

ANNEXE

Règlement grand-ducal concernant la performance énergétique des bâtiments d'habitation

(Règlement grand-ducal du 26 mai 2014; Mém. A – 99 du 12 juin 2014, p. 1491; doc. parl. 6627)

Modifié par

Règlement grand-ducal du 23 juillet 2016

(Mém. A – 146 du 1er août 2016, p. 2464; doc. parl. 6851)

Sommaire

«(...)» (supprimé par le Règlement grand-ducal du 23 juillet 2016)

0 DÉFINITIONS ET SYMBOLES

0.1 Définitions

Facteur de dépense (ou inverse du rendement)

Rapport entre la dépense d'énergie par un système et le besoin en énergie utile.

Certificat de performance énergétique d'un bâtiment d'habitation

«certificat de performance énergétique d'un bâtiment d'habitation », tel que défini à l'article 2(4).

Volume brut chauffé du bâtiment, V_e en m^3

«volume brut chauffé du bâtiment V_e », tel que défini à l'article 2(14).

Volume d'air chauffé d'un bâtiment, V_n en m^3

correspond à la somme de tous les locaux dont les surfaces font partie de la surface de référence énergétique A_n , multipliée par la hauteur libre de la zone ou du local significative du point de vue du renouvellement de l'air, conformément au chapitre 5.1.3.

Taux de couverture

Fraction du besoin annuel d'énergie couverte par un système, nécessaire selon le cas pour le chauffage ou la production d'eau chaude sanitaire d'un bâtiment ou d'une zone (adimensionnel et compris entre 0 et 1).

Besoin en énergie finale

Quantité d'énergie nécessaire pour répondre aux besoins annuels de chauffage et aux besoins en eau chaude sanitaire (y compris les besoins et la consommation des installations techniques), déterminée aux limites du bâtiment concerné. Ne sont pas prises en considération les quantités d'énergie supplémentaires nécessitées en amont par le processus de génération de chacun des vecteurs d'énergie concernés.

Surface de référence énergétique, A_n en m^2

«surface de référence énergétique A_n », tel que défini à l'article 2(13).

Maison à économie d'énergie (ESH)

Bâtiment qui atteint dans toutes les classes de performance conformément au chapitre 4.2 **la classe C** et dans lequel les exigences concernant l'étanchéité à l'air du bâtiment visées au (*Règlement grand-ducal du 23 juillet 2016*) «chapitre 1.3» sont remplies et attestées.

Production

Etape du processus technique au cours de laquelle la quantité d'énergie nécessaire à l'ensemble du système est mise à disposition.

Bâtiment

« bâtiment », tel que défini à l'article 2(1).

Surface de l'enveloppe thermique du bâtiment, A en m^2

«surface de l'enveloppe thermique du bâtiment», tel que défini à l'article 2(16).

Indice de dépense d'émissions de CO_2

«indice de dépense d'émissions de CO_2 », tel que défini à l'article 2(6).

Performance énergétique d'un bâtiment

«performance énergétique d'un bâtiment», tel que défini à l'article 2(12).

Indice de dépense d'énergie primaire

«indice de dépense d'énergie primaire», tel que défini à l'article 2(9).

Besoin en chaleur de chauffage, besoin annuel en chaleur de chauffage

Quantité de chaleur nécessaire pour chauffer les locaux afin de maintenir la température intérieure de consigne. Le besoin annuel en chaleur de chauffage est le besoin en chaleur de chauffage sur une année, conformément au chapitre 5.2.1.

Bâtiment d'habitation neuf

«bâtiment d'habitation neuf», tel que défini à l'article 2(3).

Maison à basse consommation d'énergie (NEH)

Bâtiment qui atteint dans toutes les classes de performance conformément au chapitre 4.2 **la classe B** et dans lequel les exigences concernant l'étanchéité à l'air du bâtiment visées au (*Règlement grand-ducal du 23 juillet 2016*) «chapitre 1.3» sont remplies et attestées.

Maison passive (PH)

Bâtiment qui atteint dans toutes les classes de performance conformément au chapitre 4.2 **la classe A** et dans lequel les exigences concernant l'étanchéité à l'air du bâtiment visées au (*Règlement grand-ducal du 23 juillet 2016*) «chapitre 1.3» sont remplies et attestées.

Besoin en énergie primaire

Quantité d'énergie calculée qui, en plus de l'énergie finale, comprend également les quantités d'énergie découlant de séries de processus situés en amont à l'extérieur du bâtiment lors de l'extraction, de la transformation et de la distribution des combustibles, des systèmes de chauffage urbain ainsi que de l'énergie électrique auxiliaire utilisés dans le bâtiment.

Accumulation

Etape du processus technique au cours de laquelle la chaleur contenue dans un médium est accumulée. Dans le cas d'un circuit de chauffage, il s'agit d'un ballon

d'accumulation (par exemple pour les installations de pompes à chaleur) et dans le cas de la production d'eau chaude sanitaire, il s'agit du ballon d'eau chaude.

Besoin spécifique en chaleur de chauffage

«indice de dépense d'énergie chauffage», tel que défini à l'article 2(7).

Transmission

Etape du processus technique au cours de laquelle l'énergie est transmise par exemple dans un local afin d'y maintenir des conditions prédéfinies (en particulier en termes de confort).

Indice de dépense d'énergie mesurée

«indice de dépense d'énergie mesurée», tel que défini à l'article 2(8).

Distribution

Etape du processus technique au cours de laquelle les quantités d'énergie nécessaires sont transportées depuis l'installation de production jusqu'au système de transmission de chaleur.

Bâtiment d'habitation

«bâtiment d'habitation», tel que défini à l'article 2(2).

0.2 Symboles et unités

(Règlement grand-ducal du 23 juillet 2016)

«

ΔU_{WB}	W/(m²K)	Facteur de correction des ponts thermiques
A	m²	Surface de l'enveloppe thermique d'un bâtiment
a	-	Paramètre numérique
A_i	m²	Surface de plancher nette délimitée par les éléments de construction d'un espace utile/d'une zone
A_{Fe}	m²	Surface de fenêtre
A_{GF}	m²	Surface de plancher
$A_{NGF,R}$	m²	Surface de plancher nette considérée lors de la détermination de la transmittance solaire
A_{OG}	m²	Surface de plancher de l'étage supérieur
$A_{OG,n}$	m²	Surface de plancher imputable pour l'étage supérieur
a_R	m	Profondeur du local (dimensions intérieures)
A_{WA}	m²	Surface totale des façades, non compris la surface totale des baies vitrées (ou fenêtres)
A_W	m²	Surface totale des baies vitrées (ou fenêtres)
α	°	Angle de vue d'un élément en surplomb horizontal / du paysage
A/V_e	m ⁻¹	Rapport entre la surface de l'enveloppe thermique d'un bâtiment au volume chauffé brut du bâtiment
A_{FG}	m²	Surface de la fermeture horizontale inférieure contre sol
A_n	m²	Surface de référence énergétique
b_R	m	Longueur de la façade principale
β	°	Angle de vue d'un élément en surplomb latéral
C_H	-	Taux de couverture de la production de chaleur de chauffage
C_{PL}	Wh/(m³K)	Capacité d'accumulation thermique spécifique de l'air
C_{wirk}	Wh/K	Capacité d'accumulation thermique effective
$C_{WW,i=1}$	-	Taux de couverture de la production de chaleur par une installation solaire thermique (production d'eau chaude sanitaire)
$C_{WW,i=2}$	-	Taux de couverture de la production de chaleur par une installation de chauffage de base (production d'eau chaude sanitaire)
$C_{WW,i=3}$	-	Taux de couverture de la production de chaleur par un système de chauffage d'appoint (production d'eau chaude sanitaire)
d_T	m	Epaisseur effective d'un élément de construction
e	-	Coefficient de la classe de protection
e_{CO_2}	kgCO ₂ /kWh	Facteur environnemental rapporté à l'énergie finale
$e_{CO_2,H}$	kgCO ₂ /kWh	Facteur environnemental (chaleur de chauffage)
$e_{CO_2,Hilf}$	kgCO ₂ /kWh	Facteur environnemental (énergie auxiliaire)
$e_{CO_2,WW}$	kgCO ₂ /kWh	Facteur environnemental (eau chaude sanitaire)
$e_{E,H}$	kWh _E /kWh	Facteur de dépense pour la production de chaleur de chauffage
$e_{E,WW}$	kWh _E /kWh	Facteur de dépense pour la production d'eau chaude sanitaire
e_i	kWh/« Unité »	Pouvoir calorifique du vecteur énergétique utilisé pour l'année i
e_P	kWh _p /kWh _e	Facteur de dépense en énergie primaire rapporté à l'énergie finale

$e_{P,H}$	kWh _p /kWh _E	Facteur de dépense en énergie primaire (chaleur de chauffage)
$e_{P,Hilf}$	kWh _p /kWh _E	Facteur de dépense en énergie primaire (énergie auxiliaire)
$e_{P,WW}$	kWh _p /kWh _E	Facteur de dépense en énergie primaire (production d'eau chaude sanitaire)
f	%	Quote-part de la surface des fenêtres
$f_{1/M}$	-	Facteur d'ajustement $f_{1,M}$
$f_{2/M}$	-	Facteur d'ajustement $f_{2,M}$
$f_{a/h}$	-	Rapport de la profondeur sur la hauteur libre du local
$f_{a/s}$	-	Facteur d'ajustement pour la prise en considération de l'inclinaison et de l'orientation de l'installation photovoltaïque
F_C	-	Facteur de réduction dû aux protections solaires
$f_{DWW,j}$	-	Facteur d'ajustement limitant la prise en compte de l'autoconsommation de la production d'électricité par une installation photovoltaïque pour la production d'eau chaude sanitaire par des chauffe-eaux instantanés, ($f_{DWW,j} = 0$ dans le cas de tout autre système de production d'eau chaude sanitaire)
$F_{f,i}$	-	Facteur d'ombrage partiel des fenêtres dû à des éléments en surplomb latérales
F_g	-	Facteur de réduction dû au réglage
$F_{G,i}$	-	Quote-part vitrée d'une fenêtre rapportée aux dimensions brutes (gros-œuvre)
$F_{h,i}$	-	Facteur d'ombrage partiel des fenêtres dû à des constructions avoisinantes et au paysage
f_{Klima}	-	Facteur de correction climatique annuel pour la chaleur de chauffage
f_{mod}	-	Facteur de correction des exigences
$F_{0,i}$	-	Facteur d'ombrage partiel des fenêtres dû à des éléments en surplomb horizontales
$f_{PV,WE}$	-	Facteur de puissance de l'installation photovoltaïque en fonction du nombre de logements pour la production d'eau chaude sanitaire par un chauffe-eau instantané
$F_{s,i}$	-	Facteur de conversion du pouvoir calorifique supérieur en pouvoir calorifique inférieur d'un vecteur énergétique
$F_{S,i}$	-	Facteur d'ombrage pour l'ombrage dû aux constructions pour les fenêtres i conformément à la norme DIN V 18599-2:2011-12, chapitre 6.4.1.
f_{sys}	-	Facteur de performance du système
$F_{V,i}$	-	Facteur d'encrassement d'une fenêtre
$F_{W,i}$	-	Facteur de réduction dû à une incidence non verticale du rayonnement solaire
$f_{w,M}$	-	Facteur de pondération mensuel
$f_{WW,d,e}$	-	Facteur de production électrique décentralisée d'eau chaude sanitaire
f_{ze}	-	Facteur de correction pour un chauffage intermittent
$F_{\theta,i}$	-	Facteur de correction de la température
$f_{\omega,M}$	-	Facteur d'ajustement mensuel du rayonnement incident de l'installation photovoltaïque
g_{tot}	-	Facteur de transmission énergétique totale en tenant compte de la protection solaire
$g_{\perp}$	-	Facteur de transmission énergétique totale pour une incidence verticale du rayonnement
γ_M	-	Rapport mensuel entre les apports et les déperditions totales en chaleur
h	W/(m²K)	1. Coefficient de déperdition spécifique de chaleur du bâtiment
H_i	kWh/[Unité]	Pouvoir calorifique inférieur d'un vecteur énergétique
H_{iu}	W/K	Coefficient de déperdition de chaleur entre un local chauffé et un local non chauffé

h_R	m	Hauteur libre du local (dimensions intérieures)
H_s	kWh/[Unité]	Pouvoir calorifique supérieur d'un vecteur énergétique
H_T	W/K	Coefficient de déperdition de chaleur par transmission
H_{ue}	W/K	Coefficient de déperdition de chaleur d'un local non chauffé vers l'extérieur
H_V	W/K	Coefficient de déperdition de chaleur par ventilation
H_{WB}	W/K	Coefficient de déperdition de chaleur dû à des ponts thermiques linéaires
Indice M	-	Correspond à une durée de référence d'un mois
Indice i	-	Nombre, relatif au sous-ensemble i
$I_{0,s,M}$	[W/m ²]	Intensité énergétique moyenne mensuelle du rayonnement solaire total sur une surface horizontale (0°) (climat de référence Luxembourg)
$I_{90,s,M}$	[W/m ²]	Intensité énergétique moyenne mensuelle du rayonnement solaire total sur une surface verticale (90°) (climat de référence Luxembourg)
$I_{s,M,r}$	W/m ²	Intensité énergétique moyenne mensuelle du rayonnement solaire total en fonction de l'orientation de la surface
$I_{s,M,x}$	W/m ²	Intensité énergétique moyenne mensuelle du rayonnement solaire total sur une surface intermédiaire
$I_{s,ref}$	kW/m ²	Intensité énergétique de référence du rayonnement solaire avec 1 kW/m ²
$\vartheta_{e,M}$	°C	Température extérieure moyenne par mois
ϑ_i	°C	Température intérieure moyenne
l_i	m	Longueur d'un pont thermique
n	h ⁻¹	Taux de renouvellement d'air effectif (énergétiquement efficace)
n_{50}	h ⁻¹	Valeur d'étanchéité à l'air du bâtiment obtenue pour une différence de pression de 50 Pa
n_H	h ⁻¹	Taux de renouvellement de l'air moyen d'une installation de ventilation pendant le fonctionnement à pleine charge lors de la période de chauffage
n_N	h ⁻¹	Taux de renouvellement de l'air moyen d'une installation de ventilation pendant le fonctionnement à charge partielle lors de la période de chauffage
n_{WE}	-	Nombre de logements
η_{OM}	-	Taux d'utilisation mensuel des gains thermiques sans tenir compte de la transmission de chaleur au local dans le cas d'un réglage optimal des températures des locaux
η_{Bat}	-	Rendement du système de stockage d'électricité
η_{EWT}	-	Rendement annuel de l'échangeur de chaleur géothermique
η_L	%	Rendement du système de récupération de chaleur en conditions d'exploitation
η_M	-	Taux d'utilisation mensuel des gains thermiques
ω	°	Inclinaison de l'installation photovoltaïque
P_{FG}	m	Périmètre de la surface A_{FG}
P_{PV}	kW	Puissance de crête que l'installation photovoltaïque fournit en conditions de test standard (STC)
Q_{CO_2}	kgCO ₂ /m ² a	Valeur spécifique d'émissions totales de CO ₂
$Q_{CO_2,H}$	kgCO ₂ /m ² a	Valeur spécifique d'émissions de CO ₂ , chaleur de chauffage
$Q_{CO_2,Hilf}$	kgCO ₂ /m ² a	Valeur spécifique d'émissions de CO ₂ , énergie auxiliaire
$Q_{CO_2,PV,self}$	kgCO ₂ /m ² a	Crédit spécifique annuel en émissions de CO ₂ imputable obtenu grâce à la production d'électricité d'une installation photovoltaïque
$Q_{CO_2,WW}$	kgCO ₂ /m ² a	Valeur spécifique d'émissions de CO ₂ , production d'eau chaude sanitaire

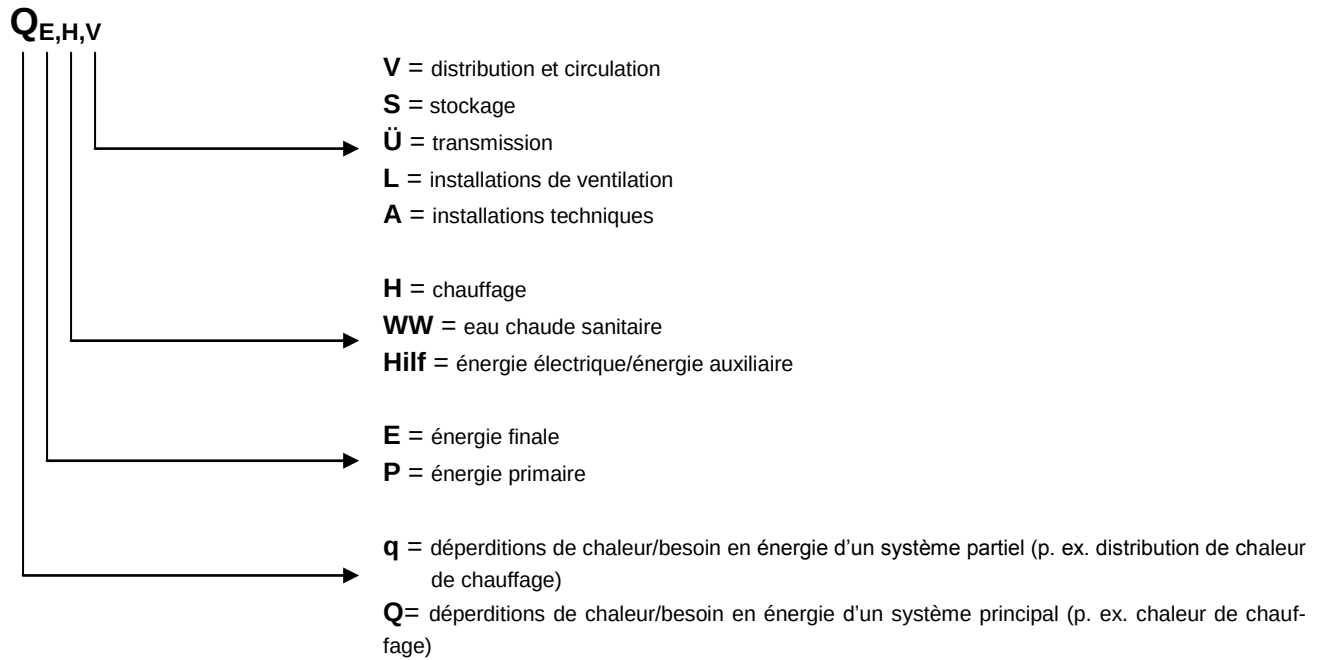
$Q_{E,B}$	kWh/m ² a	Valeur spécifique du besoin en énergie finale
$Q_{E,Bat}$	kWh/M	Capacité du système de stockage d'électricité
$Q_{E,B,H}$	kWh/m ² a	Valeur spécifique du besoin en énergie finale pour la production centrale de chaleur de chauffage et la production décentralisée d'eau chaude sanitaire
$Q^*_{E,B,H}$	kWh/m ² a	Valeur spécifique modifiée du besoin en énergie finale pour la production centrale de chaleur de chauffage et la production décentralisée d'eau chaude sanitaire
$Q_{E,B,H,WW}$	kWh/m ² a	Valeur spécifique du besoin en énergie finale pour la production de chaleur de chauffage et d'eau chaude sanitaire par un système de chauffage central
$Q^*_{E,B,H,WW}$	kWh/m ² a	Valeur spécifique modifiée du besoin en énergie finale pour la production de chaleur de chauffage et d'eau chaude sanitaire par un système de chauffage central
$Q_{E,H}$	kWh/m ² a	Valeur spécifique du besoin en énergie finale, chaleur de chauffage
$Q_{E,Hilf}$	kWh/m ² a	Valeur spécifique du besoin en énergie finale, énergie auxiliaire
$Q_{E,M,el}$	kWh/M	Besoin mensuel en électricité des installations techniques du bâtiment imputable
$Q_{E,M,el,day}$	kWh/M	Besoin mensuel en électricité des installations techniques du bâtiment dans les périodes présentant un rayonnement solaire
$Q_{E,M,el,night}$	kWh/M	Besoin mensuel en électricité des installations techniques du bâtiment en dehors des périodes présentant un rayonnement solaire
$Q_{E,PV,Bat,M}$	kWh/M	Part mensuelle supplémentaire imputable grâce à un système de stockage d'électricité
$Q_{E,PV}$	kWh/M	Production annuelle d'électricité d'une installation photovoltaïque
$Q_{E,PV,M}$	kWh/M	Production mensuelle d'électricité d'une installation photovoltaïque
$Q_{E,PV,self,a}$	kWh/a	Part annuelle autoconsommée de l'électricité produite par une installation photovoltaïque
$Q_{E,PV,self,M}$	kWh/M	Part mensuelle autoconsommée de l'électricité produite par une installation photovoltaïque
$Q_{E,V}$	kWh/m ² a	Valeur spécifique de la consommation en énergie finale
$Q_{E,V,H}$	kWh/m ² a	Valeur spécifique de la consommation en énergie finale pour la production centrale de chaleur de chauffage et la production décentralisée d'eau chaude sanitaire
$Q_{E,V,H,WW}$	kWh/m ² a	Valeur spécifique de la consommation en énergie finale pour la production centrale de chaleur de chauffage et d'eau chaude sanitaire
$Q_{E,WW}$	kWh/m ² a	Valeur spécifique du besoin en énergie finale, production d'eau chaude sanitaire
Q_h	kWh/a	Besoin annuel en chaleur de chauffage
$Q_{h,M}$	kWh/M	Besoin mensuel en chaleur de chauffage
q_H	kWh/m ² a	Valeur spécifique du besoin en chaleur de chauffage
Q_H	kWh/m ² a	Chaleur de chauffage mise à disposition par une installation de production de chaleur
$q_{H,A}$	kWh/m ² a	Besoin en énergie pour la distribution et l'accumulation de chaleur
$q_{H,Hilf}$	kWh/m ² a	Valeur spécifique du besoin en énergie auxiliaire pour la production de chaleur de chauffage
$q_{H,Hilf,S}$	kWh/m ² a	Valeur spécifique du besoin en énergie auxiliaire pour l'accumulation de chaleur de chauffage
$q_{H,Hilf,Ü}$	kWh/m ² a	Valeur spécifique du besoin en énergie auxiliaire pour la transmission de chaleur de chauffage
$q_{H,Hilf,V}$	kWh/m ² a	Valeur spécifique du besoin en énergie auxiliaire pour la distribution de chaleur de chauffage
$Q_{h,M}$	kWh/M	Besoin mensuel en chaleur de chauffage

$q_{H,max}$	kWh/m ² a	Valeur maximale du besoin spécifique en chaleur de chauffage
$q_{H,ref}$	kWh/m ² a	Valeur spécifique de référence du besoin en chaleur de chauffage
$q_{H,S}$	kWh/m ² a	Déperditions spécifiques d'accumulation de chaleur
$q_{H,V}$	kWh/m ² a	Déperditions spécifiques de distribution de chaleur
$Q_{Hilf,A}$	kWh/m ² a	Valeur spécifique du besoin en énergie auxiliaire des installations techniques
$Q_{Hilf,H}$	kWh/m ² a	Valeur spécifique du besoin en énergie auxiliaire pour la production de chaleur y comprises, la distribution, l'accumulation et la transmission
$Q_{Hilf,L}$	kWh/m ² a	Valeur spécifique du besoin en énergie auxiliaire des installations de ventilation
$Q_{Hilf,WW}$	kWh/m ² a	Valeur spécifique du besoin en énergie auxiliaire pour la production d'eau chaude sanitaire y comprises la distribution, l'accumulation et la transmission
$Q_{i,M}$	kWh/M	Gains de chaleur internes mensuels
q_{iM}	W/m ² M	Valeur spécifique moyenne des gains de chaleur internes mensuels
q_L	W/m ³ /h	Puissance spécifique absorbée par une installation de ventilation
Q_p	kWh/m ² a	Valeur spécifique du besoin total en énergie primaire
$Q_{p,H}$	kWh/m ² a	Valeur spécifique du besoin en énergie primaire, chaleur de chauffage
$Q_{p,Hilf}$	kWh/m ² a	Valeur spécifique du besoin en énergie primaire, énergie auxiliaire
$Q_{p,max}$	kWh/m ² a	Valeur maximale du besoin spécifique en énergie primaire total
$Q_{p,PV,self}$	kWh/m ² a	Crédit spécifique annuel en énergie primaire imputable obtenu grâce à la production d'électricité d'une installation photovoltaïque
$Q_{p,ref}$	kWh/m ² a	Valeur spécifique de référence du besoin total en énergie primaire
$Q_{p,WW}$	kWh/m ² a	Valeur spécifique du besoin en énergie primaire, production d'eau chaude sanitaire
$Q_{s,M}$	kWh/M	Gains solaires mensuels par des éléments de construction transparents
$Q_{tI,M}$	kWh/M	Déperdition de chaleur mensuelle par ventilation et par transmission
$q_{V,i}$	kWh/a	Consommation énergétique au cours de l'année de référence i
$q_{V,H,i}$	kWh/a	Consommation énergétique au cours de l'année de référence i tributaire des conditions météorologiques
$q_{V,m}$	kWh/a	Consommation énergétique moyenne
$q_{V,WW,i}$	kWh/a	Consommation énergétique au cours de l'année de référence i indépendante des conditions météorologiques
Q_{WW}	kWh/m ² a	Valeur spécifique du besoin en énergie utile, production d'eau chaude sanitaire
q_{WW}	kWh/m ² a	Valeur spécifique du besoin en énergie, production d'eau chaude sanitaire
$q_{WW,Hilf,S}$	kWh/m ² a	Valeur spécifique du besoin en énergie auxiliaire, accumulation d'eau chaude sanitaire
$q_{WW,Hilf,V}$	kWh/m ² a	Valeur spécifique du besoin en énergie auxiliaire, distribution d'eau chaude sanitaire
$q_{WW,S}$	kWh/m ² a	Valeur spécifique des déperditions d'accumulation de l'eau chaude sanitaire
$q_{WW,V}$	kWh/m ² a	Valeur spécifique des déperditions de distribution et de circulation de l'eau chaude sanitaire
$q_{WW,Hilf}$	kWh/m ² a	Valeur spécifique du besoin en énergie auxiliaire, production d'eau chaude sanitaire
R_{se}	m ² K/W	Résistivité thermique extérieure
R_{si}	m ² K/W	Résistivité thermique intérieure
t_B	h/a	Nombre d'heures de fonctionnement par an d'une installation technique
$t_{B,H}$	h	Durée de fonctionnement à pleine charge d'une installation technique pendant la durée de fonctionnement

$t_{B,N}$	h	Durée de fonctionnement à charge partielle d'une installation technique pendant la durée de fonctionnement
t_H	h	Durée de la période de chauffage
$t_{IG,day}$	-	Facteur d'ajustement pour la période présentant un rayonnement solaire
t_M ou T_M	d/M	Nombre de jours par mois
t_s	-	Transmittance solaire des éléments de construction extérieurs d'un local
$t_{s,max}$	-	Valeur limite de la transmittance solaire des éléments de construction extérieurs d'un local
τ	h	Inertie thermique du bâtiment
U_{FG0}	W/(m²K)	Valeur U d'une fermeture horizontale inférieure en contact avec le sol
U_i	W/(m²K)	Coefficient de transmission thermique d'un élément de construction
U_{max}	W/(m²K)	Valeurs maximales des coefficients de transmission thermique
$U_{max,BH}$	W/(m²K)	Valeurs maximales des coefficients de transmission thermique d'éléments de construction spéciaux
U_g	W/(m²K)	Valeur U d'une vitre
U_f	W/(m²K)	Valeur U d'un cadre de fenêtre
U_w	W/(m²K)	Valeur U de l'ensemble de la fenêtre (vitre et cadre)
U_{WG0}	W/(m²K)	Valeur U d'une paroi en contact avec le sol
V_e	m³	Volume brut chauffé du bâtiment
$V_{e,OG}$	m³	Volume brut de l'étage supérieur
$V_{e,OG-1}$	m³	Volume brut de l'étage situé au-dessous de l'étage supérieur
$V_{i,s}$	« Unité »/a	Consommation énergétique annuelle d'un vecteur énergétique en fonction de l'unité de consommation ou de facturation avec « i » rapporté au pouvoir calorifique inférieur et « s » au pouvoir calorifique supérieur
$\dot{V}_L$	m³/h	Débit d'air d'une installation de ventilation
$\dot{V}_{L,m}$	m³/h	Débit d'air pondéré selon la durée de fonctionnement de l'installation de ventilation
V_n	m³	Volume d'air chauffé d'un bâtiment
V_r	m³	Volume d'air d'un local qui, en tant que partie du volume d'air chauffé d'un bâtiment, n'est pas renouvelé par une installation de ventilation
$V_{r,L}$	m³	Volume d'air d'un local qui, en tant que partie du volume d'air chauffé d'un bâtiment, est renouvelé par une installation de ventilation
V	m³ ou litre	Volume ou contenu
ψ_i	W/m(mK)	Coefficient linéique de transmission thermique d'un pont thermique

»

0.2.1 Signification des indices



Remarques concernant les méthodes de calcul utilisées

Toutes les valeurs du besoin en énergie sont calculées sur la base des grandeurs caractéristiques du bâtiment et de ses installations techniques, en tenant compte d'hypothèses normalisées concernant les données climatiques (température extérieure, rayonnement solaire) et l'utilisation du bâtiment (température ambiante, ventilation, besoin en eau chaude sanitaire). Il peut y avoir des écarts entre la consommation mesurée et le besoin calculé dus à :

- une utilisation réelle du bâtiment divergeant de l'utilisation standard ;
- un climat réel divergeant du climat de référence ;
- des incertitudes et des simplifications lors du relevé des données ou dans l'application du modèle mathématique de calcul du bâtiment et de ses installations techniques.

