électricité, tel qu'établi dans le texte principal du présent Arrêté (-) ;

W_{light} la consommation totale d'électricité pour l'éclairage dans l' 'unité PEN', déterminée selon le 9.2, en kWh.

10.6 L'économie d'énergie primaire réalisée grâce à l'électricité produite par une cogénération sur site

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

$$E_{p,cogen,m} = \sum_i f_p \times 3.6 \times W_{cogen,i,m}$$

où :

$E_{p,cogen,m}$ la réduction mensuelle de la consommation d'énergie primaire qui correspond 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 texte principal du présent Arrêté (-) ;

$W_{cogen,\ i,m}$ la quantité mensuelle d'électricité produite par l'installation de cogénération sur site i, déterminée selon l'annexe A.4, en kWh.

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

Annexe 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 I, pour les secteurs énergétiques de l''unité PER' et au point 7.2 de la présente annexe, pour les secteurs énergétiques de l''unité PEN'. Au point 12.2.2 de l'annexe I du présent Arrêté pour les 'unités PER' et au point 10.6 de la présente annexe pour les 'unités PEN', cette production est convertie en quantité d'énergie primaire économisée. Dans cette annexe A est déterminée la production d'énergie par cogénération.

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

Le rendement de conversion électrique de l'installation de 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 :

$$P_{cogen,elec} = a \times (P_{cogen,th})^{b}$$

où:

$P_{cogen,elec}$ 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 16 (-) ;

$P_{cogen,th}$ 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 16 - 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 : $P_{cogen,elec}$ < 5 kW

Relevez les rendements de conversion électrique et thermique de l'installation de cogénération dans le Tableau 17 :

Tableau 17 - Rendements de conversion électrique et thermique de la cogénération (moteur à combustion interne, Pcogen,elec < 5 kW)

Combustible	$\varepsilon_{cogen,elec}$	$\varepsilon_{cogen,th}$
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 kw ≤ $P_{cogen,elec}$ ≤ 5000 kW

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

$$\varepsilon_{cogen,elec} = a_{elec} \times (P_{cogen,elec})^{b_{elec}}$$

$$\varepsilon_{cogen,th} = a_{th} \times (P_{cogen,elec})^{b_{th}}$$

où:

$\varepsilon_{cogen,elec}$ le rendement de conversion électrique de l'installation de cogénération (-);

a_{elec}, b_{elec} des paramètres (variables en fonction du combustible utilisé) pour déterminer le rendement de conversion électrique, issus du Tableau 18 (-);

$P_{cogen,elec}$ la puissance électrique de l'installation de cogénération, en kW. Si cette puissance n'est pas connue, elle est déterminée comme décrit ci-dessus;

$\varepsilon_{cogen,th}$ le rendement de conversion thermique de l'installation de cogénération (-);

a_{th}, b_{th} des paramètres (variables en fonction du combustible utilisé) pour déterminer le rendement de conversion thermique, issus du Tableau 18 (-).

Tableau 18 - Paramètres pour déterminer le rendement de conversion électrique et thermique de la cogénération (moteur à combustion interne, 5 kw ≤ Pcogen,elec ≤ 5000 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 : $P_{cogen,elec}$ > 5000 kW

Relevez les rendements de conversion électrique et thermique de l'installation de cogénération dans le Tableau 19.

Tableau 19 - Rendements de conversion électrique et thermique de la cogénération (moteur à combustion interne, Pcogen,elec > 5000 kW)

Combustible	$\varepsilon_{cogen,elec}$	$\varepsilon_{cogen,th}$
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 installations de cogénération 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 :

$$\varepsilon_{cogen,elec} = 0.77 \times \frac{P_{cogen,elec}}{P_{cogen,elec} + P_{cogen,th}}$$

$$\varepsilon_{cogen,th} = 0.77 \times \frac{P_{cogen,th}}{P_{cogen,elec} + P_{cogen,th}}$$

où :

$\varepsilon_{cogen,elec}$ le rendement de conversion électrique de l'installation de cogénération (-) ;

$P_{cogen,th}$ la puissance thermique de l'installation de cogénération, en kW. Cette puissance est déterminée conformément à la méthode utilisée pour les appareils au gaz ;

$P_{cogen,elec}$ la puissance électrique de l'installation de cogénération, en kW ;

$\varepsilon_{cogen,th}$ le rendement de conversion thermique de l'installation de cogénération (-).