1 EXIGENCES MINIMALES APPLICABLES AUX BÂTIMENTS D'HABITATION

1.1 Exigences minimales relatives aux coefficients de transmission thermique

Les éléments de construction d'un bâtiment d'habitation neuf doivent être conçus de sorte que les coefficients de transmission thermique ne dépassent pas les valeurs maximales fixées dans le tableau 1.

Valeurs maximales des coefficients de transmission thermique de chacun des éléments de construction $U_{\max}$ en $W/(m^2K)$ ^{1) 2)}			
Elément de construction	Climat extérieur	Locaux très peu chauffés	Surfaces en contact avec le sol ou des locaux non chauffés
Mur et fermeture horizontale inférieure du bâtiment ³⁾	0,32	0,50	0,40
Toit et fermeture horizontale supérieure du bâtiment ³⁾	0,25	0,35	0,30
Fenêtre ou porte-fenêtre, y compris le cadre ^{4) 5)}	1,5	2,0	2,0
Porte, y compris le cadre	2,0	2,5	2,5
Coupole d'éclairage naturel	2,7	2,7	2,7

Tableau 1 – Valeurs maximales des coefficients de transmission thermique $[W/(m^2 K)]$

(Règlement grand-ducal du 23 juillet 2016)

«Alternativement, pour les extensions d'une surface de référence énergétique $A_n \leq 80 m^2$, pour lesquelles le calcul du respect des exigences selon le chapitre 2.1 n'est pas réalisé, les éléments de construction neufs doivent être conçus de sorte que les coefficients de transmission thermique ne dépassent pas les valeurs maximales fixées dans le Tableau 1a.

Valeurs maximales des coefficients de transmission thermique de chacun des éléments de construction $U_{\max}$ en $W/(m^2K)$ ¹⁾				
	Climat extérieur		Surfaces en contact avec le sol ou des locaux non chauffés	
Date de la demande de l'autorisation de bâtir	1.1.2015-31.12.2016	à partir du 1.1.2017	1.1.2015-31.12.2016	à partir du 1.1.2017
Elément de construction				
Mur et fermeture horizontale inférieure du bâtiment	0,19	0,13	0,24	0,17
Toit et fermeture horizontale supérieure du bâtiment	0,14	0,11	0,24	0,17
Fenêtre ou porte-fenêtre, y compris le cadre ^{4) 5)}	1,00	0,90	1,00	0,90
Porte, y compris le cadre	1,50	1,00	1,85	1,35

Coupoles d'éclairage naturel	1,20	1,00	1,20	1,00
------------------------------	------	------	------	------

Tableau 1a – Valeurs maximales des coefficients de transmission thermique $[W/(m^2K)]$ pour les extensions d'une surface de référence énergétique $A_n \leq 80 m^2$, pour lesquelles le calcul du respect des exigences selon le chapitre 2.1 n'est pas réalisé»

1) Les valeurs U des éléments de construction opaques doivent être déterminées conformément à la norme DIN EN ISO 6946.

2) «(...)» (supprimé par le Règlement grand-ducal du 23 juillet 2016) Il y a lieu de multiplier dans les situations suivantes la valeur maximale autorisée du coefficient de transmission thermique du tableau 1 par un coefficient d'abaissement de 0,8 ($U_{\max, BH} = U_{\max} * 0,8$):

- surfaces avec chauffage intégré dans les éléments de construction (p. ex. chauffage au sol, chauffage mural, etc.);
- fenêtres se trouvant le long des radiateurs.

«(...)» (supprimé par le Règlement grand-ducal du 23 juillet 2016)

3) Pour les bâtiments d'habitation existants auxquels les exigences du chapitre 2 ne s'appliquent pas (travaux de rénovation de bâtiments existants), la valeur maximale pour $U_{\max}$ peut, en cas d'un assainissement par une isolation intérieure, être multipliée par un facteur de 1,25. Cette disposition ne concerne pas l'isolation intérieure de la toiture.

4) (Règlement grand-ducal du 23 juillet 2016) «Les vitrines de locaux servant à des activités commerciales ou libérales» de grandes dimensions ($> 15 m^2$) sont exclues. Dans ce cas, il faut respecter une valeur U pour le vitrage U_g de $\leq 1,30 W/m^2K$.

5) La valeur totale U d'une fenêtre U_w doit être déterminée conformément à la norme DIN EN ISO 10077; elle comprend le cadre, le vitrage et le coefficient de transmission thermique linéique de l'intercalaire.

Par « local très peu chauffé », on entend un local qui comprend une installation de chauffage fixe, qui n'est pas utilisé uniquement à des fins d'habitation et lequel est chauffé à température abaissée constante (température intérieure moyenne comprise entre 12 °C et 18 °C).

Pour les bâtiments jumelés présentant différents délais d'achèvement, les murs mitoyens peuvent être considérés dans le calcul comme ne transmettant pas la chaleur et aucune exigence minimale concernant une valeur U n'est requise, pour autant que ces murs soient ultérieurement en contact avec des locaux chauffés et que la période entre les délais d'achèvement des bâtiments ne dépasse pas 12 mois. Dans le cas contraire, les exigences minimales relatives au climat extérieur doivent être respectées conformément au Tableau 1.

Pour ce qui concerne les éléments de construction en contact avec des locaux non chauffés ou avec le sol, il est possible d'attester au moyen d'un calcul conforme aux normes DIN EN ISO 13789 ou DIN EN ISO 13370, que ces éléments respectent les valeurs limites pour les éléments de construction en contact avec le climat extérieur, lorsque l'effet d'isolation du local non chauffé ou du sol est pris en compte dans le calcul de la valeur U.

(Règlement grand-ducal du 23 juillet 2016)

«Les exigences minimales relatives aux coefficients de transmission thermique applicables contre des locaux très peu chauffés ou des locaux non chauffés à l'intérieur de parties du bâtiment d'habitation du même utilisateur ne s'appliquent pas si l'influence du non-respect de ces exigences minimales sur le besoin en

chaleur de chauffage total du bâtiment d'habitation entier est très faible et si ces locaux se trouvent intégralement à l'intérieur de l'enveloppe thermique et de l'enveloppe d'étanchéité à l'air.»

L'enveloppe thermique doit être indiquée dans les plans de construction conformément au chapitre 3.2.

(Règlement grand-ducal du 23 juillet 2016)

«1.2 Exigences minimales relatives à la protection thermique d'été

En vue de garantir un confort thermique en été ou de limiter le besoin en énergie de refroidissement, il est essentiel de prendre, entre autres, des mesures de protection solaire suffisantes. Dans le cadre des exigences minimales relatives à la protection thermique d'été, des prescriptions concernant l'efficacité de la protection solaire sont établies. Elles sont déterminées en fonction des dimensions et de l'orientation des éléments de construction transparents et du vitrage utilisé. Les apports solaires à travers les éléments de construction transparents (ci-après dénommés les « fenêtres ») sont limités grâce à ces exigences minimales.

Étant donné qu'il s'agit d'exigences minimales, il est recommandé d'adopter des mesures supplémentaires en vue d'améliorer le confort en été. Outre une réduction supplémentaire de la transmittance solaire, ces mesures peuvent consister, par exemple, à réduire les sources de chaleur internes ou à refroidir les masses d'accumulation thermique par une ventilation nocturne. Les exigences minimales définies dans le présent chapitre concernant la protection thermique d'été n'affectent pas les exigences d'autres règles techniques, notamment, en ce qui concerne la température ambiante maximale.

Le respect des exigences relatives à la protection thermique d'été doit être démontré pour les locaux conditionnés se trouvant à l'intérieur de l'enveloppe thermique et à l'intérieur de l'enveloppe d'étanchéité à l'air qui présentent une efficacité de protection solaire équivalente. On considère que des locaux présentent une efficacité de protection solaire équivalente lorsque la valeur du facteur de transmission énergétique total (g_{tot}) de la protection solaire et du vitrage ne s'écarte pas de plus de $\Delta g_{\text{tot}} = 0,1$.

Le respect des exigences relatives à la protection thermique d'été doit être démontré pour un local « critique ». Le local critique est défini comme étant le local ayant les apports solaires spécifiques les plus importants par m^2 de surface de plancher nette considérée lors de la détermination de la transmittance solaire. Est considéré comme « local », un seul local ou un ensemble de locaux en équilibre thermique assuré par un échange d'air.

Une procédure simplifiée permettant de démontrer le respect des exigences minimales relatives à la protection thermique d'été est décrite ci-après. Les exigences relatives à l'efficacité de la protection solaire sont définies au moyen de l'indice de « transmittance solaire » (t_s). La transmittance solaire caractérise les apports solaires par mètre carré de surface de plancher nette considérée lors de la détermination de la transmittance solaire qui pénètrent dans le local à travers les fenêtres et les impostes alors que la protection solaire est fermée. Plus la surface vitrée est importante, plus l'efficacité de la protection solaire doit être élevée afin de respecter les exigences.

En vue de contrôler la protection thermique d'été de façades vitrées à double peau, il est possible, dans le cadre d'une procédure simplifiée, de négliger le vitrage extérieur et de considérer la protection solaire installée dans l'espace intermédiaire comme protection solaire extérieure.

Cette méthode simplifiée ne peut raisonnablement pas être appliquée aux atriums, aux constructions vitrées et aux systèmes d'isolation thermique transparente. Dans ces cas, il faut garantir une protection thermique d'été par des méthodes de calcul d'ingénierie plus précises (par exemple: calcul de simulation dynamique). L'application de ces méthodes est généralement autorisée, voire recommandée en cas de concepts à ventilation nocturne. Dans ce cas, les apports solaires doivent être limités de sorte à ce que la température ambiante sans refroidissement actif ne soit supérieure à 26 °C sur plus de 10% du temps d'exploitation. En ce

qui concerne les sources de chaleur internes et les taux de renouvellement d'air, il est possible d'appliquer au calcul les exigences générales prévues dans la norme DIN 4108-2. Il faut réaliser le calcul avec des données climatiques du Luxembourg ou avec une année de référence test d'une région directement voisine.

1.2.1 Détermination de la transmittance solaire

La transmittance solaire t_s des éléments de construction extérieurs transparents d'un local est calculée comme suit:

$$t_s = \frac{\sum_i A_{Fe,(O,S,W),i} \cdot g_{tot,i} \cdot F_{S,i} + 0,4 \cdot \sum_i A_{Fe,N,i} g_{tot,i} \cdot F_{S,i} + 1,4 \cdot \sum_i A_{Fe,H,i} g_{tot,i} \cdot F_{S,i}}{A_{NGF,R}} \quad [-] \quad (1)$$

où:

t_s	[-]	est la transmittance solaire des éléments de construction extérieurs d'un local;
$A_{Fe,(O,S,W),i}$	[m ²]	est la surface des fenêtres i orientées vers le nord-est en passant par le sud jusqu'au nord-ouest ($45^\circ \leq x \leq 315^\circ$) (dimensions intérieures brutes (gros-œuvre));
$A_{Fe,N,i}$	[m ²]	est la surface des fenêtres i orientées vers le nord-ouest en passant par le nord jusqu'au nord-est ($315^\circ < x; x < 45^\circ$) et les surfaces des fenêtres toujours à l'ombre du rayonnement direct (dimensions intérieures brutes (gros-œuvre));
$A_{Fe,H,i}$	[m ²]	est la surface des fenêtres i horizontales ou inclinées ou des éléments de construction transparents i avec $0^\circ \leq \text{inclinaison} \leq 60^\circ$ (dimensions intérieures brutes (gros-œuvre));
$g_{tot,i}$	[-]	est le facteur de transmission énergétique total (vitrage, protection solaire) de la fenêtre i pour une incidence verticale du rayonnement conformément au chapitre 1.2.3;
$F_{S,i}$	[-]	est le facteur d'ombrage pour l'ombrage dû aux constructions pour les fenêtres i conformément à la norme DIN V 18599-2:2011-12, chapitre 6.4.1. Si aucun ombrage dû aux constructions existe, alors $F_{S,i}$ est égal à 1;
$A_{NGF,R}$	[m ²]	est la surface de plancher nette du local considérée lors de la détermination de la transmittance solaire.

1.2.2 Exigence minimale relative à la transmittance solaire

La transmittance solaire t_s d'un local ne doit pas dépasser la valeur limite de la transmittance solaire $t_{s,max}$ mentionnée dans le tableau 1b.

$$t_s \leq t_{s,max} \quad [-] \quad (2)$$

La valeur limite $t_{s,max}$ dépend du type de construction visé au chapitre 1.2.4 et du quotient de la profondeur du local par la hauteur du local $f_{a/h}$ visé au chapitre 1.2.5.

Valeur limite de la transmittance solaire $t_{s,max}$	$f_{a/h}$				
	$\leq 1,0$	1,5	2,0	3,0	5,0
Construction légère	6,2%	5,8%	5,6%	5,2%	4,8%
Construction moyennement lourde	8,7%	7,9%	7,5%	6,8%	6,1%

Construction lourde	9,6%	8,8%	8,2%	7,5%	6,7%
---------------------	------	------	------	------	------

Tableau 1b - Valeur limite de la transmittance solaire $t_{S,max}$

Les valeurs intermédiaires de $t_{S,max}$ qui ne sont pas comprises dans le tableau 1b et les valeurs de $f_{a/h} > 5$ peuvent être obtenues au moyen des équations suivantes:

construction légère: $t_{S,max} = 0,0624 \cdot f_{a/h}^{-0,168}$ [-]

construction moyennement lourde: $t_{S,max} = 0,0868 \cdot f_{a/h}^{-0,2192}$ [-]

construction lourde: $t_{S,max} = 0,0964 \cdot f_{a/h}^{-0,2302}$ [-]

Si le pourcentage de la surface de fenêtre rapportée à la surface de plancher nette considérée lors de la détermination de la transmittance solaire dans un local « critique » est inférieur ou égal aux valeurs indiquées dans le tableau 1c, la protection thermique d'été est considérée comme garantie et il n'est pas nécessaire de démontrer l'exigence minimale relative à la protection thermique d'été pour ce local.

Inclinaison des fenêtres par rapport à l'horizontale	Orientation des fenêtres ¹⁾	Pourcentage de la surface de fenêtre rapportée à la surface de plancher nette considérée lors de la détermination de la transmittance solaire ²⁾
Entre 60° et 90°	Nord-ouest en passant par le sud jusqu'au nord-est	10%
	Toutes les autres orientations au nord	20%
De 0° à 60°	Toutes les orientations	7%

¹⁾ Lorsque le local considéré présente des fenêtres avec différentes orientations, il faut prendre la valeur limite la plus petite.

²⁾ Le pourcentage de surface de fenêtre d'un local est la somme de toutes les surfaces de fenêtre (dimensions brutes (gros-œuvre)) divisée par la surface de plancher nette considérée lors de la détermination de la transmittance solaire.

Tableau 1c - Valeurs limites du pourcentage de surface de fenêtre par rapport à la surface de plancher nette considérée lors de la détermination de la transmittance solaire d'un local critique à partir duquel la protection thermique d'été est considérée comme étant garantie sans avoir à le démontrer

1.2.3 Facteur de transmission énergétique totale, g_{tot}

Le tableau 1d fournit des valeurs standard pour le facteur de transmission énergétique totale g_{tot} pour des systèmes de protection solaire courants et différents vitrages. En alternative, le facteur g_{tot} peut être déterminé conformément à la norme DIN EN 13363-1/2. Pour les systèmes qui ne peuvent pas être représentés de cette manière, le facteur g_{tot} peut être celui indiqué dans les données garanties par le fabricant.

Type de verre	Indices sans dispositif de protection solaire				Avec dispositif de protection solaire ext.										Avec dispositif de protection solaire int.							
					Store ext. ^b (inclinaison de 10°)		Store ext. (inclinaison de 45°)		Auvent vert.		Volet roulant (fermé)		Volet roulant ^g (fermé à 3/4)		Store int. ^b (inclinaison de 10°)		Store int. (inclinaison de 45°)		Rideau roulant en mat. textile		Film	
					Blanc	Gris foncé	Blanc	Gris foncé							Blanc ^c	Gris	Blanc	Gris foncé	Blanc	Gris foncé		Blanc
	U_g^d	$g_{\perp}$	τ_e	τ_{D65}	g_{tot}	g_{tot}	g_{tot}	g_{tot}	g_{tot}	g_{tot}	g_{tot}	g_{tot}	g_{tot}	g_{tot}	g_{tot}	g_{tot}	g_{tot}	g_{tot}	g_{tot}	g_{tot}		
Simple	5,80	0,87	0,85	0,90	0,09	0,20	0,17	0,21	0,24	0,23	0,07	0,18	0,27	0,36	0,32	0,44	0,40	0,50	0,26	0,54	0,27	
Double	2,90	0,78	0,73	0,82	0,08	0,15	0,15	0,15	0,21	0,18	0,05	0,13	0,24	0,30	0,35	0,46	0,42	0,51	0,29	0,53	0,31	
Triple	2,00	0,70	0,63	0,75	0,06	0,12	0,13	0,13	0,19	0,15	0,04	0,11	0,21	0,26	0,36	0,44	0,41	0,49	0,31	0,50	0,32	
MSIV ^e Double	1,70	0,72	0,60	0,74	0,06	0,11	0,12	0,11	0,19	0,14	0,04	0,10	0,21	0,25	0,36	0,45	0,42	0,50	0,31	0,52	0,32	
MSIV ^e Double	1,40	0,67	0,58	0,78	0,06	0,09	0,11	0,10	0,18	0,13	0,03	0,09	0,19	0,23	0,36	0,44	0,41	0,48	0,31	0,49	0,33	
MSIV ^e Double	1,10	0,60	0,54	0,80	0,05	0,08	0,10	0,08	0,16	0,11	0,03	0,07	0,17	0,20	0,35	0,42	0,39	0,45	0,31	0,46	0,33	
MSIV ^e Double	1,00	0,48	0,54	0,71	0,04	0,07	0,09	0,08	0,13	0,10	0,03	0,07	0,14	0,17	0,32	0,36	0,35	0,38	0,30	0,39	0,30	
MSIV ^e Triple	0,80	0,50	0,39	0,69	0,04	0,06	0,08	0,07	0,13	0,09	0,02	0,06	0,14	0,17	0,33	0,37	0,36	0,40	0,30	0,40	0,31	
MSIV ^e Triple	0,80	0,60	0,50	0,74	0,04	0,06	0,09	0,07	0,15	0,10	0,02	0,06	0,17	0,19	0,35	0,42	0,39	0,45	0,31	0,46	0,33	
MSIV ^e Triple	0,70	0,50	0,39	0,70	0,04	0,06	0,08	0,06	0,13	0,08	0,02	0,05	0,14	0,16	0,33	0,38	0,36	0,40	0,30	0,40	0,31	
MSIV ^e Triple	0,60	0,50	0,39	0,69	0,03	0,05	0,08	0,05	0,13	0,08	0,02	0,04	0,14	0,16	0,33	0,38	0,36	0,40	0,30	0,40	0,31	
SSV ^f Double	1,30	0,48	0,44	0,59	0,05	0,09	0,10	0,09	0,14	0,11	0,03	0,08	0,14	0,18	0,32	0,36	0,35	0,38	0,30	0,39	0,30	
SSV ^f Double	1,20	0,37	0,34	0,67	0,04	0,08	0,08	0,09	0,12	0,10	0,03	0,08	0,12	0,15	0,27	0,30	0,29	0,31	0,26	0,31	0,26	
SSV ^f Double	1,20	0,25	0,21	0,40	0,04	0,08	0,07	0,09	0,10	0,10	0,03	0,08	0,09	0,12	0,20	0,22	0,21	0,22	0,20	0,22	0,20	
SSV ^f Triple	0,70	0,34	0,29	0,63	0,03	0,05	0,07	0,06	0,10	0,07	0,02	0,05	0,10	0,12	0,26	0,28	0,27	0,29	0,25	0,29	0,25	
SSV ^f Triple	0,70	0,24	0,21	0,45	0,03	0,05	0,06	0,06	0,08	0,07	0,02	0,05	0,08	0,10	0,20	0,21	0,21	0,21	0,19	0,22	0,20	
SSV ^f Triple	0,70	0,16	0,13	0,27	0,03	0,05	0,05	0,06	0,07	0,06	0,02	0,05	0,06	0,08	0,14	0,15	0,14	0,15	0,14	0,15	0,14	
					Indices du dispositif de protection solaire																	
Facteur de transmission $\tau_{e,B}$					0	0	0	0	0,22	0,07	0	0	0	0	0	0	0	0	0,11	0,30	0,03	
Facteur de réflexion $\rho_{e,B}$					0,74	0,085	0,74	0,085	0,63	0,14	0,65	0,13	0,65	0,13	0,74	0,52	0,74	0,52	0,79	0,37	0,75	

^a Calcul de g_{tot} conformément à la norme DIN EN 13363-1. Feuille conformément à la norme DIN EN 410.

^b Si possible, les systèmes à lamelles doivent être évalués avec une inclinaison de 45°. Les valeurs pour une inclinaison des lamelles de 10° sont déterminées d'après la pondération $g_{tot,10^\circ} = 2/3 \, g_{tot,0^\circ} + 1/3 \, g_{tot,45^\circ}$.

^c Pour ces systèmes, l'écran de protection n'est pas suffisant. L'équipement d'un écran supplémentaire réduit la transmission lumineuse mais n'a pratiquement pas d'influence sur la valeur g_{tot} .

^d Valeur de calcul en W/(m² • K) conformément à la norme DIN V 4108-4 (y compris le facteur de correction de 0,1 W/(m² • K)).

^e MSIV: vitrage isolant feuilleté.

^f SSV: vitrage de protection solaire.

^g Les volets roulants sont à évaluer de préférence comme "fermé à 3/4". Les valeurs pour "fermé à 3/4" sont déterminées d'après la pondération $g_{tot,fermé \, \grave{a} \, 3/4} = 3/4 \, g_{tot,fermé} + 1/4 \, g_{\perp}$.

^a Calcul de g_{tot} conformément à la norme DIN EN 13363-1. Feuille conformément à la norme DIN EN 410.

^b Si possible, les systèmes à lamelles doivent être évalués avec une inclinaison de 45°. Les valeurs pour une inclinaison des lamelles de 10° sont déterminées d'après la pondération $g_{tot,10^\circ} = 2/3 g_{tot,10^\circ} + 1/3 g_{tot,45^\circ}$.

^c Pour ces systèmes, l'écran de protection n'est pas suffisant. L'équipement d'un écran supplémentaire réduit la transmission lumineuse mais n'a pratiquement pas d'influence sur la valeur g_{tot} .

^d Valeur de calcul en $W/(m^2 \cdot K)$ conformément à la norme DIN V 4108-4 (y compris le facteur de correction de $0,1 W/(m^2 \cdot K)$).

^e MSIV: vitrage isolant feuilleté.

^f SSV: vitrage de protection solaire.

^g Les volets roulants sont à évaluer de préférence comme "fermé à 3/4". Les valeurs pour "fermé à 3/4" sont déterminées d'après la pondération $g_{tot,fermé \text{ à } 3/4} = 3/4 g_{tot,fermé} + 1/4 g_{\perp}$.

Tableau 1d - Valeurs standard des indices des vitrages et des dispositifs de protection solaire conformément à la norme DIN V 18599-2:2011-12

Pour les vitrages de protection solaire présentant, pour une incidence verticale du rayonnement, un facteur de transmission énergétique totale de $g_{\perp} \leq 0,4$, la valeur de g_{tot} peut être multipliée par 0,8 compte tenu de la réduction permanente du rayonnement diffus.

1.2.4 Détermination du type de construction et de la capacité d'accumulation thermique effective, C_{wirk}

Le type de construction peut être déterminé de manière simplifiée à l'aide du tableau 1e.

	Type de construction	Description des exigences
Construction légère	Construction légère	Toutes les surfaces de délimitation du local doivent être du type construction légère, par exemple: mur extérieur en bois ou avec isolation thermique à l'intérieur, cloisons de type construction légère, plafond suspendu et faux plancher, etc.
Construction moyennement lourde	Construction mixte avec des accumulateurs thermiques en partie accessibles	Au moins l'une des surfaces de délimitation du local est du type construction en dur: mur extérieur, plafond, cloisons (lorsqu'elles sont présentes en quantité non négligeable dans un local, ce qui est généralement le cas dans les locaux de surface $< 25 \text{ m}^2$), plancher
Construction lourde	Construction lourde avec des accumulateurs thermiques accessibles	Toutes* les surfaces de délimitation du local mentionnées doivent être du type construction en dur: mur extérieur, plafond, cloisons, plancher
*) Pour les locaux plus petits, on considère qu'il s'agit d'un type de construction lourde lorsque trois des surfaces de délimitation du local sont construites en dur. Cela peut être démontré par calcul.		

Tableau 1e - Détermination simplifiée du type de construction

Les éléments de construction peuvent être considérés comme étant en dur lorsque leur masse surfacique est supérieure à 100 kg/m^2 en tenant uniquement compte des couches des éléments de construction qui se trouvent à l'intérieur de l'épaisseur effective. L'épaisseur effective d_T d'un élément de construction est la plus petite des valeurs suivantes:

- l'épaisseur des matériaux situés entre la surface respective et la première couche d'isolation thermique (matériaux avec une conductivité thermique λ inférieure ou égale à $0,1 \text{ W/(mK)}$);
- la valeur maximale de 10 cm ;
- pour les éléments de construction intérieurs: la moitié de l'épaisseur totale de l'élément de construction.

En alternative, il est possible de déterminer le type de construction et la capacité d'accumulation thermique effective C_{wirk} conformément à la norme DIN V 4108-2. Dans ce cas, il faut appliquer les limites de classe visées au tableau 1f pour déterminer le type de construction.

Type de construction	$C_{wirk}/A_{NGF,R}$
Construction légère	$< 50 \text{ Wh}/(\text{m}^2\text{K})$
Construction moyennement lourde	entre 50 et 130 Wh/(m²K)
Construction lourde	$> 130 \text{ Wh}/(\text{m}^2\text{K})$

Tableau 1f - Classification du type de construction d'après la capacité d'accumulation thermique effective C_{wirk} conformément à la norme DIN V 4108-2

1.2.5 Rapport de la profondeur sur la hauteur libre du local, $f_{a/h}$

La valeur limite de la transmittance solaire est déterminée en fonction du rapport de la profondeur sur la hauteur libre du local.

$$f_{a/h} = \frac{a_R}{h_R} \quad [-]$$

où:

$f_{a/h}$ [-] est le rapport de la profondeur sur la hauteur libre du local;
 a_R [m] est la profondeur du local (dimensions intérieures);
 h_R [m] est la hauteur libre du local (dimensions intérieures).

Pour les locaux rectangulaires dotés de fenêtres dans une façade extérieure, la profondeur du local a_R correspond à la profondeur du local reportée verticalement sur cette façade extérieure (dimensions intérieures).

Pour les locaux rectangulaires dotés de fenêtres dans plusieurs façades extérieures (différentes orientations), la profondeur du local correspond à la plus petite valeur des profondeurs reportées verticalement sur ces façades extérieures.

Pour les locaux qui ne sont pas rectangulaires, la profondeur du local a_R peut être calculée à partir de la surface de plancher nette considérée lors de la détermination de la transmittance solaire $A_{NGF,R}$ et de la longueur de la façade principale b_R .

$$a_R = \frac{A_{NGF,R}}{b_R} \quad [\text{m}]$$

où:

$A_{NGF,R}$ [m²] est la surface de plancher nette considérée lors de la détermination de la transmittance solaire;
 b_R [m] est la longueur de la façade principale.

En cas de fenêtres avec différentes orientations, la façade principale correspond à l'orientation présentant la surface de fenêtre la plus importante.

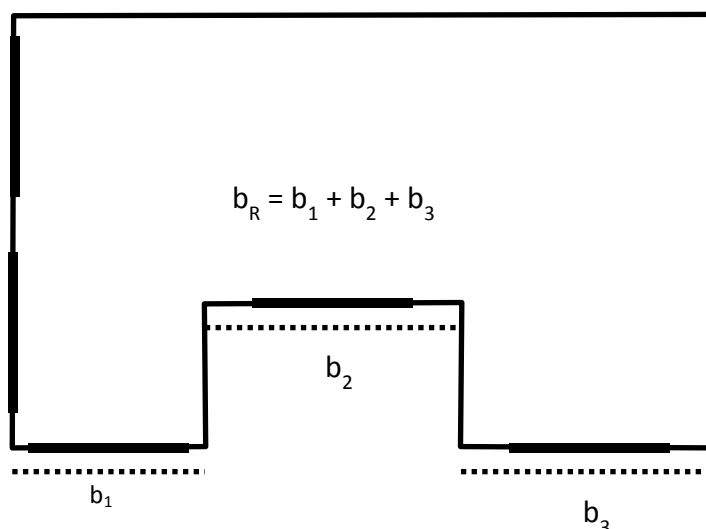


Illustration 0 – Détermination de la façade principale

Si les façades ne sont pas droites, la projection de la façade pour chaque orientation est prise en considération en adoptant pour chaque orientation un champ angulaire de 90° (une distinction est donc établie uniquement entre quatre orientations).

Si le local à évaluer présente des hauteurs différentes, il faut utiliser la hauteur moyenne du local pondérée par la surface.

$$h_R = \frac{\sum_j h_{R,j} \cdot A_{NGF,R,j}}{A_{NGF,R}} \quad [m]$$

où:

$h_{R,j}$	[m]	est la hauteur libre du local (dimensions intérieures) dans la partie du local j;
$A_{NGF,R,j}$	[m ²]	est la surface de plancher nette considérée lors de la détermination de la transmittance solaire pour la partie du local j.

Dans des locaux présentant des surfaces de fenêtre principalement horizontales, tels que des halls dotés d'impostes réparties uniformément sur la toiture, le rapport $f_{a/h}$ peut être pris égal à 2.»

1.3 Exigences minimales relatives à l'étanchéité à l'air de l'enveloppe thermique du bâtiment

Les bâtiments d'habitation neufs doivent être conçus de sorte que la surface A de l'enveloppe thermique du bâtiment, y compris les joints/jointures, soient durablement étanches à l'air, conformément à l'état de la technique. A cet égard, il y a lieu de tenir compte des valeurs limites s'appliquant aux types de bâtiments spécifiés dans le tableau 2. Une attention particulière doit être prêtée aux constructions légères sur des constructions en dur ainsi aux passages à travers le niveau étanche à l'air du bâtiment et aux installations techniques. Le niveau d'étanchéité à l'air doit être reporté sur les plans de construction à fournir conformément au chapitre 3.2.

Le débit volumétrique mesuré à une différence de pression de 50 Pa (appelé aussi valeur de l'étanchéité à l'air n_{50} , valeur obtenue par la moyenne d'une mesure en surpression et en dépression) doit être inférieur aux valeurs limites figurant dans le tableau 2.

Si pour les types de bâtiments 2, 3, 4 et 5, des valeurs n_{50} correspondantes, conformes au tableau 2, servent de base de calcul, il faut aussi apporter la preuve du respect de l'étanchéité conformément à la norme DIN 13829 (test d'étanchéité à l'air), selon la méthode A. Pour le contrôle/garantie de qualité pendant la phase de construction un test d'étanchéité à l'air selon la méthode B est recommandé.

Type de bâtiment (uniquement les bâtiments neufs)		Valeur limite n_{50} [1/h]
1	Bâtiments sans installations de ventilation	$\leq 3,0$
2	Bâtiments avec des installations de ventilation ¹⁾	$\leq 1,5$
3	Maison à économie d'énergie sans installations de ventilation	$\leq 1,5$
4	Maison à basse consommation d'énergie équipée d'une installation de ventilation avec récupération de chaleur	$\leq 1,0$
5	Maison passive équipée d'une installation de ventilation avec récupération de chaleur	$\leq 0,6$

Tableau 2 – Valeurs limites pour n_{50} – Valeurs pour les bâtiments neufs

- 1) Un bâtiment équipé d'une installation de ventilation est un bâtiment pour lequel le renouvellement de l'air nécessaire pendant la période de chauffage est principalement effectué au moyen d'une installation de ventilation mécanique (installation d'amenée et de reprise d'air, installation de reprise d'air, etc.).

1.4 Exigences minimales relatives aux conduites d'eau chaude sanitaire et de distribution de chaleur

La déperdition d'énergie à travers les conduites d'eau chaude sanitaire (ECS) et de distribution de chaleur et à travers la robinetterie doit être limitée grâce à une isolation thermique conformément au tableau 3.

Ligne	Type de conduites/accessoires	Épaisseur minimale de la couche d'isolation pour une conductibilité thermique de 0,035 W/(mK)
1	Diamètre intérieur inférieur ou égal à 22 mm	20 mm
2	Diamètre intérieur compris entre 22 mm et 35 mm	30 mm
3	Diamètre intérieur compris entre 35 mm et 100 mm	Egale au diamètre intérieur
4	Diamètre intérieur supérieur à 100 mm	100 mm
5	Conduites et accessoires visés aux lignes 1 à 4 dans les passages de mur et de plafond, au niveau de croisements de conduites, aux points de raccordement de conduites, au niveau des réseaux de distribution	$\frac{1}{2}$ des exigences visées aux lignes 1 à 4
6	Conduites de systèmes de chauffage central visées aux lignes 1 à 4, et posées dans des éléments de construction situés entre des zones chauffées de différents utilisateurs.	$\frac{1}{2}$ des exigences visées aux lignes 1 à 4
(Règlement grand-ducal du 23 juillet 2016)		

«7	Conduites avec une température aller du fluide caloporteur inférieur à 35°C	½ des exigences visées aux lignes 1 à 4
8	Conduites dans la structure du plancher	10 mm»

Tableau 3 – Isolation thermique des conduites d'eau chaude sanitaire et de distribution de chaleur ainsi que de la robinetterie

Pour les conduites des systèmes de chauffage central qui sont posées dans une zone chauffée, ou dans des éléments de construction installés entre des zones chauffées du même utilisateur et qui traversent le local uniquement à des fins de chauffage, comme par exemple les conduites de raccordement aux radiateurs, aucune exigence relative à l'épaisseur minimale de la couche d'isolation n'est établie. Cette disposition s'applique également aux conduites d'eau chaude sanitaire d'un diamètre intérieur inférieur ou égal à 22 mm qui ne sont pas incluses dans le circuit de circulation et qui ne sont pas équipées d'un câble/ruban chauffant électrique.

Pour les matériaux dont la conductivité thermique est différente de 0,035 W/(mK), il faut convertir les épaisseurs minimales des couches d'isolation. Les méthodes de calcul et les valeurs de calcul selon les règles de l'art en vigueur sont à utiliser pour la conversion de la conductivité thermique.

Pour les maisons passives, il y a lieu de respecter le double des épaisseurs minimales prévues dans le tableau 3 pour les conduites qui sont posées à l'extérieur de l'enveloppe thermique.

(Règlement grand-ducal du 23 juillet 2016)

«Pour les conduites qui sont posées à l'extérieur, il y a lieu de respecter le double des épaisseurs minimales prévues dans le tableau 3.»

1.5 Exigences minimales relatives aux installations de ventilation

Les exigences minimales relatives aux installations de ventilation sont valables pour les centrales de traitement d'air utilisées pour la ventilation des surfaces destinées à des fins d'habitation.

En cas d'utilisation d'une installation de ventilation mécanique, la puissance absorbée spécifique q_L de l'installation de ventilation doit respecter les critères prévus dans le tableau suivant.

Type d'installation	Installation de ventilation sans filtre à pollen	Installation de ventilation avec filtre à pollen
Installation de ventilation décentralisée et centralisée dans les bâtiments de la catégorie EFH	$q_L < 0,50 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{h})$	$q_L < 0,60 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{h})$
Installation de ventilation décentralisée dans les bâtiments de la catégorie MFH (une installation par logement)	$q_L < 0,50 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{h})$	$q_L < 0,60 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{h})$
Installation de ventilation centralisée dans les bâtiments de la catégorie MFH (une installation pour plusieurs logements)	<i>Limitation générale par le choix d'installations efficaces et réduction des pertes de charge dans la planification</i>	

Tableau 4 – Valeur limite de la puissance absorbée spécifique des installations de ventilation

Par **installation de ventilation centralisée**, on entend une installation de ventilation desservant la **totalité d'un bâtiment** par le biais d'une seule unité. Par exemple:

- Une installation par unité de logement dans un EFH (ventilation classique).

- Une installation pour plusieurs unités de logements MFH (répartition des débits volumétriques par des clapets, etc.).

Par **installation de ventilation décentralisée**, on entend une installation de ventilation desservant **une partie d'un bâtiment**. Par exemple :

- Une installation par local dans un EFH ou un MFH (installation intégrée dans la maçonnerie).
- Plusieurs installations par unité de logement dans un MFH (ventilation classique dans un MFH).

Pour les installations de reprise d'air, la valeur limite pour la puissance absorbée spécifique q_L de l'installation de ventilation prévue dans le tableau 4 doit être multipliée par un facteur de 0,75.

Si le bâtiment et les installations techniques sont planifiés selon les standards de la maison passive, la valeur limite à respecter pour la puissance absorbée spécifique q_L de l'installation de ventilation prévue au tableau 4 doit être diminuée de 0,10 W/(m³/h). Si le bâtiment et les installations techniques sont planifiés selon les standards de la maison à basse consommation d'énergie, la valeur limite à respecter pour la puissance absorbée spécifique q_L de l'installation de ventilation prévue au tableau 4 doit être diminuée de 0,05 W/(m³/h).

Le rendement du système de récupération de chaleur η_L en conditions d'exploitation ne doit pas être inférieur à 75%, cette valeur doit correspondre à des données certifiées.

La puissance absorbée spécifique q_L est déterminée pour le point d'exploitation de dimensionnement de l'installation. Le débit volumétrique de dimensionnement en conditions d'exploitation normalisées et la perte de charge du débit volumétrique de dimensionnement sont déterminants pour définir la puissance absorbée de l'installation. Si la perte de charge n'est pas connue, il faut prendre en considération la puissance absorbée maximale de l'installation de ventilation du débit de dimensionnement.

2 EXIGENCES APPLICABLES AUX BÂTIMENTS D'HABITATION

L'illustration ci-après représente le schéma du bilan énergétique des bâtiments d'habitation.

(Règlement grand-ducal du 23 juillet 2016)

«

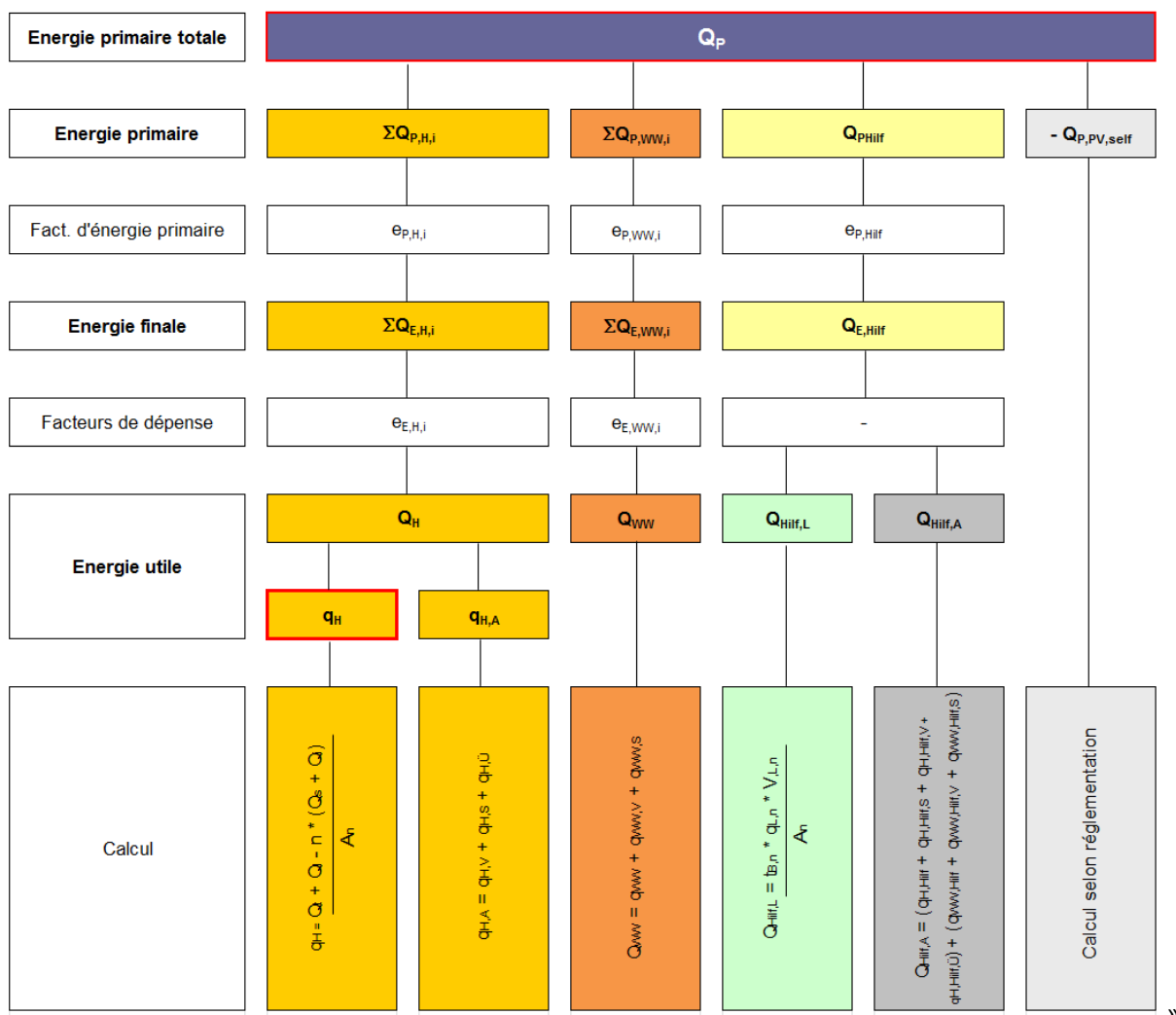


Illustration 1 – Schéma du bilan énergétique des bâtiments d'habitation

Les bâtiments d'habitation sont classés et évalués selon le tableau 20, en deux catégories, en fonction d'utilisations et d'exigences distinctes.

Habitation MFH

Immeubles à appartements, immeubles à appartements en résidence secondaire et immeubles à appartements mitoyens.

Habitation EFH

Maisons d'habitation uni- et bifamiliales, maisons d'habitation uni- et bifamiliales en résidence secondaire et maisons d'habitation uni- et bifamiliales mitoyennes.

(Règlement grand-ducal du 23 juillet 2016)

«2.1 Valeur spécifique du besoin en chaleur de chauffage, q_H »

La valeur spécifique du besoin en chaleur de chauffage q_H du bâtiment considéré ne doit pas dépasser la valeur maximale du besoin spécifique en chaleur de chauffage $q_{H,max}$ déterminée conformément au chapitre 2.3 sur la base du bâtiment de référence.

$$q_H \leq q_{H,max} \quad [\text{kWh/m}^2\text{a}]$$

où:

q_H [kWh/m²a] est la valeur spécifique du besoin en chaleur de chauffage visée au chapitre 5.2;

$q_{H,max}$ [kWh/m²a] est la valeur maximale du besoin spécifique en chaleur de chauffage visée au chapitre 2.3.»

(Règlement grand-ducal du 23 juillet 2016)

«2.2 Valeur spécifique du besoin en énergie primaire, Q_P »

La valeur spécifique du besoin total en énergie primaire Q_P du bâtiment considéré ne doit pas dépasser la valeur maximale du besoin spécifique en énergie primaire total $Q_{P,max}$ déterminée conformément au chapitre 2.3 sur la base du bâtiment de référence.

$$Q_P \leq Q_{P,max} \quad [\text{kWh/m}^2\text{a}]$$

où:

Q_P [kWh/m²a] est la valeur spécifique du besoin total en énergie primaire visée au chapitre 5.5;

$Q_{P,max}$ [kWh/m²a] est la valeur maximale du besoin spécifique en énergie primaire total visée au chapitre 2.3.»

(Règlement grand-ducal du 23 juillet 2016)

«2.3 Bâtiment de référence»

Le bâtiment de référence est identique au bâtiment à certifier en termes d'utilisation, de cubage et d'orientation. Sans préjudice de la planification respectivement de l'exécution concrète, les exécutions de référence déterminées dans le calcul sont adoptées pour les points suivants:

- étanchéité à l'air du bâtiment;
- coefficients de transmission thermique;
- systèmes techniques pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire;
- traitement d'air des locaux.

Les exécutions de référence sont définies dans le tableau 5. Toutes les conditions générales qui n'y sont pas décrites sont appliquées dans le bâtiment de référence comme dans le bâtiment à certifier.

Le calcul de la valeur spécifique de référence du besoin total en énergie primaire $Q_{P,ref}$ doit être réalisé conformément aux règles du chapitre 5.5 en ce qui concerne le calcul de la valeur spécifique du besoin total en énergie primaire Q_P en utilisant les exécutions de référence visées au tableau 5. La valeur maximale du

besoin spécifique en énergie primaire total $Q_{P,max}$ correspond à la valeur spécifique de référence du besoin total en énergie primaire $Q_{P,ref}$ sous considération du facteur de correction des exigences f_{mod} .

$$Q_{P,max} = Q_{P,ref} \cdot f_{mod} \quad [kWh/m^2a]$$

où:

$Q_{P,ref}$ [kWh/m²a] est la valeur spécifique de référence du besoin total en énergie primaire;
 $Q_{P,max}$ [kWh/m²a] est la valeur maximale du besoin spécifique en énergie primaire total;
 f_{mod} [-] est le facteur de correction des exigences;
 $f_{mod} = 0,62$ pour les bâtiments d'habitation dont l'autorisation de bâtir est demandée jusqu'au 31 décembre 2016;
 $f_{mod} = 1,0$ pour les bâtiments d'habitation dont l'autorisation de bâtir est demandée à partir du 1^{er} janvier 2017.

Le calcul de la valeur spécifique de référence du besoin en chaleur de chauffage $q_{H,ref}$ doit être réalisé conformément au chapitre 5.2 en ce qui concerne le calcul de la valeur spécifique du besoin en chaleur de chauffage q_H en utilisant les exécutions de référence visées au tableau 5. La valeur maximale du besoin spécifique en chaleur de chauffage $q_{H,max}$ correspond à la valeur spécifique de référence du besoin en chaleur de chauffage $q_{H,ref}$.

$$q_{H,max} = q_{H,ref} \quad [kWh/m^2a]$$

où:

$q_{H,ref}$ [kWh/m²a] est la valeur spécifique de référence du besoin en chaleur de chauffage;
 $q_{H,max}$ [kWh/m²a] est la valeur maximale du besoin spécifique en chaleur de chauffage.

Les valeurs U du bâtiment de référence ne contiennent pas encore les facteurs de correction de la température, ils sont à fixer conformément aux chapitres 5.2.1.3.1 et 5.2.1.3.2 en analogie au bâtiment à certifier. Lors de la prise en compte de valeurs U effectives, les valeurs U vers l'extérieur sont à considérer.

N°	Système	Propriété	Valeurs de référence pour bâtiments d'habitation dont l'autorisation de bâtir est demandée jusqu'au 31 décembre 2016	Valeurs de référence pour bâtiments d'habitation dont l'autorisation de bâtir est demandée à partir du 1 ^{er} janvier 2017
1	Mur et fermeture horizontale inférieure du bâtiment vers climat extérieur	Valeur U	0,19 W/(m ² ·K)	0,13 W/(m ² ·K)
2	Toit et fermeture horizontale supérieure du bâtiment vers climat extérieur	Valeur U	0,14 W/(m ² ·K)	0,11 W/(m ² ·K)
3	Éléments de construction en contact avec le sol ou des zones non	Valeur U	0,24 W/(m ² ·K)	0,17 W/(m ² ·K)

	chauffées			
4	Bandes d'éclairage naturel, coupoles d'éclairage naturel	U_w $g_{\perp}$	1,20 W/(m ² ·K) 0,50	1,00 W/(m ² ·K) 0,50
5	Fenêtres, portes-fenêtres et fenêtres de toit	U_w $g_{\perp}$	1,00 W/(m ² ·K) 0,50	0,90 W/(m ² ·K) 0,50
6	Portes extérieures	Valeur U	1,50 W/(m ² ·K)	1,00 W/(m ² ·K)
7	Portes donnant sur des locaux non chauffés	Valeur U	1,85 W/(m ² ·K)	1,35 W/(m ² ·K)
8	Facteur de correction des ponts thermiques	ΔU_{WB}	0,05 W/(m ² ·K)	0,03 W/(m ² ·K)
9	Étanchéité à l'air du bâtiment*	n_{50}	1,0 1/h	0,6 1/h
10	Part de la surface de référence énergétique A_n ventilée par une installation de ventilation mécanique	-	100 % (Le calcul du coefficient de déperdition de chaleur par ventilation se fait conformément au chapitre 5.2.1.5 pour le bâtiment de référence avec un rapport $\dot{V}_{L,m}/V_n$ égal au taux de renouvellement d'air neuf hygiénique minimum de 0,35 h ⁻¹ .)	
11	Puissance spécifique absorbée par une installation de ventilation mécanique	q_L	0,45 W/(m ³ /h)	0,40 W/(m ³ /h)
12	Rendement du système de récupération de chaleur de l'installation de ventilation mécanique	$\eta_{L,i}$	80 %	85 %
13	Installation de production de chaleur	-	Chaudière à condensation, montage à l'intérieur de l'enveloppe thermique. Conduites de distribution de chaleur à l'intérieur de l'enveloppe thermique. Régime de températures pour toutes les composantes: 55/45°C. Vecteur énergétique: gaz naturel	
14	Installation de production d'eau chaude sanitaire	-	Chaudière à condensation, montage à l'intérieur de l'enveloppe thermique. Conduites de distribution d'eau chaude sanitaire à l'intérieur de l'enveloppe	Chaudière à condensation, montage à l'intérieur de l'enveloppe thermique. Conduites de distribution d'eau chaude sanitaire à l'intérieur de l'enveloppe

			thermique. Accumulateur chauffé indirectement avec montage à l'intérieur de l'enveloppe thermique. Vecteur énergétique: gaz naturel. Dans habitations MFH avec conduite de circulation sans câbles/rubans chauffants électriques et dans habitations EFH sans conduite de circulation	thermique. Accumulateur chauffé indirectement avec montage à l'intérieur de l'enveloppe thermique. Vecteur énergétique: gaz naturel. Dans habitations MFH avec conduite de circulation sans câbles/rubans chauffants électriques et dans habitations EFH sans conduite de circulation Installation solaire thermique pour la production d'eau chaude sanitaire avec montage de l'accumulateur à l'intérieur de l'enveloppe thermique. Conduites de distribution à l'intérieur de l'enveloppe thermique
15	Pompes	-	Pompes réglées	
16	Production électrique renouvelable	-	Pas d'installation photovoltaïque	
17	Echangeur de chaleur géothermique	-	Pas d'échangeur de chaleur géothermique	
18	Réglage de la température	-	Par local	

Tableau 5 – Exécutions de référence du bâtiment de référence

*Pour les extensions, pour lesquelles aucun test d'étanchéité à l'air individuel selon le chapitre 1.3 ne peut être réalisé, la valeur d'étanchéité à l'air n_{50} de l'extension à certifier est à fixer égale à la valeur d'étanchéité à l'air n_{50} du bâtiment de référence pour le calcul de performance énergétique. Dans ce cas, les éléments de construction neufs ainsi que leurs raccords sont à réaliser selon les détails d'exécution de la norme DIN 4108-7. Le respect de ces détails est à confirmer.»

3 CONTENU DU CALCUL DE PERFORMANCE ÉNERGÉTIQUE DES BÂTIMENTS D'HABITATION

Le calcul de performance énergétique doit contenir les informations et les indications suivantes:

3.1 Informations générales

- nom et adresse actuelle du maître d'ouvrage;
- nom et adresse de l'architecte;
- nom et adresse de l'expert ayant établi le calcul de performance énergétique;
- adresse du bâtiment;
- catégorie du bâtiment conformément au chapitre 6.1;
- date prévue pour le début des travaux et durée de construction;
- date d'établissement;
- titre de la personne délivrant le calcul;
- signature de la personne délivrant le calcul.