A.3. Détermination de la consommation mensuelle d'énergie finale par une installation de cogénération sur site dans une 'unité PEB'

A.3.1. Règle de calcul

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

$$Q_{cogen,final,i,m} = \frac{Q_{cogen,heat,i,m} + Q_{cogen,hum,i,m} + Q_{cogen,cool,i,m}}{\varepsilon_{cogen,th}}$$

où :

$Q_{cogen,final,i,m}$ la consommation mensuelle d'énergie finale de l'installation de cogénération i dans une 'unité PEB', en MJ ;

$Q_{cogen,heat,i,m}$ la part de l'installation de cogénération i dans les besoins mensuels bruts en chaleur pour le chauffage dans une 'unité PEB', déterminée selon le point A.3.2, en MJ ;

$Q_{cogen,hum,i,m}$ la part de l'installation de cogénération i dans les besoins mensuels nets en énergie pour l'humidification dans une 'unité PEB', déterminée selon le point A.3.3, en MJ ;

$Q_{cogen,cool,i,m}$ la part de l'installation de cogénération i dans les besoins mensuels bruts en chaleur pour le refroidissement par absorption dans une 'unité PEB', déterminée selon le point A.3.4, en MJ ;

$\varepsilon_{cogen,th}$ le rendement de conversion thermique de l'installation de cogénération, déterminé selon le point 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 :

$$Q_{cogen,heat,i,m} = \sum_{i} f_{heat,m,pref} \times \left(1 - f_{as,heat,sec\,i,m}\right) \times Q_{heat,gross,seci,m}$$

où :

$Q_{cogen,heat,i,m}$ la part de l'installation de cogénération i dans les besoins mensuels bruts en énergie pour le chauffage des locaux dans l' 'unité PEB' entier, en MJ ;

$f_{heat,m,pref}$ la part de l'installation de cogénération dans la fourniture de chaleur au secteur énergétique concerné, déterminée selon le point 7.3.1 (-) ;

$f_{as,heat,sec,i,m}$ 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 point 7.2.1 (-) ;

$Q_{heat,gross,sec\,i,m}$ les besoins mensuels bruts en énergie pour le chauffage des locaux du secteur énergétique i, déterminés selon le point 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 :

$$Q_{cogen,hum,i,m} = \sum_{j} f_{heat,m,pref} \times \left(1 - f_{as,hum,j,m}\right) \times Q_{hum,net,j,m}$$

où :

$Q_{cogen,hum,m}$ la part de l'installation de cogénération i dans les besoins mensuels nets en énergie pour l'humidification dans une 'unité PEB' entier, en MJ;

$f_{heat,m,pref}$ la part de l'installation de cogénération dans la fourniture de chaleur à l'appareil d'humidification concerné, déterminée selon le point 7.3.1 (-) ;

$f_{as,heat,m}$ 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 (-) ;

$Q_{hum,net,j,m}$ les besoins mensuels nets en énergie pour l'humidification de l'appareil d'humidification j, déterminés selon le point 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 :

$$Q_{cogen,cool,i,m} = \sum_{i} f_{heat,m,pref} \times \frac{f_{cool,pref} \times Q_{cool,gross,sec\ i,m}}{\eta_{sorption}}$$

où :

$Q_{cogen,cool,i,m}$ la part de l'installation de cogénération i dans les besoins mensuels bruts en énergie d'une machine de refroidissement par absorption, en MJ ;

$f_{heat,m,pref}$ la part de l'installation de cogénération dans la fourniture de chaleur à la machine de refroidissement par absorption, déterminée selon le point 7.3.1 (-) ;