3.2 Indications concernant le bâtiment

- volume brut chauffé du bâtiment V_e [m³] conformément au chapitre 5.1.4;
- surface de l'enveloppe thermique du bâtiment A [m²] conformément au chapitre 5.1.5;
- rapport A / V_e [1/m] conformément au chapitre 5.1.6;
- surface de référence énergétique A_n [m²] conformément au chapitre 5.1.2;
- quote-part de la surface des fenêtres f conformément au chapitre 1.2;
- valeur maximale du besoin spécifique en chaleur de chauffage $q_{H,max}$ [kWh/m²a] conformément au chapitre 2.1;
- valeur maximale du besoin spécifique en énergie primaire totale $Q_{P,max}$ [kWh/m²a] conformément au chapitre 0;
- puissance spécifique absorbée q_L [kWh/(m³.h)] par une installation de ventilation conformément au chapitre 1.5;
- liste des éléments de construction avec indication de la surface correspondante et du coefficient de transmission thermique (valeur U) ainsi que la ou les valeurs g du ou des vitrages conformément au chapitre 5.2.1.3;
- valeurs U de chaque élément de construction avec indication de la valeur λ et l'épaisseur des couches;
- facteur de correction des ponts thermiques ΔU_{WB} [W/(m²K)] et/ou calcul détaillé des ponts thermiques conformément au chapitre 5.2.1.4;
- rendement du système de récupération de chaleur en conditions d'exploitation (s'il existe) η_L [%] conformément au chapitre 5.2.1.5;
- valeur d'étanchéité à l'air du bâtiment n_{50} utilisée conformément au chapitre 1.3;
- capacité d'accumulation thermique effective C_{wirk} [Wh/K] conformément au chapitre 5.2.1.9;
- rendement annuel de l'échangeur de chaleur géothermique (s'il existe) η_{EWT} , conformément au chapitre 5.2.1.5;
- plans de construction (plans, coupe et vue des façades avec indication des niveaux respectifs d'isolation et d'étanchéité à l'air).

3.3 Résultats des calculs

- déperdition de chaleur mensuelle par ventilation et par transmission $Q_{ti,M}$ [kWh] conformément au chapitre 5.2.1.2;
- gains de chaleur internes mensuels $Q_{i,M}$ [kWh] conformément au chapitre 5.2.1.7;

- gains solaires mensuels par des éléments de construction transparents $Q_{s,M}$ [kWh] conformément au chapitre 5.2.1.8;
- taux d'utilisation mensuel des gains de chaleur η_M [-] conformément au chapitre 5.2.1.9;
- taux de renouvellement d'air effectif (énergétiquement efficace) n [1/h] conformément au chapitre 5.2.1.5;
- Valeur spécifique du besoin en chaleur de chauffage $q_H = Q_H / A_n$ conformément au chapitre 5.2.1.1;
- données concernant les systèmes techniques installés, notamment :
 - déperditions spécifiques de distribution $q_{H,v}$ conformément au chapitre 5.2.2;
 - déperditions spécifiques d'accumulation $q_{H,s}$ conformément au chapitre 5.2.2;
 - facteur de réduction dû au réglage F_g conformément au chapitre 5.2.1.9;
 - valeur spécifique des déperditions de distribution et de circulation de l'eau chaude sanitaire $q_{ww,v}$ conformément au chapitre 5.3.1;
 - valeur spécifique des déperditions d'accumulation de l'eau chaude sanitaire $q_{ww,s}$ conformément au chapitre 5.3.1;
 - facteur de dépense pour la production de chaleur de chauffage, $e_{E,H}$ conformément au chapitre 5.2.4;
 - facteur de dépense pour la production d'eau chaude sanitaire $e_{E,ww}$ conformément au chapitre 5.3.2;
 - valeur spécifique du besoin en énergie auxiliaire pour la production de chaleur $q_{H,Hilf}$ conformément au chapitre 5.4.2;
 - valeur spécifique du besoin en énergie auxiliaire pour l'accumulation de chaleur de chauffage $q_{H,Hilf,s}$ conformément au chapitre 5.4.2;
 - valeur spécifique du besoin en énergie auxiliaire pour la distribution de chaleur de chauffage $q_{H,Hilf,v}$ conformément au chapitre 5.4.2;
 - valeur spécifique du besoin en énergie auxiliaire pour la transmission de chaleur de chauffage $q_{H,Hilf,u}$ conformément au chapitre 5.4.2;
 - valeur spécifique du besoin en énergie auxiliaire pour la production d'eau chaude sanitaire $q_{ww,Hilf}$ conformément au chapitre 5.4.2;
 - valeur spécifique du besoin en énergie auxiliaire pour la distribution d'eau chaude sanitaire $q_{ww,Hilf,v}$ conformément au chapitre 5.4.2;
 - valeur spécifique du besoin en énergie auxiliaire pour l'accumulation d'eau chaude sanitaire $q_{ww,Hilf,s}$ conformément au chapitre 5.4.2;
- facteur de dépense en énergie primaire (production d'eau chaude sanitaire) $e_{P,ww}$ conformément au chapitre 5.3.3;
- facteur de dépense en énergie primaire (chauffage) $e_{P,H}$ conformément au chapitre 5.2.5;
- facteur de dépense en énergie primaire (énergie auxiliaire) $e_{P,Hilf}$ conformément au chapitre 5.4.4;
- valeur spécifique du besoin en énergie auxiliaire des installations de ventilation $Q_{Hilf,L}$ conformément au chapitre 5.4.1;
- valeur spécifique du besoin en énergie auxiliaire des installations techniques $Q_{Hilf,A}$ conformément au chapitre 5.4.2;
- valeur spécifique du besoin en énergie primaire, chaleur de chauffage $Q_{P,H}$ conformément au chapitre 5.2.5;
- valeur spécifique du besoin en énergie primaire, production d'eau chaude sanitaire $Q_{P,ww}$ conformément au chapitre 5.3.3;
- valeur spécifique du besoin en énergie primaire, énergie auxiliaire $Q_{P,Hilf}$ conformément au chapitre 5.4.4;
- valeur spécifique du besoin total en énergie primaire Q_P conformément au chapitre 0;
- chaleur de chauffage mise à disposition par une installation de production de chaleur Q_H conformément au chapitre 5.2.3;

- valeur spécifique du besoin en énergie finale, chaleur de chauffage $Q_{E,H}$ conformément au chapitre 5.2.4;
 - valeur spécifique du besoin en énergie utile, production d'eau chaude sanitaire Q_{WW} conformément au chapitre 5.3.1;
 - valeur spécifique du besoin en énergie, production d'eau chaude sanitaire q_{WW} conformément au chapitre 5.3.1;
 - valeur spécifique du besoin en énergie finale, production d'eau chaude sanitaire $Q_{E,WW}$ conformément au chapitre 5.3.2;
 - taux de couverture de la production de chaleur (chaleur de chauffage) $c_{H,i}$ conformément au chapitre 5.2.4;
 - taux de couverture de la production d'eau chaude sanitaire c_{1-3} conformément au chapitre 5.3.2;
- (Règlement grand-ducal du 23 juillet 2016)*
- «• crédit spécifique annuel en énergie primaire imputable obtenu grâce à la production d'électricité d'une installation photovoltaïque $Q_{P,PV,self}$ conformément au chapitre 5.4ter;
 - crédit spécifique annuel en émissions de CO_2 imputable obtenu grâce à la production d'électricité d'une installations photovoltaïque $Q_{CO_2,PV,self}$ conformément au chapitre 5.6.3bis.»

Si des valeurs ou des facteurs qui s'écartent des valeurs standard ou des valeurs des tableaux fournies dans le présent document sont utilisés, il faut en apporter les preuves de calcul, par des données du fabricant ou par des certificats et les joindre au calcul de performance énergétique.

4 CERTIFICAT DE PERFORMANCE ENERGETIQUE D'UN BATIMENT D'HABITATION

4.1 Contenu du certificat de performance énergétique

Le certificat de performance énergétique doit contenir les informations et les indications suivantes:

4.1.1 Informations requises sur chaque page du certificat de performance énergétique

- numéro du certificat de performance énergétique et numéro d'identification de l'expert ayant établi le certificat de performance énergétique;
- signature de l'expert ayant établi le certificat de performance énergétique;
- date d'établissement du certificat de performance énergétique;
- date d'expiration du certificat de performance énergétique.

4.1.2 Informations générales

- nom et adresse du propriétaire du bâtiment;
- nom et adresse de l'expert ayant établi le certificat de performance énergétique;
- indications concernant le bâtiment, notamment:
 - catégorie de bâtiment selon le chapitre 6.1;
 - nombre de logements;
 - motif d'établissement du certificat de performance énergétique: demande de l'autorisation de bâtir, modification, extension, évaluation d'un bâtiment existant;
 - lieu/adresse du bâtiment;
 - date prévue pour le début des travaux;
 - année de construction de l'installation de chauffage;
 - surface de référence énergétique.
- indication où le propriétaire ou locataire peut obtenir des informations plus détaillées, y compris en ce qui concerne la rentabilité des recommandations pour améliorer la performance énergétique du bâtiment;
- informations sur les mesures à prendre pour mettre en œuvre les recommandations pour améliorer la performance énergétique du bâtiment;

(Règlement grand-ducal du 23 juillet 2016)

« mention « comme planifié » s'il s'agit d'un certificat de performance énergétique qui reflète la performance énergétique du bâtiment dans la phase de planification du bâtiment. »

4.1.3 Indications concernant les classes de performance

- classification du bâtiment d'habitation dans la classe de performance énergétique (classe A à I);
- classification du bâtiment dans la classe d'isolation thermique (classe A à I);
- classification du bâtiment dans la classe de performance environnementale (classe A à I);
- explications concernant les valeurs indiquées.

4.1.4 Indications concernant le besoin en chaleur de chauffage, le besoin en énergie primaire et les émissions de CO₂

- besoin annuel en énergie primaire en kWh/a;
- besoin annuel en chaleur de chauffage en kWh/a;
- émissions annuelles de CO₂ en t CO₂/a;
- échelle du besoin en énergie primaire en kWh/m²a avec indication des classes (A (besoin faible) à I (besoin élevé)) et de la valeur spécifique du bâtiment concerné;
- échelle du besoin en chaleur de chauffage en kWh/m²a avec indication des classes (A (besoin faible) à I (besoin élevé)) et de la valeur spécifique du bâtiment concerné;

- échelle des émissions de CO₂ en kgCO₂/m²a avec indication des classes (A (émissions faibles) à I (émissions élevées)) et de la valeur spécifique du bâtiment concerné;

(Règlement grand-ducal du 23 juillet 2016)

- «• crédit spécifique annuel en énergie primaire imputable obtenu grâce à la production d'électricité d'une installation photovoltaïque $Q_{p,PV,self}$ en kWh/m²a conformément au chapitre 5.4ter;
- crédit spécifique annuel en émissions de CO₂ imputable obtenu grâce à la production d'électricité d'une installations photovoltaïque $Q_{CO_2,PV,self}$ en kgCO₂/m²a conformément au chapitre 5.6.3bis;»
- explications concernant les valeurs indiquées.

(Règlement grand-ducal du 23 juillet 2016)

«4.1.5 Indications concernant l'installation de chauffage, la production d'eau chaude sanitaire et la production d'électricité»

- description de l'installation de chauffage et de l'installation de production d'eau chaude sanitaire avec indication de toutes les données et informations importantes relatives au calcul de la performance énergétique;
- indication du vecteur énergétique relative à l'installation de production de chaleur, ainsi que de son besoin en énergie exprimé dans l'unité de livraison et/ou de facturation;

(Règlement grand-ducal du 23 juillet 2016)

- «• indication si une technologie de production d'électricité a été prise en compte, ainsi que le type de technologie;»
- explications concernant les valeurs indiquées.

4.1.6 Indications concernant le besoin/la consommation en énergie finale

- détermination de la consommation énergétique des installations de production de chaleur en indiquant:
 - l'année de consommation;
 - le vecteur énergétique utilisé pour chaque installation de production de chaleur;
 - la quantité consommée et l'unité de livraison et/ou de consommation relative au vecteur énergétique;
 - un indice de consommation calculé en kWh/m²a pour les années de consommation prises en considération;
- (Règlement grand-ducal du 23 juillet 2016) «valeur spécifique modifiée du besoin en énergie finale pour la production de chaleur de chauffage et d'eau chaude sanitaire par un système de chauffage central respectivement valeur spécifique modifiée du besoin en énergie finale pour la production centrale de chaleur de chauffage et la production décentralisée d'eau chaude sanitaire en kWh/m²a conformément au chapitre 5.8 avec indication du facteur de déviation standard moyen;»
- valeur spécifique de consommation en énergie finale en kWh/m²a conformément au chapitre 5 (pour les constructions neuves, à insérer après 4 ans d'utilisation);
- nom, adresse et signature de l'expert ayant inséré la valeur spécifique de consommation en énergie finale;
- explications concernant les valeurs indiquées.

4.1.7 Indications relatives aux recommandations de mesures pour améliorer la performance énergétique du bâtiment

- pour les bâtiments existants, des recommandations de mesures pour améliorer la performance énergétique du bâtiment et de ses installations sont à fournir, notamment :
 - description de plusieurs recommandations de mesures possibles;

- économie réalisée des coûts énergétiques pour chacune des mesures décrites sur une période de 20 ans ¹;
- économie énergétique estimée des mesures décrites;
- classification du bâtiment et de ses installations techniques dans la classe de performance énergétique (A à I) après exécution de chacune des mesures possibles isolées;
- évaluation globale des recommandations de mesures, notamment :
 - économie énergétique globale estimée de toutes les mesures proposées en kWh/m²a. (La totalité de l'économie indiquée peut être inférieure à la somme de chacune des économies énergétiques individuelles car les mesures peuvent s'influencer mutuellement.);
 - économie globale réalisée des coûts énergétiques pour toutes les mesures sur une période de 20 ans ¹;
 - classification du bâtiment et de ses installations techniques dans la classe de performance énergétique (A à I) après exécution de toutes les mesures;
- explications des principales valeurs de cette page.

¹ Pour le calcul de l'économie réalisée des coûts énergétiques, le prix de l'énergie en €/kWh publié par le Ministère au moment de la délivrance est à appliquer.

4.2 Répartition en classes de performance

En vue d'attester la qualité énergétique d'un bâtiment d'habitation, une répartition en neuf classes de performance est réalisée. Ces classes concernent la performance énergétique totale, l'isolation thermique et les émissions de CO₂ d'un bâtiment d'habitation.

4.2.1 Classes de performance énergétique

La classe de performance énergétique est déterminée sur base de la valeur spécifique du besoin total en énergie primaire Q_P . A cet effet, les classes de performance énergétique suivantes sont prises en considération:

Catégories de bâtiment		Classe A	Classe B	Classe C	Classe D	Classe E	Classe F	Classe G	Classe H	Classe I
1	MFH	≤ 45	≤ 75	≤ 85	≤ 100	≤ 155	≤ 225	≤ 280	≤ 355	> 355
2	EFH	≤ 45	≤ 95	≤ 125	≤ 145	≤ 210	≤ 295	≤ 395	≤ 530	> 530

Illustration 4 – Classes de performance énergétique, valeurs en [kWh/m²a]

4.2.2 Classes d'isolation thermique

L'isolation thermique est déterminée sur base de la valeur spécifique du besoin en chaleur de chauffage q_H . A cet effet, les classes de performance énergétique suivantes sont prises en considération:

Catégories de bâtiment		Classe A	Classe B	Classe C	Classe D	Classe E	Classe F	Classe G	Classe H	Classe I
1	MFH	≤ 14	≤ 27	≤ 43	≤ 54	≤ 85	≤ 115	≤ 150	≤ 185	> 185
2	EFH	≤ 22	≤ 43	≤ 69	≤ 86	≤ 130	≤ 170	≤ 230	≤ 295	> 295

Illustration 5 – Classes d'isolation thermique, valeurs en [kWh/m²a]

4.2.3 Classes de performance environnementale

L'impact sur l'environnement est déterminé sur base de la valeur spécifique d'émissions totales de CO₂, Q_{CO_2} . A cet effet, les classes de performance environnementale suivantes sont prises en considération:

Catégories de bâtiment		Classe A	Classe B	Classe C	Classe D	Classe E	Classe F	Classe G	Classe H	Classe I
1	MFH	≤ 10	≤ 17	≤ 19	≤ 22	≤ 34	≤ 49	≤ 77	≤ 97	> 97
2	EFH	≤ 11	≤ 21	≤ 27	≤ 32	≤ 46	≤ 65	≤ 107	≤ 144	> 144

Illustration 6 – Classes de performance environnementale, valeurs en [kgCO₂/m²a]

5 CALCULS

5.1 Calculs généraux

5.1.1 Définition des types de surface d'un bâtiment

Le tableau ci-après illustre la répartition des surfaces partielles d'un bâtiment dans la surface de plancher.

Surface de plancher					
Surface de plancher nette			Surface de construction		
Surface utile		Surface de circulation			Surface d'installations
Surface utile principale	Surface utile secondaire				

Tableau 7 – Répartition de la surface de plancher d'un bâtiment

5.1.1.1 Surface de plancher

Par « surface de plancher », on entend toutes les surfaces couvertes et fermées de toute part, y compris la surface de construction. La surface des espaces vides situés en dessous du dernier sous-sol accessible n'est pas considérée comme une surface de plancher. La surface de plancher se divise en surface de plancher nette et en surface de construction.

Les surfaces horizontales doivent être mesurées dans leurs dimensions réelles et les surfaces obliques en projection verticale sur un plan horizontal. Pour les cages d'escalier, les cages d'ascenseur et les gaines techniques, la surface de plancher est déterminée de la même façon comme si le plancher les traversait. Cela s'applique également aux trémies d'escalier d'une surface maximale de 5 m². Dans les autres cas, il s'agit d'un espace qui ne fait pas partie de la surface de plancher.

5.1.1.2 Surface de construction

Par « surface de construction », on entend la surface construite de la surface de plancher, par des éléments formant l'enveloppe du bâtiment et par les éléments intérieurs de construction, comme par exemple: les murs, les cloisons, les piliers et les garde-corps. En font partie les seuils de fenêtres et de portes, pour autant qu'elles ne soient pas prises en compte dans la surface de plancher nette. Les éléments tels que les cloisons mobiles ou les parois d'armoires ne sont pas considérés comme des éléments de la construction. Les cloisons et les parois d'armoires sont considérées comme mobiles lorsque le plancher et le plafond finis sont continus et que leur remplacement est aisé. Les seuils fermables de fenêtres et de portes à balustrades font partie de la surface de construction.

5.1.1.3 Surface de plancher nette

Par « surface de plancher nette », on entend la partie de la surface de plancher délimitée par l'enveloppe du bâtiment ou par les éléments intérieurs de la construction. La surface de plancher nette se divise en surface utile, surface de circulation et surface d'installations. Les surfaces des cloisons mobiles, des murs d'armoires et des appareils/meubles de cuisine et de salle de bains/toilettes intégrés font partie de la surface de plancher nette. Les ouvertures murales non fermables font également partie de la surface de plancher nette. Les seuils de fenêtres comptent également dans la surface de plancher nette lorsque le plancher fini est continu. Aux fins du présent règlement, les cloisons et les parois de séparation dont la hauteur n'atteint pas celle du local ainsi que les équipements mobiles peuvent être négligés.

5.1.1.4 Surface utile

Par « surface utile », on entend la partie de la surface de plancher nette qui est affectée aux fonctions répondant à la destination du bâtiment au sens large. La surface utile se divise en surface utile principale et surface utile secondaire.

5.1.1.5 Surface utile principale

Par « surface utile principale », on entend la partie de la surface utile qui est affectée aux fonctions répondant à la destination du bâtiment au sens strict.

5.1.1.6 Surface utile secondaire

Par « surface utile secondaire », on entend la partie de la surface utile qui est affectée à des fonctions complétant celles de la surface utile principale. Elle est déterminée en fonction de la destination et de l'utilisation du bâtiment. Dans les bâtiments d'habitation, les surfaces utiles secondaires sont par exemple, les buanderies, les greniers et les caves, les débarras, les garages, les abris, les locaux à poubelles.

5.1.1.7 Surface de circulation

Par « surface de circulation », on entend la partie de la surface de plancher nette qui assure exclusivement l'accès aux surfaces utiles. Dans les bâtiments d'habitation, les surfaces de circulation sont par exemple, les couloirs situés en dehors des appartements ou des locaux de travail, les halls d'entrée, les escaliers, les rampes et les cages d'ascenseur.

5.1.1.8 Surface d'installations

Par « surface d'installations », on entend la partie de la surface de plancher nette qui est affectée aux installations techniques du bâtiment. La surface d'installations comprend notamment les locaux affectés aux installations domotiques, les machineries des ascenseurs ou d'autres installations de transport, les gaines techniques, les niveaux d'installations techniques ainsi que les espaces abritant des réservoirs.

5.1.2 Surface de référence énergétique A_n , en m^2

(Règlement grand-ducal du 23 juillet 2016)

«La surface de référence énergétique A_n correspond à la partie conditionnée (pour laquelle le chauffage ou la climatisation est nécessaire) de la surface de plancher nette à l'intérieur de l'enveloppe thermique et à l'intérieur de l'enveloppe d'étanchéité à l'air. A_n est déterminée comme suit:

$$A_n = \sum_i A_i \quad [m^2]$$

où:

A_i $[m^2]$ est la surface de plancher nette à l'intérieur de l'enveloppe thermique et à l'intérieur de l'enveloppe d'étanchéité à l'air délimitée par les éléments de construction d'un espace utile/d'une zone.

- La présence d'un système de transmission de chaleur dans un local n'est pas déterminante pour la prise en compte de ce local dans la surface de référence énergétique (p.ex. des locaux entourés par d'autres locaux chauffés).
- Pour les locaux avec des hauteurs libres différentes tels qu'un local situé sous la toiture, seule fait partie de la surface de référence énergétique la partie de la surface dont la hauteur est supérieure à 1,0 m. La hauteur d'un local va du bord supérieur du plancher fini au bord inférieur du plafond fini. Pour les plafonds comportant des poutres apparentes, la mesure est effectuée entre les poutres.
- Ne font pas partie de la surface de référence énergétique les surfaces suivantes, même si elles sont comprises dans l'enveloppe thermique ou dans l'enveloppe d'étanchéité à l'air:
 - les garages pour équipements roulants;

- les locaux à poubelles;
- les gaines techniques;
- les locaux servant à l'approvisionnement en combustibles.»

5.1.3 Volume d'air chauffé du bâtiment, V_n

Le volume d'air chauffé du bâtiment V_n correspond à la somme des surfaces de tous les locaux faisant partie de la surface de référence énergétique A_n , multipliée par la hauteur significative pour le renouvellement d'air du local/de la zone. Il est déterminé comme suit:

$$V_n = A_n \cdot 2,5m \quad [m^3]$$

où :

A_n	$[m^2]$	surface de référence énergétique calculé conformément au chapitre 5.1.2;
2,5	$[m]$	correspond à la hauteur normalisée significative pour le renouvellement d'air du local/de la zone.

5.1.4 Volume brut chauffé du bâtiment, V_e

Le volume brut chauffé V_e correspond au volume de construction compris dans la surface de l'enveloppe thermique du bâtiment A (dimensions extérieures). Lors de la détermination du volume brut chauffé V_e , il faut prendre en considération la surface de l'enveloppe thermique du bâtiment sans facteurs de correction de la température conformément au chapitre 5.1.5.

5.1.5 Surface de l'enveloppe thermique du bâtiment, A

L'enveloppe du bâtiment se compose des éléments de construction qui englobent complètement et de toute part les locaux conditionnés (dimensions extérieures). La surface de l'enveloppe thermique du bâtiment A se compose des surfaces en contact avec l'extérieur, avec des locaux non chauffés, avec le sol ainsi qu'avec tout local voisin éventuellement ou très peu chauffé. La surface de l'enveloppe thermique du bâtiment A comprend le volume brut chauffé V_e , et doit être à la fois isolée thermiquement et étanche à l'air et est évaluée selon les déperditions de chaleur en prenant en compte les facteurs de correction de la température. La surface de l'enveloppe thermique du bâtiment est déterminée avec les dimensions extérieures en tenant compte des conditions suivantes :

- Les éléments de construction en contact avec des zones de même température ambiante sont considérés ne causant pas de déperditions de chaleur et par conséquent ne sont pas pris en considération lors de l'évaluation énergétique.
- En présence d'habillages, de murs de protection et de toits ventilés, la couche d'isolation constitue la limite extérieure.
- En présence de greniers chauffés (chiens-assis), il faut prendre en considération les surfaces extérieures réelles dans la surface de l'enveloppe du bâtiment et le volume réel dans le volume brut, et non pas les inclinaisons de la toiture.
- Les couloirs intérieurs qui ne sont pas chauffés mais séparés de la cage d'escalier doivent être compris dans la zone chauffée.
- En présence de jardins d'hiver non chauffés et ventilés et de loggias entièrement vitrées, la surface de l'enveloppe thermique du bâtiment passe le long du mur de séparation entre le bâtiment d'habitation principal et le jardin d'hiver.
- Les cours intérieures avec une couverture vitrée (patio fermé) ne sont pas comprises dans l'enveloppe thermique du bâtiment, à moins qu'elles ne soient chauffées.

- Pour chacune des phases du projet, il faut prendre en considération les dimensions et précisions relatives à l'échelle. Pour les constructions achevées, les surfaces sont déterminées d'après les dimensions finales aux limites des éléments de construction.
- En principe, la partie extérieure de l'élément de construction (couverture) est prise comme dimension extérieure. En cas de double façade comprenant un espace vide de plus de 10 cm d'épaisseur, la limite intérieure de l'espace vide est prise comme dimension extérieure. Dans le cas de toitures vertes avec une couche de terre supérieure à 10 cm, la limite inférieure de la terre est prise comme dimension extérieure.
- Les éléments de construction cylindriques doivent être calculés à l'aide de formules d'approximation appropriées.
- Les niches de balcons, les éléments de constructions en surplomb, etc. doivent être prises en compte dans leur développement total. Les éléments de construction structurés doivent être pris en compte comme des surfaces planes, si la structure ne dépasse pas ou ne rentre pas de plus de 20 cm par rapport à la surface définie comme étant la partie la plus extérieure de la façade.
- Les locaux qui, par définition, ne font pas partie de la surface de référence énergétique A_n , peuvent être intégrés dans l'enveloppe thermique du bâtiment, par exemple si cela mène à une surface de l'enveloppe thermique plus petite ou si cela permet d'éviter des ponts thermiques. L'objectif est de réduire le besoin en énergie de chauffage. Lorsque, dans une situation donnée, il est difficile de déterminer quel côté d'un local doit être considéré comme faisant partie de l'enveloppe thermique, il faut opter pour la surface avec le plus petit coefficient de déperdition de chaleur par transmission H_T . La surface d'un local non conditionné, compris dans l'enveloppe thermique du bâtiment, n'est toutefois pas intégrée dans la surface de référence énergétique A_n .
- Les locaux conditionnés de manière non active à l'intérieur de l'enveloppe thermique doivent être étanches à l'air par rapport à l'air extérieur. Dans les locaux de chauffage, l'air de combustion doit être amené directement au brûleur.

Pour déterminer la surface de l'enveloppe thermique du bâtiment, toutes les surfaces partielles doivent être multipliées par les facteurs de correction de la température correspondants conformément au chapitre 5.2.1.3. La surface de l'enveloppe thermique du bâtiment A est calculée d'après la formule suivante :

$$A = \sum_i A_i \cdot F_{\theta,i} \quad [\text{m}^2]$$

où:

A_i	$[\text{m}^2]$	est la surface transmettant la chaleur pour l'élément de construction correspondant;
$F_{\theta,i}$	$[-]$	est le facteur de correction de la température conformément aux tableaux 9 et 10.

5.1.6 Rapport entre la surface de l'enveloppe thermique du bâtiment au volume chauffé brut du bâtiment A/V_e

Le rapport A/V_e du bâtiment, qui est utilisé comme paramètre pour la détermination des valeurs spécifiques, est calculé d'après la formule suivante:

$$A/V_e = \frac{A}{V_e} \quad [1/\text{m}]$$

où:

A	$[\text{m}^2]$	est la surface de l'enveloppe thermique du bâtiment à déterminer conformément au chapitre 5.1.5;
V_e	$[\text{m}^3]$	est le volume chauffé brut conformément au chapitre 5.1.4.

5.2 Calculs relatifs à la chaleur de chauffage

5.2.1 Besoin en chaleur de chauffage q_H

Par besoin annuel en chaleur de chauffage, on entend la quantité de chaleur nécessaire par an pour maintenir le volume chauffé brut à une température intérieure moyenne, tel que défini au chapitre 6.2. Les calculs se réfèrent à un comportement standard des utilisateurs et à des conditions climatiques standard.

Le **besoin mensuel en chaleur de chauffage** est calculé de la manière suivante:

$$Q_{h,M} = Q_{tl,M} - \eta_M \cdot (Q_{s,M} + Q_{i,M}) \quad [\text{kWh/M}]$$

où:

$Q_{h,M}$ [kWh/M]	est le besoin mensuel en chaleur de chauffage (les valeurs numériques négatives sont prises égales à zéro);
$Q_{tl,M}$ [kWh/M]	est la déperdition mensuelle de chaleur par ventilation et par transmission;
η_M [-]	est le taux d'utilisation mensuel des gains de chaleur;
$Q_{s,M}$ [kWh/M]	sont les gains solaires mensuels par des éléments de construction transparents;
$Q_{i,M}$ [kWh/M]	sont les gains de chaleur internes mensuels;
Indice M	durée de référence correspondant à un mois.

Le **besoin annuel en chaleur de chauffage** est calculé de la manière suivante:

$$Q_h = \sum_M Q_{h,M} \quad [\text{kWh/a}]$$

où:

Q_h [kWh/a]	est le besoin annuel en chaleur de chauffage additionné sur tous les mois de l'année;
$Q_{h,M}$ [kWh/M]	est le besoin mensuel en chaleur de chauffage.

5.2.1.1 Valeur spécifique du besoin en chaleur de chauffage, q_H

Le rapport du besoin annuel en chaleur de chauffage Q_h et de la surface de référence énergétique A_n est défini comme la valeur spécifique du besoin en chaleur de chauffage q_H .

$$q_H = \frac{Q_h}{A_n} \quad [\text{kWh/m}^2\text{a}]$$

5.2.1.2 Calcul de la déperdition mensuelle de chaleur par ventilation et par transmission

La déperdition mensuelle de chaleur par ventilation et par transmission est définie comme suit :

$$Q_{tl,M} = 0,024 \cdot (H_T + H_V) \cdot (\vartheta_i - \vartheta_{e,M}) \cdot t_M \cdot f_{ze} \quad [\text{kWh/M}]$$

où:

$Q_{tl,M}$ [kWh/M]	est la déperdition mensuelle de chaleur par ventilation et par transmission;
H_T [W/K]	est le coefficient de déperdition de chaleur par transmission;
H_V [W/K]	est le coefficient de déperdition de chaleur par ventilation;
ϑ_i [°C]	est la température intérieure moyenne (ressentie par le corps humain); moyenne arithmétique de la température de l'air et de la température de rayonnement au centre de la zone utilisée;

$\vartheta_{e,M}$	[°C]	est la température extérieure moyenne par mois pour le climat de référence du Luxembourg, conformément au chapitre 6.8;
t_M	[d/M]	est le nombre de jours par mois;
f_{ze}	[-]	est le coefficient de correction pour un chauffage intermittent.

5.2.1.3 Calcul du coefficient de déperdition de chaleur par transmission

Pour calculer le coefficient de déperdition de chaleur par transmission, la formule suivante s'applique:

$$H_T = \sum_i (U_i \cdot A_i \cdot F_{\vartheta,i}) + H_{WB} \quad [W/K]$$

Le coefficient de déperdition de chaleur dû à des ponts thermiques linéaires H_{WB} est calculé comme suit:

$$H_{WB} = \sum_i (F_{\vartheta,i} \cdot \Psi_i \cdot l_i) \quad [W/K]$$

où:

$F_{\vartheta,i}$	[-]	est le facteur de correction de la température du pont thermique i, conformément aux valeurs visées aux tableaux 9 et 10;
Ψ_i	[W/(mK)]	est le coefficient linéique de transmission thermique du pont thermique i (conformément à la norme DIN EN ISO 10211-2);
l_i	[m]	est la longueur du pont thermique i.

H_{WB} peut être déterminé de la manière simplifiée suivante:

$$H_{WB} = \sum_i (A_i \cdot F_{\vartheta,i}) \cdot \Delta U_{WB} \quad [W/K]$$

où:

ΔU_{WB}	[W/(m ² K)]	est le facteur de correction des ponts thermiques, voir chapitre 5.2.1.4;
A_i	[m ²]	est la surface de l'élément de construction correspondant;
H_T	[W/K]	est le coefficient de déperdition de chaleur par transmission;
U_i	[W/(m ² K)]	est le coefficient de transmission thermique pour l'élément de construction correspondant;
$F_{\vartheta,i}$	[-]	est le facteur de correction de la température conformément aux tableaux 9 et 10.

5.2.1.3.1 Facteur de correction de la température pour les déperditions de chaleur d'éléments de construction en contact avec des locaux non chauffés $F_{\vartheta,i}$

Le facteur de correction de la température $F_{\vartheta,i}$ d'éléments de construction en contact avec des locaux non chauffés est égal au rapport de la différence de température entre l'intérieur du local et le local non chauffé et de la différence de température entre l'intérieur du local et le climat extérieur. Il peut être déterminé de la manière suivante:

$$F_{\vartheta,i} = \frac{H_{ue}}{H_{ue} + H_{iu}}$$

où:

H_{ue}	[W/K]	est le coefficient de déperdition de chaleur d'un local non chauffé vers l'extérieur;
H_{iu}	[W/K]	est le coefficient de déperdition de chaleur entre un local chauffé et un local non chauffé.

H_{ue} et H_{iu} prennent en considération la déperdition de chaleur par ventilation et par transmission. Afin de ne pas sous-estimer la déperdition de chaleur par transmission, seule la déperdition de chaleur par transmission est prise en compte pour le calcul de H_{iu} . La déperdition par ventilation dans H_{ue} est calculée conformément à la norme EN ISO 13789, point 5.4.

En absence d'un calcul justificatif, les valeurs par défaut ci-après, visées au tableau 9, sont à appliquer.

Flux thermique à travers l'élément de construction i	Facteur de correction de la température $F_{s,i}$	R_{se} m ² K/W	R_{si} m ² K/W
Mur extérieur	1,00	0,04	0,13
Mur extérieur, ventilé	1,00	0,13	0,13
Toit / plafond en contact avec l'extérieur	1,00	0,04	0,10
Sol en contact avec l'extérieur	1,00	0,04	0,17
Murs et fenêtres en contact avec un atrium non chauffé présentant un vitrage de type:			
- vitrage simple $U_w > 2,5 \text{ W/m}^2\text{K}$	0,80	0,13	0,13
- vitrage double $U_w < 2,5 \text{ W/m}^2\text{K}$	0,70	0,13	0,13
- vitrage isolant $U_w < 1,6 \text{ W/m}^2\text{K}$	0,50	0,13	0,13
Mur pignon (mur de jambette)	1,00	0,13	0,13
Mur en contact avec des combles non aménagés ($U_e > 0,4 \text{ W/(m}^2\text{K)}$)	0,90	0,13	0,13
Mur en contact avec des combles aménagés ($U_e \leq 0,4 \text{ W/(m}^2\text{K)}$)	0,70	0,13	0,13
Mur en contact avec un local non chauffé	0,80	0,13	0,13
Mur en contact avec un local tampon (cage d'escalier, atrium)	0,50	0,13	0,13
Mur en contact avec le sol	Tableau 10	0,00	0,13
Plafond en contact avec des combles non aménagés ($U_e > 0,4 \text{ W/(m}^2\text{K)}$)	0,90	0,10	0,10
Plafond en contact avec des combles aménagés ($U_e \leq 0,4 \text{ W/(m}^2\text{K)}$)	0,70	0,10	0,10
Plafond en contact avec un local non chauffé	0,80	0,10	0,10
Plafond en contact avec un local tampon (cage d'escalier, atrium)	0,50	0,10	0,10
Plancher en contact avec un local non chauffé	0,80	0,17	0,17
Plancher en contact avec une cave non chauffée (entièrement enterrée)	0,55	0,17	0,17
Plancher en contact avec un local tampon (cage d'escalier, atrium)	0,50	0,17	0,17
Plancher en contact avec le sol	Tableau 10	0,00	0,17
Eléments de construction en contact avec des locaux chauffés ³	0	0	0

Tableau 9 – Facteurs de correction de la température $F_{s,i}$ des éléments en contact avec l'extérieur ou des locaux non chauffés

³ Les éléments de construction en contact avec des zones ayant une température ambiante équivalente sont considérés sans transmission de chaleur et ne sont pas pris en considération lors de l'évaluation énergétique.

5.2.1.3.2 Facteur de correction de la température pour les déperditions de chaleur d'éléments de construction en contact avec le sol $F_{\theta,i}$

Le facteur de correction de la température $F_{\theta,i}$ d'éléments de construction en contact avec le sol est égal au rapport du coefficient de transmission thermique, en tenant compte de l'effet isolant du sol, et du coefficient de transmission thermique, sans tenir compte de l'effet du sol. Les coefficients de transmission thermique, en tenant compte de l'effet isolant du sol, sont calculés conformément à la norme EN ISO 13370.

En l'absence d'un calcul justificatif, les valeurs par défaut ci-après visées au tableau 10 relatives aux coefficients de transmission thermique sont à appliquer, sans tenir compte de l'effet isolant du sol.

Les facteurs de correction de la température sont fonction de la valeur U de l'élément de construction (U_{WG0} ou U_{FG0}) ainsi que, pour le plancher, du rapport de la surface de plancher A_{FG} et de son périmètre P_{FG} .

U_{WG0} ou U_{FG0} W/(m ² K)		$F_{\theta,i}$ pour des murs en contact avec le sol			$F_{\theta,i}$ pour le plancher en contact avec le sol								
		< 0,4 0,4-0,6 > 0,6			$A_{FG}/P_{FG} < 5m$			$5m \leq A_{FG}/P_{FG} \leq 10m$			$A_{FG}/P_{FG} > 10m$		
					< 0,4	0,4-0,6	> 0,6	< 0,4	0,4-0,6	> 0,6	< 0,4	0,4-0,6	> 0,6
Profondeur dans le sol ⁴	< 0,5 m	0,95	0,93	0,91	0,73	0,65	0,57	0,60	0,51	0,42	0,48	0,39	0,30
	0,5 ... < 1 m	0,91	0,87	0,87	0,72	0,63	0,54	0,60	0,50	0,40	0,47	0,38	0,29
	1 ... < 2 m	0,86	0,81	0,76	0,70	0,61	0,52	0,59	0,49	0,39	0,45	0,37	0,29
	2 ... < 3 m	0,80	0,72	0,64	0,68	0,58	0,48	0,55	0,46	0,37	0,44	0,36	0,27
	> 3 m	0,74	0,65	0,56	0,66	0,55	0,44	0,53	0,44	0,35	0,42	0,34	0,26

Tableau 10 – Facteurs de correction de la température $F_{\theta,i}$ pour des locaux chauffés en contact avec le sol

où:

U_{WG0}	[W/(m ² K)]	est la valeur U d'un mur en contact avec le sol avec $R_{se} = 0$;
U_{FG0}	[W/(m ² K)]	est la valeur U d'un plancher en contact avec le sol avec $R_{SE} = 0$;
R_{se}	[m ² K/W]	est la résistivité thermique extérieure;
A_{FG}	[m ²]	est la surface de l'enveloppe thermique en contact avec le sol;
P_{FG}	[m]	est le périmètre de A_{FG} sur les limites extérieures du bâtiment ou en contact avec des locaux non chauffés en dehors du périmètre de l'isolation thermique. Les bords en contact avec des locaux voisins chauffés ne sont pas pris en compte.

5.2.1.4 Ponts thermiques

Dans la mesure du possible, il faut réduire au minimum l'influence des ponts thermiques structurels, géométriques et liés aux matériaux, conformément aux règles de l'art. Lors de la détermination du besoin annuel en chaleur de chauffage, il faut prendre en considération les ponts thermiques selon l'une des possibilités suivantes:

1. prise en compte en augmentant les coefficients de transmission thermique du facteur de correction des ponts thermiques $\Delta U_{WB}=0,10$ [W/(m²K)] pour l'ensemble de la surface de l'enveloppe thermique A du bâtiment;
2. dans le respect des exemples de planification et d'exécution conformément à la norme DIN 4108 Feuille 2, prise en compte en augmentant les coefficients de transmission thermique du facteur

⁴ Bord supérieur du sol jusqu'au bord inférieur du plancher

de correction des ponts thermiques $\Delta U_{WB}=0,05$ [W/(m²K)] pour l'ensemble de la surface de l'enveloppe thermique A du bâtiment.

3. calcul des ponts thermiques conformément à la norme DIN EN ISO 10211-2, selon le chapitre 5.2.1.3; (*Règlement grand-ducal du 23 juillet 2016*)

«4.pour les bâtiments d'habitation présentant une mauvaise protection thermique sans isolation thermique intérieure ou extérieure considérable, le facteur de correction des ponts thermiques ΔU_{WB} à prendre en considération est évalué par l'expert sur base des circonstances locales. Le facteur de correction peut être égal à 0.»

Dans le cas de bâtiments répondant au standard de la maison passive, seule la variante 3 est autorisée.

Si, dans la mesure où sont pris en considération tous les coefficients de déperdition des ponts thermiques des raccordements d'un élément de construction extérieur A en contact avec des éléments de construction voisins extérieurs B, C, ... dans la valeur U de l'élément de construction extérieur A (ou dans l'élément de construction voisin extérieur B, C,...), le supplément dû aux ponts thermiques relatif à la surface de l'élément de construction extérieur A peut être supprimé.

5.2.1.5 Calcul du coefficient de déperdition de chaleur par ventilation

Le coefficient de déperdition de chaleur par ventilation est calculé d'après la formule suivante:

$$H_V = c_{PL} \cdot V_n \cdot n \quad [\text{W/K}]$$

pour les bâtiments sans installation de ventilation

$$n = 0,35 + n_{50} \cdot e + 0,05 \quad [1/\text{h}]$$

où 0,35 est le taux de renouvellement d'air neuf hygiénique minimum en h⁻¹ et 0,05 le taux de renouvellement d'air neuf supplémentaire en h⁻¹ généré par l'utilisation standard du bâtiment, notamment par l'ouverture de portes et de fenêtres.

pour les bâtiments équipés d'une installation de ventilation pour l'ensemble du bâtiment

$$n = \frac{\dot{V}_{L,m}}{V_n} \cdot (1 - \eta_L) \cdot (1 - \eta_{EWT}) + n_{50} \cdot e + 0,05 \quad [1/\text{h}]$$

où le rapport $\dot{V}_{L,m} / V_n$ doit, d'après le présent règlement, au minimum correspondre au taux de renouvellement d'air neuf hygiénique minimum de 0,35 h⁻¹.

pour les bâtiments combinés avec et sans ou plusieurs installations de ventilation

S'il existe plusieurs installations de ventilation et/ou zones de bâtiment ou si le taux de renouvellement d'air neuf n'est pas réalisé dans toutes les zones à travers les installations de ventilation, mais également grâce à une ventilation naturelle, il faut tenir compte de l'équation ci-après dans le calcul:

$$n = \frac{\left(\sum_i \dot{V}_{L,m,i} \cdot (1 - \eta_{L,i}) \cdot (1 - \eta_{EWT}) \right) + V_r \cdot 0,35}{V_n} + n_{50} \cdot e + 0,05 \quad [1/\text{h}]$$

$$\text{où:} \quad V_r = V_n - \sum_i V_{r,L,i} \quad [\text{m}^3]$$

Le rapport $\dot{V}_{L,m,i} /$ somme des volumes d'air $V_{r,L,i}$ de locaux considérés pour cette installation doit, d'après le présent règlement, au minimum correspondre au taux de renouvellement d'air neuf hygiénique minimum de $0,35 \text{ h}^{-1}$.

où:

c_{pL}	[Wh/m ³ K]	est la capacité d'accumulation thermique spécifique de l'air fixée à 0,34 Wh/m ³ K;
H_v	[W/K]	est le coefficient de déperdition de chaleur par ventilation;
$\dot{V}_{L,m,i}$	[m ³ /h]	est le volume d'air pondéré selon la durée de fonctionnement de l'installation de ventilation, avec l'indice i pour plusieurs installations, conformément au chapitre 5.4.1;
V_n	[m ³]	est le volume d'air chauffé du bâtiment, conformément au chapitre 5.1.3;
V_r	[m ³]	est le volume d'air d'un local qui, en tant que partie du volume d'air chauffé du bâtiment, n'est pas renouvelé par une installation de ventilation;
$V_{r,L,i}$	[m ³]	est le volume d'air d'un local qui, en tant que partie du volume d'air chauffé d'un bâtiment, est renouvelé par une installation de ventilation, avec l'indice i pour plusieurs locaux;
n	[1/h]	est le taux de renouvellement d'air effectif (énergétiquement efficace);
$\eta_{L,i}$	[%]	est le rendement du système de récupération de chaleur en conditions d'exploitation, avec l'indice i pour plusieurs installations; celui-ci doit correspondre à des données certifiées. Pour les installations de ventilation sans système de récupération de chaleur, telles que les installations de reprise d'air, $\eta_L = 0$;
η_{EWT}	[%]	est le rendement annuel de l'échangeur de chaleur géothermique. EWT standard: 0,20, EWT amélioré (> 40m): 0,30 Il est possible d'utiliser des valeurs plus précises sur présentation de résultats de calculs d'ingénieurs;
<i>(Règlement grand-ducal du 23 juillet 2016)</i>		
$\ll n_{50}$	[1/h]	est la valeur d'étanchéité à l'air du bâtiment. Si des valeurs mesurées conformément au chapitre 1.3 sont disponibles, celles-ci peuvent être utilisées pour l'établissement du certificat de performance énergétique de bâtiments existants et en ce qui concerne les bâtiments neufs pour l'établissement du certificat de performance énergétique visé à l'article 3, paragraphe 11 du présent règlement grand-ducal;»
e	[-]	est le coefficient de la classe de protection conformément au tableau 11.

Coefficient de la classe de protection e	Plus d'une façade exposée aux intempéries
Aucune protection: bâtiments situés sur un terrain dégagé, constructions hautes aux centres-villes	0,10
Protection moyenne: bâtiments situés sur un terrain boisé ou entourés de constructions éparses, constructions de périphérie de villes	0,07 (standard)
Protection élevée: bâtiments de hauteur moyenne aux centres-villes, bâtiments situés dans des forêts	0,04

Tableau 11 – Coefficient de la classe de protection e

Le taux de renouvellement d'air neuf hygiénique standard de $0,35 \text{ h}^{-1}$ sert uniquement à la présente méthode de démonstration de calcul et ne constitue aucune restriction par rapport aux exigences spécifiques concernant le taux de renouvellement d'air en matière de sécurité et d'hygiène. Étant donné que le renouvellement d'air standard représente une valeur moyenne annuelle, le taux de renouvellement d'air de conception de l'installation de ventilation peut être supérieur.

5.2.1.6 Chauffage intermittent

La baisse de la température de consigne de local du bâtiment pendant la nuit entraîne une diminution de la différence de température entre l'intérieur et l'extérieur au cours de la période de chauffage. Cette diminution est prise en considération ci-après dans le bilan par un coefficient de correction f_{ze} qui affecte les déperditions de chaleur annuelles et mensuelles.

Pour le calcul des bâtiments d'habitation relevant des catégories 1 et 2 visées au tableau 20, il faut toujours prendre en considération l'influence exclusive d'une réduction nocturne de la température, sauf si l'installation technique ne permet pas de prévoir une réduction nocturne. Dans ce cas, il faut prévoir un fonctionnement continu de l'installation de chauffage dans le calcul. Le coefficient de correction f_{ze} pour la période déterminée de chauffage est défini comme suit:

sans l'influence d'une réduction nocturne (fonctionnement continu de l'installation de chauffage)

$$f_{ze} = 1,0 \quad [-]$$

avec exclusivement une réduction nocturne

$$f_{ze} = 0,9 + \frac{0,1}{(1+h)} \quad [-]$$

avec une réduction nocturne et en fin de semaine (non admis pour les bâtiments d'habitation aux fins de l'établissement du calcul de performance énergétique; valable uniquement pour le calcul du besoin individuel en énergie de chauffage)

$$f_{ze} = 0,75 + \frac{0,25}{(1+h)} \quad [-]$$

où h est le coefficient de déperdition spécifique de chaleur du bâtiment relatif à la température.

$$h = \frac{(H_T + H_V)}{A_n} \quad [W/(m^2K)]$$

où:

A_n	$[m^2]$	est la surface de référence énergétique conformément au chapitre 5.1.2;
H_T	$[W/K]$	est le coefficient de déperdition de chaleur par transmission conformément au chapitre 5.2.1.3;
H_V	$[W/K]$	est le coefficient de déperdition de chaleur par ventilation conformément au chapitre 5.2.1.5.

5.2.1.7 Calcul des gains de chaleur internes mensuels

$$Q_{i,M} = 0,024 \cdot q_{i,M} \cdot A_n \cdot T_M$$

où:

$Q_{i,M}$	$[kWh/M]$	sont les gains de chaleur internes mensuels;
q_{iM}	$[W/m^2]$	est la valeur spécifique moyenne des gains de chaleur internes conformément au chapitre 6.2, tableau 21;
A_n	$[m^2]$	est la surface de référence énergétique conformément au chapitre 5.1.2;

T_M [d/M] est le nombre de jours du mois.

5.2.1.8 Calcul des gains solaires mensuels par des éléments de construction transparents

$$Q_{s,M} = 0,024 \cdot A_i \cdot g_{\perp i} \cdot F_{h,i} \cdot F_{0,i} \cdot F_{f,i} \cdot F_{w,i} \cdot F_{G,i} \cdot F_{V,i} \cdot I_{S,M,r} \cdot T_M \quad [\text{kWh/M}]$$

Les fenêtres dont l'inclinaison par rapport à l'horizontale est $\leq 30^\circ$ sont affectées à l'horizontale; dans les autres cas, elles sont affectées à l'orientation correspondante.

Il faut déterminer les influences de l'ombrage d'une manière aussi précise que possible, conformément au chapitre 5.2.1.8. S'il n'existe pas d'ombrage particulier dû à des constructions (paysage, surplombs ou surplombs latéraux) pour une fenêtre, il faut appliquer les facteurs suivants:

$$F_{h,i} = 0,95 \quad F_{0,i} = 0,95 \quad F_{f,i} = 0,95$$

où:

T_M	[d/M]	est le nombre de jours du mois;
$Q_{s,M}$	[kWh/M]	sont les gains solaires mensuels; déterminés selon 9 orientations (4 orientations cardinales, 4 orientations intermédiaires et l'horizontale) et puis additionnés;
A_i	[m ²]	est la surface vitrée de chaque fenêtre (dimensions brutes (gros œuvre));
$g_{\perp i}$	[-]	est le facteur de transmission énergétique totale d'une fenêtre (valeurs par défaut conformément au tableau 12);
$F_{h,i}$	[-]	est le facteur d'ombrage partiel d'une fenêtre dû à des constructions avoisinantes (<i>Règlement grand-ducal du 23 juillet 2016</i>) «et au paysage» conformément au tableau 14;
$F_{0,i}$	[-]	est le facteur d'ombrage partiel d'une fenêtre dû à des éléments en surplomb horizontales conformément au tableau 15;
$F_{f,i}$	[-]	est le facteur d'ombrage partiel d'une fenêtre dû à des éléments en surplomb latérales conformément au tableau 16;
$F_{w,i}$	[-]	est le facteur de réduction dû à une incidence non verticale du rayonnement conformément au tableau 13;
$F_{V,i}$	[-]	est le facteur d'encrassement d'une fenêtre conformément au tableau 13;
$F_{G,i}$	[-]	(<i>Règlement grand-ducal du 23 juillet 2016</i>) «est la quote-part vitrée d'une fenêtre i par rapport aux dimensions brutes (gros œuvre), la valeur standard est 0,7;»
$I_{S,M,r}$	[W/(m ² M)]	est l'intensité énergétique moyenne mensuelle du rayonnement solaire en fonction de l'orientation de la surface (climat de référence du Luxembourg) conformément au tableau 53.

Signification des indices: i: détermine l'élément de construction correspondant;
 M: valeur du mois;
 r: valeur dépendant de l'orientation.

A des fins de simplification des calculs, les fenêtres sont prises en compte selon l'orientation la plus proche: nord, sud, est, ouest, nord-est, nord-ouest, sud-est et sud-ouest. La projection exacte des fenêtres sur une orientation intermédiaire quelconque est également admise. L'intensité énergétique moyenne mensuelle du rayonnement solaire total doit alors être déterminé à partir de la moyenne géométrique des deux orientations cardinales/intermédiaires les plus proches selon la formule suivante:

où:

$$I_{S,M,x} = \sqrt{I_{S,M,r1} \cdot I_{S,M,r2}} \quad [\text{W/m}^2]$$

Indice x est le rayonnement solaire sur une surface intermédiaire;

Indices r_1 et r_2 est le rayonnement solaire sur l'orientation cardinale/intermédiaire la plus proche.

Les systèmes d'ombrage actifs (stores, auvents, etc.), qui servent généralement comme protection thermique d'été, ne sont pas pris en considération dans le présent calcul pour la détermination du besoin en chaleur de chauffage.

(Règlement grand-ducal du 23 juillet 2016)

«

Élément de construction transparent	Valeurs standard ¹⁾ du facteur de transmission énergétique totale $g_{\perp}$
Vitrage simple	0,87
Vitrage double ou deux vitres séparées	0,75
Vitrage isolant, vitrage double avec revêtement sélectif	0,60 à 0,70
Vitrage triple avec revêtement sélectif	0,40 à 0,60
Vitrage de protection solaire	0,20 à 0,50

Tableau 12 – Valeurs standard du facteur de transmission énergétique totale $g_{\perp}$

- 1) L'utilisation de valeurs exactes, conformes à une norme européenne en vigueur ou à des indications certifiées du fabricant, est admise et souhaitée. Dans le cas contraire, il faut utiliser les valeurs standards fixées dans le tableau 12. En cas d'indication de fourchettes de valeurs, la valeur entre parenthèses correspond à la valeur standard à appliquer.