$f_{cool,pref}$ la part de la machine de refroidissement par absorption dans la fourniture de froid au secteur énergétique concerné, déterminée selon le point 7.3.2 (-) ;

$\eta_{sorption}$ le rendement de la conversion de chaleur en froid par l'appareil de refroidissement thermique concerné, déterminé selon le point 7.4.2 (-) ;

$Q_{cool,gross,sec\ i,m}$ 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 le point 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 par une installation de cogénération dans une 'unité PEB'

Supposons que dans le cas d'une installation de 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 :

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

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

$$W_{cogen,i,m} = \frac{\varepsilon_{cogen,elec}}{3.6} \times Q_{cogen,final,i,m}$$

où:

$W_{cogen,i,m}$	la quantité mensuelle d'électricité produite par l'installation de cogénération i, en kWh;
$\varepsilon_{cogen,elec}$	le rendement de conversion électrique de l'installation de cogénération, déterminé selon le point A.2 (-);
$Q_{cogen,final,i,m}$	la consommation mensuelle d'énergie finale de l'installation de cogénération i, déterminée selon le point A3.1, en MJ.

A.5. Détermination de la variable auxiliaire X_m pour calculer la fraction mensuelle couverte par l'installation de cogénération sur site (dans une 'unité PEB', PER ou PEN)

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

$$x_m = \left[\sum_i (1 - f_{as,heat,sec\ i,m}) \times Q_{heat,gross,sec\ i,m} + \sum_j (1 - f_{as,water,bath\ j,m}) \times Q_{water,bath\ j,gross,m} \right.$$

$$+ \sum_k (1 - f_{as,water,sink\ k,m}) \times Q_{water,sink\ k,gross,m}$$

$$\left. + \sum_l (1 - f_{as,hum,l,m}) \times Q_{hum,net,l,m} + \sum_m \frac{f_{cool,pref} \times Q_{cool,gross,sec\ n,m}}{\eta_{sorption}} \right] \Big/ \left(1000 \times P_{cogen,th} \times t_m\right)$$

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 le point 10.4 de l'annexe I au présent Arrêté (en cas de besoins en chaleur dans une 'unité PER') ou selon le point 7.2.1 de la présente annexe (en cas de besoins en chaleur dans une 'unité PEN'). 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 le point 9.2.1 de l'annexe I au présent Arrêté pour les 'unités PER' et selon le point 6.2 de la présente annexe pour les 'unités PEN', 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 le point 9.3.1 de l'annexe I au présent Arrêté, pour les 'unités PER', 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 le point

9.3.1 de l'annexe I au présent Arrêté, pour les 'unités PER', en MJ ;

$Q_{hum,net,l,m}$ les besoins mensuels nets en énergie pour l'humidification de l'appareil d'humidification l, déterminés selon le point 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 le point 7.3.2 de la présente annexe, pour les 'unités PEN' (-) ;

$\eta_{sorption}$ le rendement de la conversion de chaleur en froid de la machine de refroidissement par absorption qui fournit le secteur énergétique concerné, déterminé selon le point 7.4.2 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 le point 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 de l'annexe I au présent Arrêté.

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 d'une 'unité PEN' auxquels l'installation de cogénération fournit de la chaleur et sur tous les secteurs énergétiques n d'une 'unité PEN' 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 :

$$V_{stor,30\,min,i} = \frac{0.44 \cdot P_{cogen,th,i}}{(\vartheta_{cogen,i} - \vartheta_{return,design,i})}$$

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 m³ ;

$P_{cogen,th,i}$ 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 ;

$\theta_{cogen,i}$ la température à laquelle l'installation de cogénération i fournit de la chaleur, en °C.

$\theta_{return,design,i}$ 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 I au présent Arrêté, en °C.

Vu pour être annexé à l'Arrêté du Gouvernement wallon du 10 mai 2012 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

Le Ministre-Président,
R. DEMOTTE

Le Ministre du Développement durable et de la Fonction publique,

J.-M. NOLLET