Orientation	Facteur de réduction dû à une incidence non verticale du rayonnement $F_{w,i}$	Facteur d'encrassement $F_{v,i}$
Horizontale	86%	85%
Nord	80%	95%
Nord-est	83%	95%
Nord-ouest	83%	95%
Est	87%	95%
Sud	78%	95%
Sud-est	82%	95%
Sud-ouest	82%	95%
Ouest	87%	95%

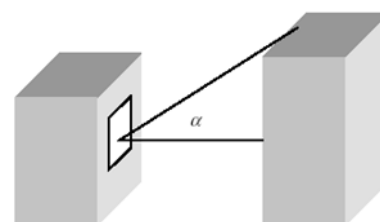
Tableau 13 – Facteur de réduction dû à une incidence non verticale du rayonnement $F_{w,i}$ et facteur d'encrassement $F_{v,i}$

5.2.1.8.1 Facteur d'ombrage partiel dû à des constructions avoisinantes (Règlement grand-ducal du 23 juillet 2016) «et au paysage»

Le facteur d'ombrage dû à des constructions avoisinantes (Règlement grand-ducal du 23 juillet 2016) «et au paysage» peut être déterminé par fenêtre ou par façade. Dans le cas d'une détermination par façade, l'angle de vue du paysage est déterminé par rapport au centre de la façade. Il faut prendre en considération les

constructions effectivement existantes au moment du calcul et, dans le cas de projets comprenant plusieurs bâtiments, l'ombre projetée par les autres bâtiments du projet.

Angle de vue du paysage α	Facteur d'ombrage partiel dû à des constructions avoisinantes (Règlement grand-ducal du 23 juillet 2016) «et au paysage»		
	Sud	Est/ouest	Nord
0°	1,00	1,00	1,00
10°	0,96	0,94	1,00
20°	0,78	0,79	0,97
30°	0,56	0,67	0,93
40°	0,43	0,59	0,90



Angle de vue du paysage α

Tableau 14 – Facteur d'ombrage partiel dû à des constructions avoisinantes (Règlement grand-ducal du 23 juillet 2016) «et au paysage» $F_{h,i}$

5.2.1.8.2 Facteur d'ombrage partiel dû à des éléments en surplomb horizontal

Le facteur d'ombrage dû à des éléments en surplomb horizontal doit être déterminé par fenêtre. L'angle est déterminé par rapport au centre de la fenêtre.

Angle de vue d'un élément en surplomb α	Facteur d'ombrage partiel dû à des éléments en surplomb horizontal		
	Sud	Est/ouest	Nord
0°	1,00	1,00	1,00
30°	0,91	0,90	0,91
45°	0,77	0,77	0,80
60°	0,54	0,59	0,66

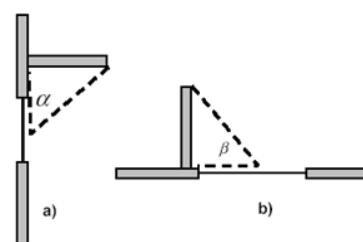


Tableau 15 – Facteur d'ombrage partiel dû à des éléments en surplomb horizontal $F_{0,i}$

5.2.1.8.3 Facteur d'ombrage partiel dû à des éléments en surplomb latéral

Le facteur d'ombrage dû à des éléments en surplomb latéral doit être déterminé par fenêtre. L'angle est déterminé par rapport au centre de la fenêtre. La valeur de calcul est valable pour un élément installé sur un seul des côtés de la fenêtre. Pour les fenêtres orientées à l'est ou à l'ouest, cette valeur est également valable pour les éléments en surplomb latéral exposés sur le côté sud de la fenêtre. Pour les éléments en surplomb latéral exposés sur le côté nord, il faut utiliser le facteur 1,0. Pour les fenêtres orientées au sud avec des éléments en surplomb latéral de chaque côté, il faut multiplier les deux valeurs de calcul.

Angle du vue d'un élément en surplomb latéral β	Facteur d'ombrage partiel dû à des éléments en surplomb latéral		
	Sud	Est/ouest	Nord
0°	1,00	1,00	1,00
30°	0,94	0,92	1,00
45°	0,85	0,84	1,00
60°	0,73	0,75	1,00

Légende :

a) coupe verticale

b) coupe horizontale

α angle de surplomb

β angle de vue d'un élément extérieur en surplomb latéral

Tableau 16 – Facteur d'ombrage partiel dû à des éléments en surplomb latéral $F_{f,i}$

Le facteur d'ombrage des fenêtres en contact avec des locaux non chauffés et des locaux voisins chauffés ou climatisés est égal à zéro. Les orientations intermédiaires doivent être interpolées de manière linéaire.

5.2.1.9 Calcul du taux d'utilisation mensuel des gains de chaleur internes et solaires

Aux fins du calcul du taux d'utilisation η_M , il faut différencier deux cas de figure en utilisant les formules suivantes:

$$\eta_M = F_g \cdot \eta_{0M}$$

Rapport mensuel entre les apports et les déperditions totales en chaleur:

$$\gamma_M = \frac{Q_{s,M} + Q_{i,M}}{Q_{tl,M}} \quad [-] \quad (1)$$

Les deux cas de figure de calcul du taux d'utilisation mensuel:

$$\text{si } \gamma_M \neq 1 \quad \eta_{0M} = \frac{1 - \gamma_M^a}{1 - \gamma_M^{(a+1)}} \quad [-] \quad (2)$$

$$\text{si } \gamma_M = 1 \quad \eta_{0M} = \frac{a}{a+1} \quad [-] \quad (3)$$

$$a = 1 + \frac{\tau}{15} \quad [-] \quad (4)$$

$$\tau = \frac{C_{wirk}}{H_T + H_V} \quad [h] \quad (5)$$

où:

η_M	[-] :	est le taux d'utilisation mensuel des gains de chaleur;
η_{0M}	[-] :	est le taux d'utilisation mensuel des gains de chaleur sans tenir compte de la transmission thermique au local avec un réglage optimal des températures ambiantes;
γ_M	[-] :	est le rapport mensuel entre les apports et les déperditions totales en chaleur;
a	[-] :	est un paramètre numérique;
$Q_{s,M}$	[kWh/M] :	sont les gains solaires mensuels par des éléments de construction transparents;
$Q_{i,M}$	[kWh/M] :	sont gains de chaleur internes mensuels;
$Q_{tl,M}$	[kWh/M] :	est la déperdition de chaleur mensuelle par ventilation et par transmission;
τ	[h] :	est l'inertie thermique du bâtiment;
H_T	[W/K] :	est le coefficient de déperdition de chaleur par transmission;
H_V	[W/K] :	est le coefficient de déperdition de chaleur par ventilation;
C_{wirk}	[Wh/K] :	est la capacité d'accumulation thermique effective;
$C_{wirk} = 15 V_e$ pour des constructions légères (constructions en bois);		

$C_{\text{wirk}} = 30 V_e$ pour des constructions moyennement lourdes (constructions mixtes en bois et en dur);

$C_{\text{wirk}} = 50 V_e$ pour des constructions lourdes (éléments de constructions extérieurs et intérieurs massifs);

V_e [m³] : volume brut chauffé du bâtiment;
 F_g [-]: facteur de réduction dû au réglage.

L'inertie et la précision de réglage du système de transmission de chaleur, qui transmet la chaleur du fluide caloripporteur à l'air ambiant, entraînent de temps en temps une augmentation non souhaitée de la température ambiante. Il en résulte une augmentation des déperditions thermiques ou une réduction du taux d'utilisation des gains de chaleur internes et solaires à des fins de chauffage, ce qui est pris en compte par la valeur F_g lors du calcul du taux d'utilisation mensuel des gains de chaleur. Le facteur de réduction dû au réglage F_g décrit une plus mauvaise utilisation des gains thermiques, lorsque les températures ambiantes ne sont pas régulées dans tous les locaux.

Réglage de la température ambiante du local	F_g
(Règlement grand-ducal du 23 juillet 2016) «Réglage de la température par local ou réglage de la température par local de référence dans des bâtiments dont la classe d'isolation thermique est B ou A»	1,00
(Règlement grand-ducal du 23 juillet 2016) «Réglage de la température par local de référence dans des bâtiments dont la classe d'isolation thermique est autre que B ou A»	0,90
Réglage de la température aller en fonction des températures extérieures (comme réglage unique)	0,80
Bâtiments sans dispositif de réglage	0,70

Tableau 17 – Facteur de réduction dû au réglage F_g

Il est recommandé d'utiliser des vannes de réglage de la température ambiante d'une précision de 1K.

5.2.2 Besoin en énergie pour la distribution et l'accumulation de chaleur $q_{H,A}$

Le besoin en énergie pour la distribution et l'accumulation de chaleur $q_{H,A}$ est la somme des déperditions spécifiques de distribution de chaleur $q_{H,V}$ et des déperditions spécifiques d'accumulation de chaleur $q_{H,S}$. Il est calculé à l'aide de la formule suivante:

$$q_{H,A} = q_{H,V} + q_{H,S} \quad [\text{kWh/m}^2\text{a}]$$

où :

$q_{H,V}$ [kWh/m²a] sont les déperditions spécifiques de distribution de chaleur conformément au chapitre 6.3.1.3;
 $q_{H,S}$ [kWh/m²a] sont les déperditions spécifiques d'accumulation de chaleur conformément au chapitre 6.3.1.4.

5.2.3 Chaleur de chauffage mise à disposition par une installation de production de chaleur Q_H

La chaleur de chauffage mise à disposition par une installation de production de chaleur Q_H est calculée à partir de la valeur spécifique du besoin en chaleur de chauffage q_H et du besoin en énergie pour la distribution et l'accumulation de chaleur $q_{H,A}$ à l'aide de la formule suivante :

$$Q_H = q_H + q_{H,A} \quad [\text{kWh/m}^2\text{a}]$$

où:

q_H	[kWh/m ² a]	est la valeur spécifique du besoin en chaleur de chauffage conformément au chapitre 5.2.1.1;
$q_{H,A}$	[kWh/m ² a]	est le besoin en énergie pour la distribution et l'accumulation de chaleur conformément au chapitre 5.2.2.

5.2.4 Valeur spécifique du besoin en énergie finale, chaleur de chauffage $Q_{E,H}$

La valeur spécifique du besoin en énergie finale, chaleur de chauffage $Q_{E,H}$ est calculée à partir de la chaleur de chauffage mise à disposition par une installation de production de chaleur Q_H conformément au chapitre 5.2.3, du facteur de dépense pour la production de chaleur de chauffage $e_{E,H}$ conformément au chapitre 6.3.1.2 ainsi que du taux de couverture c_H de la production de chaleur de chauffage, visé au chapitre 6.3.1.1, à l'aide de la formule suivante:

$$Q_{E,H} = \sum_i Q_{E,H,i} \quad [\text{kWh/m}^2\text{a}]$$

$$Q_{E,H,i} = Q_H \cdot e_{E,H,i} \cdot c_{H,i} \quad [\text{kWh/m}^2\text{a}]$$

où:

$Q_{E,H,i}$	[kWh/m ² a]	est la valeur spécifique du besoin en énergie finale, chaleur de chauffage avec l'indice i pour plusieurs installations de production de chaleur;
Q_H	[kWh/m ² a]	est la chaleur de chauffage mise à disposition par une installation de production de chaleur;
$e_{E,H,i}$	[-]	est le facteur de dépense pour la production de chaleur de chauffage pour chaque type de production de chaleur, avec l'indice i pour plusieurs installations de production de chaleur, conformément au chapitre 6.3.1.2;
$c_{H,i}$	[-]	est le taux de couverture de la production de chaleur de chauffage avec l'indice i pour plusieurs installations de production de chaleur, conformément au chapitre 6.3.1.1, où la somme de tous les c = 1.

5.2.5 Valeur spécifique du besoin en énergie primaire, chaleur de chauffage $Q_{P,H}$

La valeur spécifique du besoin en énergie primaire, chaleur de chauffage $Q_{P,H}$ est calculée à partir de la valeur spécifique du besoin en énergie finale, chaleur de chauffage $Q_{E,H}$ et du facteur de dépense en énergie primaire (chaleur de chauffage) $e_{P,H}$ conformément au chapitre 6.5, à l'aide de la formule suivante:

$$Q_{P,H} = \sum_i Q_{P,H,i} \quad [\text{kWh/m}^2\text{a}]$$

$$Q_{P,H,i} = Q_{E,H,i} \cdot e_{P,H,i} \quad [\text{kWh/m}^2\text{a}]$$

où:

$Q_{P,H,i}$	[kWh/m ² a]	est la valeur spécifique du besoin en énergie primaire, chaleur de chauffage avec l'indice i pour plusieurs installations de production de chaleur;
$Q_{E,H,i}$	[kWh/m ² a]	est la valeur spécifique du besoin en énergie finale, chaleur de chauffage avec l'indice i pour plusieurs installations de production de chaleur, pour l'installation de production de chaleur avec la part correspondante de l'énergie annuelle, conformément au chapitre 5.2.4;

$e_{P,H,i}$ [-] est le facteur de dépense en énergie primaire (chaleur de chauffage) pour chaque type de production de chaleur, avec l'indice i pour plusieurs installations de production de chaleur, conformément au chapitre 6.5.

5.3 Calculs relatifs à l'eau chaude sanitaire

5.3.1 Valeur spécifique du besoin en énergie utile, production d'eau chaude sanitaire Q_{WW}

La valeur spécifique du besoin en énergie utile, production d'eau chaude sanitaire Q_{WW} est calculée à partir de la somme de la valeur spécifique du besoin en énergie, production d'eau chaude sanitaire q_{WW} , de la valeur spécifique des déperditions de distribution et de circulation de l'eau chaude sanitaire $q_{WW,V}$ et de la valeur spécifique des déperditions d'accumulation de l'eau chaude sanitaire $q_{WW,S}$ à l'aide de la formule suivante:

$$Q_{WW} = q_{WW} + q_{WW,V} + q_{WW,S} \quad [\text{kWh/m}^2\text{a}]$$

où:

q_{WW} [kWh/m²a] est la valeur spécifique du besoin en énergie, production d'eau chaude sanitaire conformément au chapitre 6.2, tableau 21;
 $q_{WW,V}$ [kWh/m²a] est la valeur spécifique des déperditions de distribution et de circulation de l'eau chaude sanitaire conformément au chapitre 6.3.2;
 $q_{WW,S}$ [kWh/m²a] est la valeur spécifique des déperditions d'accumulation de l'eau chaude sanitaire conformément au chapitre 6.3.2.4.

5.3.2 Valeur spécifique du besoin en énergie finale, production d'eau chaude sanitaire $Q_{E,WW}$

La valeur spécifique du besoin en énergie finale, production d'eau chaude sanitaire $Q_{E,WW}$ est calculée à partir la valeur spécifique du besoin en énergie utile, production d'eau chaude sanitaire Q_{WW} et le facteur de dépense pour la production d'eau chaude sanitaire $e_{E,WW}$ visé au chapitre 6.3.1.2, à l'aide de la formule suivante:

$$Q_{E,WW} = \sum_i Q_{E,WW,i} \quad [\text{kWh/m}^2\text{a}]$$

$$Q_{E,WW,i} = Q_{WW} \cdot c_{WW,i} \cdot e_{E,WW,i} \quad [\text{kWh/m}^2\text{a}]$$

où:

$Q_{E,WW,i}$ [kWh/m²a] est la valeur spécifique du besoin en énergie finale, production d'eau chaude sanitaire avec l'indice i pour plusieurs installations de production de chaleur;
 Q_{WW} [kWh/m²a] est la valeur spécifique du besoin en énergie utile, production d'eau chaude sanitaire conformément au chapitre 5.3.1;
 $c_{WW,i=1}$ [-] est le taux de couverture de la production de chaleur par une installation solaire thermique (production d'eau chaude sanitaire) conformément au chapitre 6.3.2.1;
 $c_{WW,i=2}$ [-] est le taux de couverture de la production de chaleur par une installation de chauffage de base (production d'eau chaude sanitaire) conformément au chapitre 6.3.2.1;
 $c_{WW,i=3}$ [-] est le taux de couverture de la production de chaleur par un système de chauffage d'appoint (production d'eau chaude sanitaire) conformément au chapitre 6.3.2.1;

$e_{E,WW,i}$ [-] est le facteur de dépense pour la production d'eau chaude sanitaire pour chaque type de production de chaleur, avec l'indice i pour plusieurs installations de production de chaleur, conformément au chapitre 6.3.2.2.

5.3.3 Valeur spécifique du besoin en énergie primaire, production d'eau chaude sanitaire $Q_{P,WW}$

La valeur spécifique du besoin en énergie primaire, production d'eau chaude sanitaire $Q_{P,WW}$ est calculée à partir de la valeur spécifique du besoin en énergie finale, production d'eau chaude sanitaire $Q_{E,WW}$ et du facteur de dépense en énergie primaire (production d'eau chaude sanitaire) $e_{P,WW}$, en utilisant la formule suivante:

$$Q_{P,WW} = \sum_i Q_{P,WW,i} \quad [\text{kWh/m}^2\text{a}]$$

$$Q_{P,WW,i} = Q_{E,WW,i} \cdot e_{P,WW,i} \quad [\text{kWh/m}^2\text{a}]$$

où:

$Q_{P,WW,i}$ [kWh/m²a] est la valeur spécifique du besoin en énergie primaire, production d'eau chaude sanitaire avec l'indice i pour plusieurs installations de production de chaleur;

$Q_{E,WW,i}$ [kWh/m²a] est la valeur spécifique du besoin en énergie finale, production d'eau chaude sanitaire avec l'indice i pour plusieurs installations de production de chaleur, conformément au chapitre 5.3.2;

$e_{P,WW,i}$ [-] est le facteur de dépense en énergie primaire (production d'eau chaude sanitaire) pour chaque type de production de chaleur, avec l'indice i pour plusieurs installations de production de chaleur, conformément au chapitre 6.3.2.

5.4 Calculs relatifs au besoin en énergie des auxiliaires

5.4.1 Valeur spécifique du besoin en énergie auxiliaire des installations de ventilation $Q_{Hiff,L}$

La valeur spécifique du besoin en énergie auxiliaire des installations de ventilation $Q_{Hiff,L}$ est calculée à partir de la puissance spécifique absorbée par une installation de ventilation q_L en fonction du débit d'air pondéré selon la durée de fonctionnement de l'installation de ventilation $\dot{V}_{L,m}$ et du nombre d'heures de fonctionnement par an d'une l'installation de ventilation t_B à l'aide des formules suivantes:

$$Q_{Hiff,L} = \frac{t_B \cdot 10^{-3} \cdot \sum_i q_{L,i} \cdot \dot{V}_{L,m,i}}{A_n} \quad [\text{kWh/m}^2\text{a}]$$

avec:

$$\dot{V}_{L,m} = \frac{\sum_i V_{r,L,i} \cdot (n_H \cdot t_{B,H} + n_N \cdot t_{B,N})}{24} \quad [\text{m}^3/\text{h}]$$

pour un débit d'air de l'installation de ventilation connu, à l'aide de la formule suivante:

$$\dot{V}_{L,m} = \frac{\sum_i V_{r,L,i} \cdot \left(\frac{\dot{V}_L}{\sum_i V_{r,L,i}} \cdot t_{B,H} + n_N \cdot t_{B,N} \right)}{24} \quad [\text{m}^3/\text{h}]$$

Le rapport $\dot{V}_{L,m}$ / somme des volumes d'air renouvelés par une installation de ventilation $V_{r,L,i}$ doit, d'après le présent règlement, au minimum correspondre au renouvellement d'air neuf hygiénique de $0,35 \text{ h}^{-1}$.

où:

- t_B est le nombre d'heures de fonctionnement par an d'une l'installation de ventilation avec 4.440 h/a, où $t_B = t_H \cdot 24$;
- $t_{B,H}$ est la durée de fonctionnement à pleine charge pendant la durée de fonctionnement en h/d; la valeur standard est 24 h/d; pour un débit d'air connu, la valeur usuelle est 14 h/d;
- $t_{B,N}$ est la durée de fonctionnement à charge partielle pendant la durée de fonctionnement en h/d; la valeur standard est 0 h/d; pour un débit d'air connu, la valeur usuelle est 10 h/d;
- t_H est la durée de la période de chauffage en d/a; d'après le présent règlement, la période de chauffage est de 185 d/a;
- n_H est le taux de renouvellement de l'air moyen d'une installation de ventilation pendant le fonctionnement à pleine charge lors de la période de chauffage; valeur minimale $0,35 \text{ h}^{-1}$;
- n_N est le taux de renouvellement de l'air moyen d'une installation de ventilation pendant le fonctionnement à charge partielle lors de la période de chauffage; valeur minimale: $0,35 \text{ h}^{-1}$;
- $q_{L,i}$ est la puissance spécifique absorbée par une installation de ventilation avec l'indice i pour plusieurs installations, conformément au chapitre 1.5;
- V_n est le volume d'air chauffé d'un bâtiment en m^3 ;
- $\dot{V}_L$ est le débit d'air d'une installation de ventilation en $[\text{m}^3/\text{h}]$;
- $V_{r,L,i}$ est le volume d'air d'un local, qui en tant que partie du volume d'air chauffé du bâtiment, est renouvelé par une installation de ventilation avec l'indice i pour plusieurs locaux, en $[\text{m}^3]$;
- $\dot{V}_{L,m,i}$ est le débit d'air pondéré selon la durée de fonctionnement de l'installation de ventilation avec l'indice i pour plusieurs installations, en $[\text{m}^3/\text{h}]$.

5.4.2 Valeur spécifique du besoin en énergie auxiliaire des installations techniques $Q_{Hilf,A}$

Pour le calcul de la valeur spécifique du besoin en énergie auxiliaire des installations techniques $Q_{Hilf,A}$ il faut prendre en considération tous les équipements consommant de l'électricité pour la distribution, l'accumulation, la production et la transmission de chaleur; les installations de réglage doivent également être incluses. La valeur spécifique du besoin en énergie auxiliaire des installations techniques est calculée à l'aide de la formule suivante:

$$Q_{Hilf,A} = \sum_i (q_{H,Hilf,i} \cdot c_{H,i}) + q_{H,Hilf,V} + q_{H,Hilf,S} + q_{H,Hilf,U} \\ + \sum_i (q_{WW,Hilf,i} \cdot c_{WW,i}) + q_{WW,Hilf,V} + q_{WW,Hilf,S} \quad [\text{kWh/m}^2\text{a}]$$

où:

- $q_{H,Hilf,i}$ est la valeur spécifique du besoin spécifique en énergie auxiliaire pour la production de chaleur de chauffage conformément au chapitre 6.3.1.2, avec l'indice i pour plusieurs installations de production de chaleur;
- $c_{H,i}$ est le taux de couverture de la production de chaleur de chauffage avec l'indice i pour plusieurs installations de production de chaleur, conformément au chapitre 6.3.1.1;
- $q_{H,Hilf,V}$ est la valeur spécifique du besoin en énergie auxiliaire pour la distribution de chaleur de chauffage conformément au chapitre 6.3.1.3;
- $q_{H,Hilf,S}$ est la valeur spécifique du besoin en énergie auxiliaire pour l'accumulation de chaleur de chauffage conformément au chapitre 6.3.1.4;
- $q_{H,Hilf,U}$ est la valeur spécifique du besoin en énergie auxiliaire pour la transmission de chaleur de chauffage conformément au chapitre 6.3.1.5;
- $q_{WW,Hilf,i}$ est la valeur spécifique du besoin en énergie auxiliaire, production d'eau chaude sanitaire conformément au chapitre 6.3.2.2, avec l'indice i pour plusieurs installations de production de chal.;
- $c_{WW,i=1}$ est le taux de couverture de la production de chaleur par une installation solaire thermique (production d'eau chaude sanitaire) conformément au chapitre 6.3.2.1;
- $c_{WW,i=2}$ est le taux de couverture de la production de chaleur par une installation de chauffage de base (production d'eau chaude sanitaire) conformément au chapitre 6.3.2.1;
- $c_{WW,i=3}$ est le taux de couverture de la production de chaleur par un système de chauffage d'appoint (production d'eau chaude sanitaire) conformément au chapitre 6.3.2.1;
- $q_{WW,Hilf,V}$ est la valeur spécifique du besoin en énergie auxiliaire, distribution d'eau chaude sanitaire conformément au chapitre 6.3.2.3;
- $q_{WW,Hilf,S}$ est la valeur spécifique du besoin en énergie auxiliaire, accumulation d'eau chaude sanitaire conformément au chapitre 6.3.2.4.

5.4.3 Valeur spécifique du besoin en énergie finale, énergie auxiliaire $Q_{E,Hilf}$

La valeur spécifique du besoin en énergie finale, énergie auxiliaire $Q_{E,Hilf}$ est calculée à partir de la valeur spécifique en énergie auxiliaire des installations techniques $Q_{Hilf,A}$ et de la valeur spécifique du besoin en énergie auxiliaire des installations de ventilation $Q_{Hilf,L}$ à l'aide de la formule suivante:

$$Q_{E,Hilf} = Q_{Hilf,L} + Q_{Hilf,A} \quad [\text{kWh/m}^2\text{a}]$$

5.4.4 Valeur spécifique du besoin en énergie primaire, énergie auxiliaire $Q_{P,Hilf}$

La valeur spécifique du besoin en énergie primaire, énergie auxiliaire $Q_{P,Hilf}$ est calculée à partir de la valeur spécifique du besoin en énergie finale, énergie auxiliaire $Q_{E,Hilf}$ et du facteur de dépense en énergie primaire (énergie auxiliaire) $e_{P,Hilf}$ du vecteur énergétique utilisé, conformément au chapitre 6.5, en utilisant la formule suivante:

$$Q_{P,Hilf} = Q_{E,Hilf} \cdot e_{P,Hilf} \quad [\text{kWh/m}^2\text{a}]$$

(Règlement grand-ducal du 23 juillet 2016)

« 5.4bis Etablissement du bilan énergétique d'une installation photovoltaïque »

La production mensuelle d'électricité d'une installation photovoltaïque $Q_{E,PV,M}$ est déterminée à partir de la production annuelle d'électricité d'une installation photovoltaïque multipliée par le facteur d'ajustement mensuel $f_{w,M}$ d'après la formule suivante:

$$Q_{E,PV,M} = Q_{E,PV} \cdot f_{w,M} \quad [\text{kWh/M}]$$

où:

$Q_{E,PV}$	[kWh/a]	est la production annuelle d'électricité d'une installation photovoltaïque;
$Q_{E,PV,M}$	[kWh/M]	est la production mensuelle d'électricité d'une installation photovoltaïque;
$f_{w,M}$	[-]	est le facteur de pondération mensuel.

La production annuelle d'électricité d'une installation photovoltaïque $Q_{E,PV}$ est déterminée à partir de la formule suivante:

$$Q_{E,PV} = \frac{\sum_i (I_{S,M,r,i} \cdot t_{M,i}) \cdot P_{PV} \cdot f_{sys} \cdot f_{a/s}}{I_{S,ref}} \cdot 0,024 \quad [\text{kWh/a}]$$

où:

$I_{S,M,r,i}$	[W/m ²]	est l'intensité énergétique moyenne mensuelle du rayonnement solaire total sur une surface horizontale (climat de référence Luxembourg) pendant le mois i conformément au tableau 53;
$t_{M,i}$	[d/M]	est le nombre de jours du mois i;
P_{PV}	[kW]	est la puissance de crête que l'installation photovoltaïque fournit en conditions de test standard (STC);
f_{sys}	[-]	est le facteur de performance du système, valeurs standard conformément au tableau 17a;
$f_{a/s}$	[-]	est le facteur d'ajustement pour la prise en considération de l'inclinaison et de l'orientation de l'installation photovoltaïque conformément au tableau 17b;
$I_{S,ref}$	[kW/m ²]	est l'intensité énergétique de référence du rayonnement solaire avec 1 kW/m ² .

Le facteur de pondération mensuel $f_{w,M}$ de la production annuelle d'électricité d'une installation photovoltaïque est à déterminer à partir de la formule suivante:

$$f_{w,M} = \frac{t_M \cdot f_{\omega,M}}{\sum_i t_{M,i} \cdot f_{\omega,M,i}} \quad [-]$$

où:

t_M	[d/M]	est le nombre de jours par mois;
$f_{\omega,M}$	[-]	est le facteur d'ajustement mensuel du rayonnement incident de l'installation photovoltaïque;
$f_{\omega,M,i}$	[-]	est le facteur d'ajustement mensuel du rayonnement incident de l'installation photovoltaïque du mois i.

Le facteur d'ajustement mensuel du rayonnement incident de l'installation photovoltaïque $f_{\omega,M}$ est dépendant de l'orientation et de l'inclinaison de l'installation photovoltaïque. Il est déterminé d'une manière simplifiée à partir de la formule suivante en prenant en compte les données climatiques du tableau 53:

$$f_{\omega,M} = I_{0,s,M} + \frac{I_{90,s,M} - I_{0,s,M}}{90} \cdot \omega \quad [-]$$

où:

$I_{0,s,M}$	[W/m ²]	est l'intensité énergétique moyenne mensuelle du rayonnement solaire total sur une surface horizontale (0°) (climat de référence Luxembourg) conformément au tableau 53;
$I_{90,s,M}$	[W/m ²]	est l'intensité énergétique moyenne mensuelle du rayonnement solaire total sur une surface verticale (90°) (climat de référence Luxembourg) conformément au tableau 53;
ω	[°]	est l'inclinaison de l'installation photovoltaïque.

En cas de plusieurs générateurs, la production mensuelle d'électricité d'une installation photovoltaïque $Q_{E,PV,M}$ est à déterminer séparément pour chaque générateur. Les valeurs mensuelles de la production d'électricité sont à additionner afin d'obtenir une somme mensuelle.

Le tableau suivant reprend les facteurs de performance du système f_{sys} pour différents systèmes d'installations photovoltaïques et leur mode d'installation.

Technologie	cristallin	amorphe et HIT	organique
Modules non ventilés	0,70	0,75	0,90
Modules moyennement ventilés	0,75	0,77	0,89
Modules fortement ventilés ou installés au sol	0,80	0,80	0,88

Tableau 17a - Facteurs de performance du système f_{sys}

Le tableau suivant reprend les facteurs d'ajustement f_{als} pour la prise en considération de l'inclinaison et de l'orientation de l'installation photovoltaïque. Les valeurs intermédiaires peuvent être interpolées.

Inclinaison	Orientation							
	Nord	Nord-ouest	Ouest	Sud-ouest	Sud	Sud-est	Est	Nord-est
	180	135	90	45	0	-45	-90	-135
0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10	0,91	0,93	0,99	1,04	1,07	1,05	1,00	0,94
20	0,81	0,85	0,96	1,07	1,11	1,08	0,98	0,87
30	0,70	0,77	0,93	1,07	1,13	1,09	0,96	0,79
40	0,60	0,69	0,90	1,06	1,12	1,07	0,93	0,72
50	0,50	0,62	0,85	1,02	1,09	1,04	0,89	0,66
60	0,43	0,57	0,80	0,97	1,03	0,99	0,83	0,60
70	0,38	0,52	0,74	0,90	0,95	0,92	0,77	0,55

80	0,35	0,47	0,67	0,82	0,85	0,83	0,71	0,49
90	0,32	0,42	0,60	0,72	0,73	0,73	0,63	0,44

Tableau 17b - Facteurs d'ajustement $f_{a/s}$ pour la prise en considération de l'inclinaison et de l'orientation de l'installation photovoltaïque

Les formules précédentes ne peuvent pas être employées pour des installations photovoltaïques situées partiellement à l'ombre. Dans un tel cas, un calcul détaillé est à réaliser selon les règles de l'art en vigueur. Peuvent être prises en considération des simulations détaillées des installations, si celles-ci se basent sur des intervalles de calcul horaires au maximum et des données climatiques horaires (TRY, année de référence test) du Luxembourg. Les données de calcul de base et les résultats sont à documenter dans un rapport séparé.

5.4ter Autoconsommation de l'électricité produite par une installation photovoltaïque

Le bilan énergétique d'une installation photovoltaïque s'opère conformément au chapitre 5.4bis qui fournit la production mensuelle d'électricité d'une installation photovoltaïque $Q_{E,pv,M}$. Uniquement l'électricité produite par une installation photovoltaïque qui peut être autoconsommée par les installations techniques destinées au conditionnement du bâtiment (chauffage, ventilation et auxiliaires) est imputable au bâtiment. A cette fin, les installations photovoltaïques situées sur l'enveloppe extérieure du bâtiment, respectivement sur des constructions annexes au bâtiment peuvent être prises en compte. Pour déterminer le besoin mensuel en électricité produit par une installation photovoltaïque qui peut être autoconsommé, il est notamment nécessaire de procéder à une répartition du besoin mensuel en électricité des installations techniques du bâtiment dans les périodes présentant un rayonnement solaire $Q_{E,M,el,day}$ et dans les périodes ne présentant pas un rayonnement solaire $Q_{E,M,el,night}$. Cette répartition du besoin en électricité s'opère d'après la formule suivante:

$$Q_{E,M,el,day} = Q_{E,M,el} \cdot \frac{t_{IG,day}}{24} \quad [\text{kWh/M}]$$

où:

$Q_{E,M,el,day}$	[kWh/M]	est le besoin mensuel en électricité des installations techniques du bâtiment dans les périodes présentant un rayonnement solaire;
$Q_{E,M,el}$	[kWh/M]	est le besoin mensuel en électricité des installations techniques du bâtiment imputable;
$t_{IG,day}$	[-]	est le facteur d'ajustement pour les périodes présentant un rayonnement solaire;
Indice M		est la durée de référence correspondant à un mois.

Le besoin mensuel en électricité des installations techniques du bâtiment imputable $Q_{E,M,el}$ comprend tous les besoins en électricité qui sont nécessaires pour la production de chaleur et de l'eau chaude sanitaire, le besoin en énergie auxiliaire pour la distribution, l'accumulation et la transmission de chaleur et d'eau chaude sanitaire, ainsi que le besoin en électricité des installations de ventilation mécaniques. Il est déterminé à partir de la formule suivante:

$$Q_{E,M,el} = A_n \cdot \left(\left(\sum_j (Q_{E,WW,j} \cdot (1 - f_{DWW,j})) + \sum_i (q_{WW,Hilf,i} \cdot c_{WW,i}) + q_{WW,Hilf,S} + q_{WW,Hilf,V} + Q_{Hilf,L} \right) \cdot f_{1,M} + \left(\sum_j (Q_{E,H,j}) + \sum_i (q_{H,Hilf,i} \cdot c_{H,i}) + q_{H,Hilf,S} + q_{H,Hilf,V} + q_{H,Hilf,U} \right) \cdot f_{2,M} \right) \quad [\text{kWh/M}]$$

où:

A_n	[m ²]	est la surface de référence énergétique calculée conformément au chapitre 5.1.2;
$Q_{E,WW,j}$	[kWh/m ² a]	est la valeur spécifique du besoin en énergie finale, production d'eau chaude sanitaire, avec l'indice j pour les installations de production de chaleur sur base d'électricité;
$f_{DWW,j}$	[-]	est le facteur d'ajustement limitant la prise en compte de l'autoconsommation de la production d'électricité par une installation photovoltaïque pour la production d'eau chaude sanitaire par des chauffe-eaux instantanés, ($f_{DWW,j} = 0$ dans le cas de tout autre système de production d'eau chaude sanitaire) avec l'indice j pour les installations de production de chaleur sur base d'électricité;
$q_{H,Hilf,i}$	[kWh/m ² a]	est la valeur spécifique du besoin en énergie auxiliaire pour la production de chaleur de chauffage, avec l'indice i pour plusieurs installations de production de chaleur;
$c_{H,i}$	[-]	est le taux de couverture de la production de chaleur de chauffage, avec l'indice i pour plusieurs installations de production de chaleur;
$q_{WW,Hilf,i}$	[kWh/m ² a]	est la valeur spécifique du besoin en énergie auxiliaire, production d'eau chaude sanitaire, avec l'indice i pour plusieurs installations de production de chaleur;
$c_{WW,i=1}$	[-]	est le taux de couverture de la production de chaleur par une installation solaire thermique (production d'eau chaude sanitaire) conformément au chapitre 6.3.2.1;
$c_{WW,i=2}$	[-]	est le taux de couverture de la production de chaleur par une installation de chauffage de base (production d'eau chaude sanitaire) conformément au chapitre 6.3.2.1;
$c_{WW,i=3}$	[-]	est le taux de couverture de la production de chaleur par un système de chauffage d'appoint (production d'eau chaude sanitaire) conformément au chapitre 6.3.2.1;
$q_{H,Hilf,S}$	[kWh/m ² a]	est la valeur spécifique du besoin en énergie auxiliaire pour l'accumulation de chaleur de chauffage;
$q_{WW,Hilf,S}$	[kWh/m ² a]	est la valeur spécifique du besoin en énergie auxiliaire, accumulation d'eau chaude sanitaire;
$q_{WW,Hilf,V}$	[kWh/m ² a]	est la valeur spécifique du besoin en énergie auxiliaire, distribution d'eau chaude sanitaire;
$Q_{Hilf,L}$	[kWh/m ² a]	est la valeur spécifique du besoin en énergie auxiliaire des installations de ventilation;
$f_{1,M}$	[-]	est le facteur d'ajustement $f_{1,M}$ déterminé ci-après;
$Q_{E,H,j}$	[kWh/m ² a]	est la valeur spécifique du besoin en énergie finale, chaleur de chauffage, avec l'indice j pour les installations de production de chaleur sur base d'électricité;
$q_{H,Hilf,V}$	[kWh/m ² a]	est la valeur spécifique du besoin en énergie auxiliaire pour la distribution de chaleur de chauffage;
$q_{H,Hilf,\dot{U}}$	[kWh/m ² a]	est la valeur spécifique du besoin en énergie auxiliaire pour la transmission de chaleur de chauffage;
$f_{2,M}$	[-]	est le facteur d'ajustement $f_{2,M}$ déterminé ci-après.

Le facteur d'ajustement limitant la prise en compte de la production d'eau chaude sanitaire par des chauffe-eaux instantanés f_{DWW} est déterminé à partir de la formule suivante dans le cas d'une production d'eau chaude sanitaire par un chauffe-eau instantané:

$$f_{DWW} = \max \left[\left(f_{PV,WE} \cdot \frac{18 - \frac{Q_{E,Bat}}{2 \cdot n_{WE}}}{18} \right), 0 \right] \quad [-]$$

où:

$f_{PV,WE}$	[-]	est le facteur de puissance de l'installation photovoltaïque en fonction du nombre de logements pour la production d'eau chaude sanitaire par un chauffe-eau instantané;
n_{WE}	[-]	est le nombre de logements;
$Q_{E,Bat}$	[kWh]	est la capacité du système de stockage d'électricité.

Le facteur de puissance de l'installation photovoltaïque en fonction du nombre de logements pour la production d'eau chaude sanitaire par un chauffe-eau instantané $f_{PV,WE}$ est déterminé à partir de la formule suivante:

$$f_{PV,WE} = \max \left[\left(1 - \frac{P_{PV}}{n_{WE} \cdot 18} \right) \right] \quad [-]$$

Remarque: La valeur standard pour la durée de déchargement du système de stockage d'électricité est fixée à 2 heures et la valeur standard pour la puissance du chauffe-eau instantané par logement est fixée à 18 kW.

La répartition des besoins en énergie annuels en valeurs mensuelles s'opère avec les facteurs d'ajustement mensuels $f_{1,M}$ et $f_{2,M}$ selon les règles suivantes:

$$f_{1,M} = \frac{t_M}{365} \quad [-]$$

$$f_{2,M} = \frac{Q_{h,M}}{Q_h} \quad [-]$$

où:

$Q_{h,M}$	[kWh/M]	est le besoin mensuel en chaleur de chauffage conformément au chapitre 5.2.1;
Q_h	[kWh/a]	est le besoin annuel en chaleur de chauffage conformément au chapitre 5.2.1.

Dans le cas d'installations existantes, dont la détermination du besoin en chaleur de chauffage est réalisée selon la méthodologie simplifiée conformément au chapitre 5.7, tous les besoins en énergie auxiliaire ($Q_{Hilf,H}$ et $Q_{Hilf,WW}$ conformément au chapitre 5.7.7) sont à répartir en fonction du nombre de jours par mois moyennant le facteur d'ajustement $f_{1,M}$.

Mois	$t_{IG,day}$
Janvier	3,5
Février	6,5
Mars	8,4
Avril	10,5
Mai	12,3
Juin	13,2
Juillet	13,0
Août	11,1
Septembre	9,4
Octobre	6,9
Novembre	4,2
Décembre	2,8

Tableau 17c - Facteurs d'ajustement $t_{IG,day}$ pour les périodes présentant un rayonnement solaire

La production mensuelle d'électricité d'une installation photovoltaïque $Q_{E,PV,M}$ peut être mise en relation avec le besoin mensuel en électricité des installations techniques du bâtiment dans les périodes présentant un rayonnement solaire $Q_{E,M,el,day}$. La part mensuelle autoconsommée de l'électricité produite par une installation photovoltaïque $Q_{E,PV,self,M}$ est déterminée selon la formule suivante:

$$Q_{E,PV,self,M} = \min \left[\frac{Q_{E,PV,M}}{Q_{E,M,el,day}} \right] \quad [\text{kWh/M}]$$

où:

$Q_{E,PV,self,M}$ [kWh/M] est la part mensuelle autoconsommée de l'électricité produite par une installation photovoltaïque;
 $Q_{E,PV,M}$ [kWh/M] est la production mensuelle d'électricité d'une installation photovoltaïque.

Systèmes de stockage d'électricité

Le recours à des systèmes de stockage d'électricité ouvre la possibilité de consommer l'électricité produite par une installation photovoltaïque sur une période plus longue. Les systèmes de stockage, en fonction de leur capacité du système de stockage d'électricité $Q_{E,Bat}$ et de leur rendement du système de stockage d'électricité η_{Bat} , peuvent augmenter la quote-part de l'électricité autoconsommée. La part mensuelle supplémentaire imputable grâce à un système de stockage d'électricité $Q_{E,PV,Bat,M}$ en combinaison avec une installation photovoltaïque est déterminée de la manière suivante:

$$Q_{E,PV,Bat,M} = \min \left[\frac{Q_{E,PV,M} - Q_{E,PV,self,M}}{Q_{E,M,el} - Q_{E,PV,self,M}} \cdot \eta_{Bat} \right] \cdot \frac{Q_{E,Bat} \cdot t_M}{Q_{E,M,el} - Q_{E,PV,self,M}} \quad [\text{kWh/M}]$$

où:

$Q_{E,PV,Bat,M}$ [kWh/M] est la part mensuelle supplémentaire imputable grâce à un système de stockage d'électricité;
 η_{Bat} [-] est le rendement du système de stockage d'électricité;
 t_M [d/M] est le nombre de jours par mois.

La part annuelle autoconsommée de l'électricité produite par une installation photovoltaïque $Q_{E,PV,self,a}$ (sous considération du stockage d'électricité par un système de stockage) est déterminée comme suit:

$$Q_{E,PV,self,a} = \sum_i Q_{E,PV,self,M,i} + \sum_i Q_{E,PV,Bat,M,i} \quad [\text{kWh/a}]$$

où:

$Q_{E,PV,self,a}$ [kWh/a] est la part annuelle autoconsommée de l'électricité produite par une installation photovoltaïque;
 $Q_{E,PV,self,M,i}$ [kWh/M] est la part mensuelle autoconsommée de l'électricité produite par une installation photovoltaïque pendant le mois i ;
 $Q_{E,PV,Bat,M,i}$ [kWh/M] est la part mensuelle supplémentaire imputable grâce à un système de stockage d'électricité pendant le mois i .

Le crédit spécifique annuel en énergie primaire imputable obtenu grâce à la production d'électricité d'une installation photovoltaïque $Q_{P,PV,self}$ est à déterminer d'après la formule suivante:

$$Q_{P,PV,self} = \frac{Q_{E,PV,self,a} \cdot e_{P,PV}}{A_n} \quad [\text{kWh/m}^2\text{a}]$$

où:

$Q_{P,PV,self}$	[kWh/m ² a]	est le crédit spécifique annuel en énergie primaire imputable obtenu grâce à la production d'électricité d'une installation photovoltaïque;
$e_{P,PV}$	[kWh _p /kWh _e]	est le facteur de dépense en énergie primaire (photovoltaïque) conformément au chapitre 6.5;
A_n	[m ²]	est la surface de référence énergétique calculée conformément au chapitre 5.1.2.»

5.5 Valeur spécifique du besoin total en énergie primaire Q_P

La valeur spécifique du besoin total en énergie primaire Q_P est obtenue à partir de la somme de la valeur spécifique du besoin en énergie primaire, chaleur de chauffage $Q_{P,H}$, de la valeur spécifique du besoin en énergie primaire, production d'eau chaude sanitaire $Q_{P,WW}$ (Règlement grand-ducal du 23 juillet 2016) «, de la valeur spécifique du besoin en énergie primaire, énergie auxiliaire $Q_{P,Hilf}$ et du crédit spécifique annuel en énergie primaire imputable obtenu grâce à la production d'électricité d'une installation photovoltaïque $Q_{P,PV,self}$ » à l'aide de la formule suivante:

(Règlement grand-ducal du 23 juillet 2016)

$$\ll Q_P = Q_{P,H} + Q_{P,WW} + Q_{P,Hilf} - Q_{P,PV,self} \quad [\text{kWh/m}^2\text{a}] \gg$$

(Règlement grand-ducal du 23 juillet 2016)

«où:

Q_P	[kWh/m ² a]	est la valeur spécifique du besoin total en énergie primaire;
$Q_{P,H}$	[kWh/m ² a]	est la valeur spécifique du besoin en énergie primaire, chaleur de chauffage;
$Q_{P,WW}$	[kWh/m ² a]	est la valeur spécifique du besoin en énergie primaire, production d'eau chaude sanitaire;
$Q_{P,Hilf}$	[kWh/m ² a]	est la valeur spécifique du besoin en énergie primaire, énergie auxiliaire;
$Q_{P,PV,self}$	[kWh/m ² a]	est le crédit spécifique annuel en énergie primaire imputable obtenu grâce à la production d'électricité d'une installation photovoltaïque.»

5.6 Emissions de CO₂

Pour les bâtiments d'habitation, les impacts sur l'environnement sous la forme d'émissions de CO₂ doivent être calculés. Les résultats des calculs du chapitre 5 sont à utiliser.

5.6.1 Valeur spécifique d'émissions de CO₂, chaleur de chauffage $Q_{CO_2,H}$

La valeur spécifique d'émissions de CO₂, chaleur de chauffage $Q_{CO_2,H}$ est déterminée d'après la formule suivante:

$$Q_{CO_2,H} = \sum_i Q_{E,H,i} \cdot e_{CO_2,H,i} \quad [\text{kgCO}_2/\text{m}^2\text{a}]$$

où:

$Q_{E,H,i}$	[kWh/m ² a]	est la valeur spécifique du besoin en énergie finale, chaleur de chauffage pour chaque type de production de chaleur, avec l'indice i pour plusieurs installations de production de chaleur, à déterminer selon chaque cas conformément au chapitre 5.2.4 ou au chapitre 5.7.5;
$e_{CO_2,H,i}$	[kgCO ₂ /kWh]	est le facteur environnemental (chaleur de chauffage) pour chaque type de production de chaleur, avec l'indice i pour plusieurs installations de production de chaleur, conformément au chapitre 6.6.

5.6.2 Valeur spécifique d'émissions de CO₂, production d'eau chaude sanitaire $Q_{CO_2,WW}$

La valeur spécifique d'émissions de CO₂, production d'eau chaude sanitaire $Q_{CO_2,WW}$ est déterminée d'après la formule suivante:

$$Q_{CO_2,WW} = \sum_i Q_{E,WW,i} \cdot e_{CO_2,WW,i} \quad [kgCO_2/m^2a]$$

où:

$Q_{E,WW,i}$	[kWh/m ² a]	est la valeur spécifique du besoin en énergie finale, production d'eau chaude sanitaire, avec l'indice i pour plusieurs installations de production de chaleur, à déterminer selon chaque cas conformément au chapitre 5.3.2 ou au chapitre 5.7.6;
$e_{CO_2,WW,i}$	[kgCO ₂ /kWh]	est le facteur environnemental (eau chaude sanitaire) pour chaque type de production de chaleur, avec l'indice i pour plusieurs installations de production de chaleur, conformément au chapitre 6.6.

5.6.3 Valeur spécifique d'émissions de CO₂, énergie auxiliaire $Q_{CO_2,Hilf}$

La valeur spécifique d'émissions de CO₂, énergie auxiliaire $Q_{CO_2,Hilf}$ est déterminée d'après la formule suivante:

$$Q_{CO_2,Hilf} = Q_{E,Hilf} \cdot e_{CO_2,Hilf} \quad [kgCO_2/m^2a]$$

où:

$Q_{E,Hilf}$	[kWh/m ² a]	est la valeur spécifique du besoin en énergie finale, énergie auxiliaire, conformément au chapitre 5.4.3. Pour les bâtiments existants, on peut déterminer de manière simplifiée $Q_{Hilf,A}$ conformément au chapitre 5.7.7;
$e_{CO_2,Hilf}$	[kgCO ₂ /kWh]	est le facteur environnemental (énergie auxiliaire) pour chaque type de production de chaleur, avec l'indice i pour plusieurs installations de production de chaleur conformément au chapitre 6.6.

(Règlement grand-ducal du 23 juillet 2016)

« 5.6.3bisCrédit spécifique annuel en émissions de CO₂ imputable obtenu grâce à la production d'électricité d'une installation photovoltaïque, $Q_{CO_2,PV,self}$

Le crédit spécifique annuel en émissions de CO₂ imputable obtenu grâce à la production d'électricité d'une installation photovoltaïque $Q_{CO_2,PV,self}$ est déterminé selon la formule suivante:

$$Q_{CO_2,PV,self} = \frac{Q_{E,PV,self,a} \cdot e_{CO_2,PV}}{A_n} \quad [kgCO_2/m^2a]$$

où:

$Q_{CO_2,PV,self}$	[kgCO ₂ /m ² a]	est le crédit spécifique annuel en émissions de CO ₂ imputable obtenu grâce à la production d'électricité d'une installation photovoltaïque;
$Q_{E,PV,self,a}$	[kWh/a]	est la part annuelle autoconsommée de l'électricité produite par une installation photovoltaïque;
$e_{CO_2,PV}$	[kgCO ₂ /kWh]	est le facteur environnemental (photovoltaïque) conformément au chapitre 6.6.»

5.6.4 Valeur spécifique d'émissions totales de CO₂ Q_{CO_2}

La valeur spécifique d'émissions totales de CO₂ Q_{CO_2} d'un bâtiment est déterminée à l'aide de la formule suivante:

(Règlement grand-ducal du 23 juillet 2016)

$$\ll Q_{CO_2} = Q_{CO_2,H} + Q_{CO_2,WW} + Q_{CO_2,Hilf} - Q_{CO_2,PV,self} \quad [kgCO_2/m^2a] \gg$$

où:

$Q_{CO_2,H}$	[kgCO ₂ /m ² a]	est la valeur spécifique d'émissions de CO ₂ , chaleur de chauffage conformément au chapitre 5.6.1;
$Q_{CO_2,WW}$	[kgCO ₂ /m ² a]	est la valeur spécifique d'émissions de CO ₂ , production d'eau chaude sanitaire conformément au chapitre 5.6.2;
$Q_{CO_2,Hilf}$	[kgCO ₂ /m ² a]	est la valeur spécifique d'émissions de CO ₂ , énergie auxiliaire conformément au 5.6.3;

(Règlement grand-ducal du 23 juillet 2016)

$\ll Q_{CO_2}$	[kgCO ₂ /m ² a]	est la valeur spécifique d'émissions totales de CO ₂ ;
$Q_{CO_2,PV,self}$	[kgCO ₂ /m ² a]	est le crédit spécifique annuel en émissions de CO ₂ imputable obtenu grâce à la production d'électricité d'une installation photovoltaïque calculé conformément au chapitre 5.6.3bis.»

5.7 Particularités concernant les bâtiments existants

En principe, il convient de réunir des données aussi précises que possible concernant le bâtiment et les installations techniques. Dans le cas de bâtiments existants, y compris leurs installations, il n'est pas raison-

nablement possible de réunir les données nécessaires à l'évaluation, les méthodes simplifiées prévues aux chapitres ci-après peuvent être utilisées. L'évaluation du besoin en chaleur de chauffage est réalisée de la même manière que pour les constructions neuves conformément au chapitre 5.2.1.

5.7.1 Détermination simplifiée de la surface de référence énergétique

La surface de référence énergétique A_n est en principe calculée conformément au chapitre 5.1.2. Dans le cas de constructions MFH, la surface de référence énergétique peut être déterminée de manière simplifiée. Dans ce cas, la somme de toutes les surfaces de plancher est déterminée et les surfaces des étages pleins sont calculées d'après leur dimension extérieure.

Pour les étages supérieurs, qui présentent un volume utile réduit (par exemple en raison d'une toiture inclinée), il faut déterminer la surface de plancher en fonction de la dimension de l'étage situé au-dessous à l'aide de la formule suivante:

$$A_{OG,n} = A_{OG} \cdot \frac{V_{e,OG}}{V_{e,OG-1}} \quad \text{avec} \quad \frac{V_{e,OG}}{V_{e,OG-1}} \leq 1,0 \quad [m^2]$$

où:

$A_{OG,n}$ [m ²]	est la surface de plancher imputable pour l'étage supérieur;
A_{OG} [m ²]	est la surface de plancher de l'étage supérieur;
$V_{e,OG}$ [m ³]	est le volume brut de l'étage supérieur;
$V_{e,OG-1}$ [m ³]	est le volume brut de l'étage situé au-dessous de l'étage supérieur.

Les sous-sols sont également considérés comme des étages entiers s'ils sont conditionnés.

Les étages utilisés exclusivement pour héberger des installations techniques ne sont pas considérés comme des étages entiers.

Dans le cas d'étages à utilisation mixte (p. ex. habitation et hébergement d'installations techniques), il faut compter comme surface de plancher uniquement la surface destinée à des fins d'habitation.

La surface de référence énergétique est calculée à l'aide de la formule suivante:

$$A_n = A_{GF} \cdot 0,85 \quad [m^2]$$

5.7.2 Détermination simplifiée des déperditions de chaleur par transmission

Les déperditions de chaleur par transmission dans les bâtiments existants sont calculées conformément aux chapitres 5.2.1.3 et 5.2.1.4. En cas d'assainissement d'un bâtiment existant par une isolation intérieure, il faut utiliser le facteur de correction des ponts thermiques suivant: ΔU_{WB} de 0,15 W/m²K.

5.7.3 Détermination simplifiée des déperditions de chaleur par ventilation

Les déperditions de chaleur par ventilation dans les bâtiments existants sont calculées conformément au chapitre 5.2.1.5. Pour les bâtiments existants, lorsqu'il n'existe aucune valeur mesurée (*Règlement grand-ducal du 23 juillet 2016*) «d'étanchéité à l'air conformément au chapitre 1.3», il faut utiliser, comme valeurs indicatives, les valeurs d'étanchéité à l'air n_{50} conformément au tableau suivant:

Type de bâtiment (bâtiments existants uniquement)		n_{50} valeur indicative [1/h]
1	Bâtiment existant – non étanche	$\approx 8,0$
2	Bâtiment existant – peu étanche	$\approx 6,0$
3	Bâtiment existant – étanche	$\approx 4,0$
<i>(Règlement grand-ducal du 23 juillet 2016)</i>		
«4	Bâtiment existant – rénové partiellement	$\approx 3,0$
5	Bâtiment existant – rénové	$\approx 2,0$ »

Tableau 18 – Valeurs indicatives pour n_{50} – Valeurs pour bâtiments existants

Dans les bâtiments existants d'année de construction récente, il est possible d'utiliser des meilleures valeurs, conformément au tableau 2. La classification des bâtiments dans les différentes catégories relève de la responsabilité de l'expert.

5.7.4 Détermination simplifiée des facteurs d'ombrage

Dans le cas de bâtiments existants et dans le cadre du calcul de performance énergétique, il est possible d'appliquer la simplification ci-après lors de la détermination des facteurs d'ombrage suivants pour toutes les orientations:

$F_{h,i}$	[-]	Facteur d'ombrage partiel des fenêtres dû à des constructions avoisinantes (<i>Règlement grand-ducal du 23 juillet 2016</i>) «et au paysage».
$F_{0,i}$	[-]	Facteur d'ombrage partiel des fenêtres dû à des éléments en surplomb horizontales.
$F_{f,i}$	[-]	Facteur d'ombrage partiel des fenêtres dû à des éléments en surplomb latérales.

Facteur d'ombrage partiel des fenêtres dû à des constructions avoisinantes (<i>Règlement grand-ducal du 23 juillet 2016</i>) «et au paysage» $F_{h,i}$		Facteur d'ombrage partiel des fenêtres dû à des éléments en surplomb horizontales $F_{0,i}$		Facteur d'ombrage partiel des fenêtres dû à des éléments en surplomb latérales $F_{f,i}$	
Emplacement dégagé <i>Horizon 15° ou moins</i>	0,95	Surplomb horizontal < 0,3 m	0,95	Surplomb latéral < 0,3 m	0,95
Emplacement protégé <i>Horizon ~20°</i>	0,80	Surplomb horizontal 0,3 – 1,0 m	0,80	Surplomb latéral 0,3 – 1,0 m	0,90
Environnement urbain <i>Horizon ~25°</i>	0,70	Surplomb horizontal 1,0 – 2,0 m	0,70	Surplomb latéral 1,0 – 2,0 m	0,80
Constructions denses <i>Horizon 30° ou plus</i>	0,60	Surplomb horizontal > 2,0 m	0,60	Surplomb latéral > 2,0 m	0,75

Tableau 19 – Détermination simplifiée des facteurs d'ombrage $F_{h,i}$, $F_{0,i}$, $F_{f,i}$ pour les bâtiments existants

«(...)» (supprimé par le Règlement grand-ducal du 23 juillet 2016)

5.7.5 Détermination simplifiée de la valeur spécifique du besoin énergie, chaleur de chauffage $Q_{E,H}$

La détermination de la valeur spécifique du besoin énergie, chaleur de chauffage $Q_{E,H}$ peut être simplifiée à l'aide de la formule ci-après. A cet effet, il faut utiliser le facteur de dépense pour la production de chaleur de chauffage $e_{E,H}$ conformément au chapitre 6.4.1.

$$Q_{E,H} = q_H \cdot e_{E,H} \quad [\text{kWh/m}^2\text{a}]$$

où:

q_H $[\text{kWh/m}^2\text{a}]$ est la valeur spécifique du besoin en chaleur de chauffage conformément au chapitre 5.2.1.1 et aux simplifications générales du chapitre 5.7;

$e_{E,H}$ $[-]$ est le facteur de dépense pour la production de chaleur de chauffage, y comprises la distribution, l'accumulation et la transmission, conformément au chapitre 6.4.1.

5.7.6 Détermination simplifiée du la valeur spécifique du besoin en énergie finale, production d'eau chaude sanitaire $Q_{E,WW}$

La détermination de la valeur spécifique du besoin en énergie finale, production d'eau chaude sanitaire $Q_{E,WW}$ peut être simplifiée à l'aide de la formule ci-après. A cet effet, il faut utiliser le facteur de dépense pour la production d'eau chaude sanitaire $e_{E,WW}$ conformément au chapitre 6.4.2.

$$Q_{E,WW} = q_{WW} \cdot e_{E,WW} \quad [\text{kWh/m}^2\text{a}]$$

où:

q_{WW} $[\text{kWh/m}^2\text{a}]$ est la valeur spécifique du besoin en énergie utile, production d'eau chaude sanitaire conformément au chapitre 6.2, tableau 21;

$e_{E,WW}$ $[-]$ est le facteur de dépense pour la production d'eau chaude sanitaire, y comprises l'accumulation, la distribution et la transmission, conformément au chapitre 6.4.2.

5.7.7 Détermination simplifiée de la valeur spécifique du besoin en énergie auxiliaire des installations techniques $Q_{Hilf,A}$

Il est possible de déterminer de manière simplifiée la valeur spécifique du besoin en énergie auxiliaire des installations techniques $Q_{Hilf,A}$ des bâtiments existants à l'aide de paramètres prédéfinis.

$$Q_{Hilf,A} = Q_{Hilf,H} + Q_{Hilf,WW} \quad [\text{kWh/m}^2\text{a}]$$

où:

$Q_{Hilf,H}$ $[\text{kWh/m}^2\text{a}]$ est la valeur spécifique du besoin en énergie auxiliaire pour la production de chaleur, y comprises la distribution, l'accumulation et la transmission conformément au chapitre 6.4.1;

$Q_{Hilf,WW}$ $[\text{kWh/m}^2\text{a}]$ est la valeur spécifique du besoin en énergie auxiliaire pour la production d'eau chaude sanitaire, y comprises la distribution, l'accumulation et la transmission conformément au chapitre 6.4.2.

5.7.8 Détermination simplifiée des valeurs U et des valeurs g des éléments de construction

Les coefficients de transmission thermique (valeurs U, anciennement appelées « valeurs k ») et les valeurs g doivent être déterminés de manière aussi précise que possible à partir des plans, du dossier de construction et des couches des éléments de construction, ou individuellement. Les coefficients de transmission thermique pour les bâtiments existants et les éléments de construction du bâtiment peuvent être déterminés de manière simplifiée, lorsque la composition précise de la construction n'est pas connue. A cet effet, il faut recourir si possible à des structures standards appropriées de couches et/ou à des typologies existantes.

5.8 Valeur spécifique de la consommation en énergie finale $Q_{E,V}$

La valeur spécifique de la consommation en énergie finale $Q_{E,V}$ doit être déterminée en fonction de la consommation énergétique réelle mesurée. Elle sert, en premier lieu, à la comparaison avec la valeur spécifique du besoin en énergie finale obtenue ainsi qu'à l'évaluation du comportement des utilisateurs. Les valeurs obtenues à partir des consommations effectives ne sont pas utilisées comme critère pour l'évaluation du bâtiment.

Pour la méthode en rapport avec la consommation effective, il faut utiliser, pour le calcul de l'énergie primaire, les mêmes résultats de calculs que ceux appliqués avec la méthode en rapport avec le besoin estimé, à l'exception des valeurs spécifiques en rapport avec la consommation décrites dans le présent chapitre.

5.8.1 Consommation énergétique moyenne $q_{V,m}$

(Règlement grand-ducal du 23 juillet 2016)

«Les données de consommation sont à utiliser avec une correction climatique. Lors de la détermination de la consommation énergétique moyenne $q_{V,m}$ d'un bâtiment, seule la consommation énergétique tributaire des conditions météorologiques $q_{V,H}$ est corrigée. La consommation énergétique indépendante des conditions météorologiques $q_{V,WW}$ ne fait l'objet d'aucune correction climatique. La consommation énergétique moyenne $q_{V,m}$ doit être déterminée sur une période de référence d'au moins trois ans, elle est calculée à l'aide de la formule suivante:

$$q_{V,m} = \frac{\sum_i^n q_{V,H,i} \cdot f_{Klima} + \sum_i^n q_{V,WW,i}}{n} \quad [\text{kWh/a}]$$

et

$$q_{V,i} = V_i \cdot e_i \quad [\text{kWh/a}]$$

et

$$q_{V,m} = q_{V,H,i} \cdot q_{V,WW,i} \quad [\text{kWh/a}]$$

où:

$q_{V,m}$	[kWh/a]	est la consommation énergétique moyenne;
$q_{V,H,i}$	[kWh/a]	est la consommation énergétique au cours de l'année de référence i tributaire des conditions météorologiques;
f_{Klima}	[-]	est le facteur de correction climatique annuel pour la chaleur de chauffage;
$q_{V,WW,i}$	[kWh/a]	est la consommation énergétique au cours de l'année de référence i indépendante des conditions météorologiques;
n	[-]	est le nombre d'années;
$q_{V,i}$	[kWh/a]	est la consommation énergétique au cours de l'année de référence i;
V_i	[«Unité»/a]	est la consommation énergétique annuelle d'un vecteur énergétique en fonction de l'unité de consommation ou de facturation;
e_i	[-]	est le pouvoir calorifique du vecteur énergétique utilisé pour l'année i conformément au tableau 52.

Les facteurs de correction climatique annuels pour la chaleur de chauffage f_{Klima} nécessaires à la correction climatique sont publiés par le ministre.

La consommation énergétique indépendante des conditions météorologiques $q_{v,ww}$ est obtenue comme suit:

- à partir de valeurs de mesure ou de valeurs de calcul selon les règles de la technique reconnues;
- à partir des valeurs forfaitaires suivantes:

Installations de production de chaleur	Unité	avec installation solaire thermique		sans installation solaire thermique	
		EFH	MFH	EFH	MFH
Chaudières et autres	[kWh/m ² a]	8	14	20	27
Pompes à chaleur	[kWh/m ² a]	3	5	6	9

- à partir d'un relevé mensuel de la consommation de chaleur pendant les mois d'été: juin, juillet et août. Généralement, pendant cette période, très peu de chaleur est utilisée pour le chauffage.»

Si l'unité de consommation ou de facturation du vecteur énergétique est fonction du pouvoir calorifique supérieur H_s , celle-ci doit être convertie en pouvoir calorifique inférieur H_i à l'aide des facteurs ci-après, afin de permettre la comparaison entre le besoin calculé et la consommation mesurée.

$$V_i = \frac{V_s}{F_{s,i}} \quad [\text{unité d'un vecteur énergétique}]$$

où:

V_i est la consommation énergétique en fonction du pouvoir calorifique inférieur;
 V_s est la consommation énergétique en fonction du pouvoir calorifique supérieur;
 $F_{s,i}$ est le facteur de conversion du pouvoir calorifique supérieur en pouvoir calorifique inférieur d'un vecteur énergétique, conformément au tableau 52.

«(...)» (supprimé par le Règlement grand-ducal du 23 juillet 2016)

5.8.2 Valeur spécifique de la consommation en énergie finale pour la production centrale de chaleur de chauffage et d'eau chaude sanitaire $Q_{E,V,H,WW}$

La valeur spécifique de la consommation en énergie finale pour la production centrale de chaleur de chauffage et d'eau chaude sanitaire $Q_{E,V,H,WW}$ doit être évaluée en fonction de la surface de référence énergétique à l'aide de la formule suivante:

$$Q_{E,V,H,WW} = \frac{q_{v,m}}{A_n} \quad [\text{kWh/m}^2\text{a}]$$

(Règlement grand-ducal du 23 juillet 2016)

«La valeur spécifique du besoin en énergie finale pour la production de chaleur de chauffage et d'eau chaude sanitaire par un système de chauffage central $Q_{E,B,H,WW}$ est déterminée selon la formule suivante en prenant en compte la valeur spécifique du besoin en énergie finale, chaleur de chauffage $Q_{E,H}$ et la valeur spécifique du besoin en énergie finale, production d'eau chaude sanitaire $Q_{E,WW}$ qui sont calculées conformément au chapitre 5.2.4 respectivement au chapitre 5.3.2.

$$Q_{E,B,H,WW} = Q_{E,H} + Q_{E,WW} \quad [\text{kWh/m}^2\text{a}]$$

où:

$Q_{E,B,H,WW}$	[kWh/m ² a]	est la valeur spécifique du besoin en énergie finale pour la production de chaleur de chauffage et d'eau chaude sanitaire par un système de chauffage central;
$Q_{E,H}$	[kWh/m ² a]	est la valeur spécifique du besoin en énergie finale, chaleur de chauffage conformément au chapitre 5.2.4;
$Q_{E,WW}$	[kWh/m ² a]	est la valeur spécifique du besoin en énergie finale, production d'eau chaude sanitaire conformément au chapitre 5.3.2.

La valeur spécifique du besoin en énergie finale pour la production de chaleur de chauffage et d'eau chaude sanitaire par un système de chauffage central $Q_{E,B,H,WW}$ est à modifier pour tenir compte de l'utilisation individuelle du bâtiment. La valeur spécifique modifiée du besoin en énergie finale pour la production de chaleur de chauffage et d'eau chaude sanitaire par un système de chauffage central $Q^*_{E,B,H,WW}$ est déterminée à l'aide de la formule suivante:

$$Q^*_{E,B,H,WW} = e^{(\beta_0 + \beta_1 \cdot \ln(Q_{E,B,H,WW}) + \beta_2 \cdot n_{WE} + \beta_3 \cdot A_n + \beta_4 \cdot n_{50} + \beta_5 \cdot A/V_e + \beta_6 \cdot f_{WW,d,e})} \quad [\text{kWh/m}^2\text{a}]$$

où:

$Q^*_{E,B,H,WW}$	[kWh/m ² a]	est la valeur spécifique modifiée du besoin en énergie finale pour la production de chaleur de chauffage et d'eau chaude sanitaire par un système de chauffage central;
β_0	[-]	est un coefficient de régression = 2,42185740;
β_1	[-]	est un coefficient de régression = 0,47645404;
$Q_{E,B,H,WW}$	[kWh/m ² a]	est la valeur spécifique du besoin en énergie finale pour la production de chaleur de chauffage et d'eau chaude sanitaire par un système de chauffage central;
β_2	[-]	est un coefficient de régression = 0,02946239;
n_{WE}	[-]	est le nombre de logements;
β_3	[-]	est un coefficient de régression = -0,00034947;
A_n	[m ²]	est la surface de référence énergétique calculée conformément au chapitre 5.1.2;
β_4	[-]	est un coefficient de régression = -0,01462978;
n_{50}	[1/h]	est la valeur d'étanchéité à l'air du bâtiment;
β_5	[-]	est un coefficient de régression = 0,15538768;
A/V_e	[m ⁻¹]	est le rapport entre la surface de l'enveloppe thermique d'un bâtiment au volume chauffé brut du bâtiment (le rapport A/V_e tient compte des facteurs de correction de la température);
β_6	[-]	est un coefficient de régression = -0,04736075;
$f_{WW,d,e}$	[-]	est le facteur de production électrique décentralisée d'eau chaude sanitaire; $f_{WW,d,e} = 1$ si présence d'une production électrique décentralisée d'eau chaude sanitaire; $f_{WW,d,e} = 0$ si absence d'une production électrique décentralisée d'eau chaude sanitaire.

La valeur spécifique de la consommation en énergie finale pour la production centrale de chaleur de chauffage et d'eau chaude sanitaire $Q_{E,V,H,WW}$ est alors à considérer en rapport avec la valeur spécifique modifiée du besoin en énergie finale pour la production de chaleur de chauffage et d'eau chaude sanitaire par un système de chauffage central $Q_{E,B,H,WW}^*$. L'expert est tenu de documenter dans le certificat de performance énergétique du bâtiment d'habitation les écarts importants entre le besoin énergétique estimé et la consommation effective mesurée, ainsi que les causes possibles.

$$Q_{E,V,H,WW} \approx Q_{E,B,H,WW}^* \pm \Delta Q_{E,B,H,WW}^* \quad [\text{kWh/m}^2\text{a}]$$

La valeur spécifique modifiée du besoin en énergie finale pour la production de chaleur de chauffage et d'eau chaude sanitaire par un système de chauffage central $Q_{E,B,H,WW}^*$ est à indiquer dans le certificat de performance énergétique avec un facteur de déviation standard moyen (32%).

$$\Delta Q_{E,B,H,WW}^* = Q_{E,B,H,WW}^* \cdot 0,32 \quad [\text{kWh/m}^2\text{a}]$$

5.8.3 Valeur spécifique de la consommation en énergie pour la production centrale de chaleur de chauffage et la production décentralisée d'eau chaude sanitaire $Q_{E,V,H}$

Pour les installations de chauffage central avec production d'eau chaude sanitaire (électrique) décentralisée, la consommation en énergie finale corrigée pour le chauffage de locaux doit être évaluée en fonction de la surface de référence énergétique à l'aide de la formule suivante:

$$Q_{E,V,H} = \frac{q_{V,m}}{A_n} \quad [\text{kWh/m}^2\text{a}]$$

(Règlement grand-ducal du 23 juillet 2016)

«La valeur spécifique du besoin en énergie finale pour la production centrale de chaleur de chauffage et la production décentralisée d'eau chaude sanitaire $Q_{E,B,H}$ est déterminée selon la formule suivante en prenant en compte la valeur spécifique du besoin en énergie finale, chaleur de chauffage $Q_{E,H}$ qui est calculée conformément au chapitre 5.2.4.

$$Q_{E,B,H} = Q_{E,H} \quad [\text{kWh/m}^2\text{a}]$$

où:

$Q_{E,B,H}$	[kWh/m ² a]	est la valeur spécifique du besoin en énergie finale pour la production centrale de chaleur de chauffage et la production décentralisée d'eau chaude sanitaire;
$Q_{E,H}$	[kWh/m ² a]	est la valeur spécifique du besoin en énergie finale, chaleur de chauffage conformément au chapitre 5.2.4.

La valeur spécifique du besoin en énergie finale pour la production centrale de chaleur de chauffage et la production décentralisée d'eau chaude sanitaire $Q_{E,B,H}$ est à modifier pour tenir compte de l'utilisation individuelle du bâtiment. La valeur spécifique modifiée du besoin en énergie finale pour la production centrale de chaleur de chauffage et la production décentralisée d'eau chaude sanitaire $Q_{E,B,H}^*$ est déterminée à l'aide de la formule suivante:

$$Q_{E,B,H}^* = e^{(\beta_0 + \beta_1 \cdot \ln(Q_{E,B,H}) + \beta_2 \cdot n_{WE} + \beta_3 \cdot A_n + \beta_4 \cdot n_{50} + \beta_5 \cdot A/V_e + \beta_6 \cdot f_{WW,d,e})} \quad [\text{kWh/m}^2\text{a}]$$

où:

$Q_{E,B,H}^*$	[kWh/m ² a]	est la valeur spécifique modifiée du besoin en énergie finale pour la production centrale de chaleur de chauffage et la production décentralisée d'eau chaude sanitaire;
β_0	[-]	est un coefficient de régression = 2,42185740;
β_1	[-]	est un coefficient de régression = 0,47645404;
$Q_{E,B,H}$	[kWh/m ² a]	est la valeur spécifique du besoin en énergie finale pour la production centrale de chaleur de chauffage et la production décentralisée d'eau chaude sanitaire;
β_2	[-]	est un coefficient de régression = 0,02946239;
n_{WE}	[-]	est le nombre de logements;
β_3	[-]	est un coefficient de régression = -0,00034947;
A_n	[m ²]	est la surface de référence énergétique calculée conformément au chapitre 5.1.2;
β_4	[-]	est un coefficient de régression = -0,01462978;
n_{50}	[1/h]	est la valeur d'étanchéité à l'air du bâtiment;
β_5	[-]	est un coefficient de régression = 0,15538768;
A/V_e	[m ⁻¹]	est le rapport entre la surface de l'enveloppe thermique d'un bâtiment au volume chauffé brut du bâtiment (le rapport A/V_e tient compte des facteurs de correction de la température);
β_6	[-]	est un coefficient de régression = -0,04736075;
$f_{WW,d,e}$	[-]	est le facteur de production électrique décentralisée d'eau chaude sanitaire; $f_{WW,d,e} = 1$ si présence d'une production électrique décentralisée d'eau chaude sanitaire; $f_{WW,d,e} = 0$ si absence d'une production électrique décentralisée d'eau chaude sanitaire.

La valeur spécifique de la consommation en énergie finale pour la production centrale de chaleur de chauffage et la production décentralisée d'eau chaude sanitaire $Q_{E,V,H}$ est alors à considérer en rapport avec la valeur spécifique modifiée du besoin en énergie finale pour la production centrale de chaleur de chauffage et la production décentralisée d'eau chaude sanitaire $Q_{E,B,H}^*$. L'expert est tenu de documenter dans le certificat de performance énergétique du bâtiment d'habitation les écarts importants entre le besoin énergétique estimé et la consommation effective mesurée, ainsi que les causes possibles.

$$Q_{E,V,H} \approx Q_{E,B,H}^* \pm \Delta Q_{E,B,H}^* \quad [\text{kWh/m}^2\text{a}]$$

La valeur spécifique modifiée du besoin en énergie finale pour la production centrale de chaleur de chauffage et la production décentralisée d'eau chaude sanitaire $Q_{E,B,H}^*$ est à indiquer dans le certificat de performance énergétique avec un facteur de déviation standard moyen (32%).

$$\Delta Q_{E,B,H}^* = Q_{E,B,H}^* \cdot 0,32 \quad [\text{kWh/m}^2\text{a}]$$

6 TABLEAUX

6.1 Catégories de bâtiment

Catégorie de bâtiment		Utilisations (exemples)
1	Habitation MFH	Immeubles à appartements, immeubles à appartements en résidence secondaire et immeubles à appartements mitoyens
2	Habitation EFH	Maisons d'habitation uni- et bifamiliales, maisons d'habitation uni- et bifamiliales en résidence secondaire et maisons d'habitation uni- et bifamiliales mitoyennes

Tableau 20 – Catégories de bâtiment

6.2 Paramètres d'utilisation standard

Pour tous les calculs relatifs au besoin annuel en chaleur de chauffage et au besoin en énergie pour la production d'eau chaude sanitaire, les valeurs standard conformément au tableau suivant sont à utiliser.

Catégorie de bâtiment		Température du bâtiment [°C]	Charges internes [W/m²]	Valeur spécifique du besoin en énergie, production d'eau chaude sanitaire q_{ww} [kWh/m²a]
Bâtiments d'habitation				
1	Habitation MFH	20	3,6	20,8
2	Habitation EFH	20	2,8	13,9

Tableau 21 – Paramètres d'utilisation standard

6.3 Évaluation des installations de chauffage et de production d'eau chaude sanitaire pour les bâtiments neufs

Pour le calcul du besoin en énergie finale pour la production de chaleur de chauffage et d'eau chaude sanitaire, il est possible d'utiliser les tableaux ci-après. Alternativement, les valeurs rapportées à la surface du besoin en chaleur de chauffage et du besoin en énergie auxiliaire, du facteur de dépense et des taux de couverture des installations de production de chaleur peuvent être déterminées conformément à la norme DIN 4701-10.

Toutes les valeurs indiquées dans les tableaux sont basées sur une période de chauffage de 185 d/a et ne sont valables que pour cette période de chauffage qui sert comme base de calcul.

En règle générale, les **valeurs des tableaux** peuvent être **interpolées linéairement** ou il faut appliquer la valeur moins favorable la plus proche.

6.3.1 Chaleur de chauffage

La méthode de calcul permet de calculer le besoin nécessaire à la fourniture en chaleur de chauffage du bâtiment jusqu'à la transmission de chaleur dans le local d'un bâtiment. Elle comprend les déperditions susceptibles de se produire lors de la production, l'accumulation, la distribution et la transmission.

6.3.1.1 Taux de couverture de la production de chaleur c_H

Il est possible d'utiliser plusieurs installations de production de chaleur en vue de couvrir le besoin annuel en chaleur de chauffage d'une zone. A cet effet, il faut déterminer la part du besoin annuel en chaleur de chauffage couverte par chaque installation de production de chaleur. Les taux de couverture de systèmes combinés de production de chaleur courants peuvent être déterminés à partir des tableaux ci-après. Il faut alors multiplier les taux de couverture par le facteur de dépense correspondant de l'installation de production conformément au chapitre 6.3. Les taux de couverture peuvent également être calculés selon d'autres méthodes reconnues (conformes à l'état de la technique).

Installation de production de chaleur – Taux de couverture c_H pour des systèmes de chauffage combinés						
Système combiné d'installations de production de chaleur		c_H en cas d'installations de chauffage sans appoint d'énergie solaire		c_H en cas d'installations de chauffage avec appoint d'énergie solaire		
Inst. de prod. 1 (charge de base)	Inst. de prod. 2 (charge de pointe)	Inst. de prod. 1	Inst. de prod. 2	Inst. de prod. 1	Inst. de prod. 2	Inst. de prod. 3
Chaudière, pompe à chaleur, chauffage électrique, centrale de cogénération, chauffage à distance, etc.	/	1,00	/	0,90	/	0,10
Pompe à chaleur	Chaudière	0,83	0,17	0,75	0,15	0,10
Pompe à chaleur	Chauffage électrique	0,95	0,05	0,85	0,05	0,10
Centrale de cogénération	Chaudière	0,70	0,30	/	/	/

Tableau 22 – Taux de couverture de la production de chaleur

6.3.1.2 Facteur de dépense pour la production de chaleur de chauffage e_H

La dépense nécessaire à la production de chaleur est illustrée dans les tableaux ci-après à l'aide du facteur de dépense pour la production de chaleur de chauffage e_H pour différents systèmes. La valeur spécifique du besoin en énergie auxiliaire pour la production de chaleur de chauffage $q_{H,Hilf}$ est également reportée dans ces tableaux.

Facteur de dépense pour la production de chaleur de chauffage e_H pour les chaudières

Facteur de dépense e_H , installation à l'extérieur de l'enveloppe thermique								
A_n (m ²)	Chaudière à température constante	Chaudière basse température			Chaudière à condensation			Besoin spécifique en énergie auxiliaire pour la production de chaleur de chauffage $q_{H,Hilf}$ (kWh/m ² a)
		70/55°C	55/45°C	35/28°C	70/55°C	55/45°C	35/28°C	
≤100	1,38	1,15	1,14	1,12	1,08	1,05	1,00	0,79
150	1,33	1,14	1,13	1,11	1,07	1,05	1,00	0,66
200	1,30	1,13	1,12	1,11	1,07	1,04	0,99	0,58
300	1,27	1,12	1,12	1,10	1,06	1,04	0,99	0,48
500	1,23	1,11	1,11	1,10	1,05	1,03	0,99	0,38
750	1,21	1,11	1,10	1,10	1,05	1,03	0,99	0,31
1.000	1,20	1,10	1,10	1,09	1,05	1,02	0,99	0,27
1.500	1,18	1,10	1,09	1,09	1,04	1,02	0,98	0,23
2.500	1,16	1,09	1,09	1,09	1,04	1,02	0,98	0,18
5.000	1,14	1,09	1,08	1,08	1,03	1,01	0,98	0,13
≥10.000	1,13	1,08	1,08	1,08	1,03	1,01	0,98	0,09

Tableau 23 – Facteur de dépense pour la production de chaleur de chauffage, chaudières, partie 1

Facteur de dépense e_H , installation à l'intérieur de l'enveloppe thermique								
A_n (m ²)	Chaudière à température constante	Chaudière basse température			Chaudière à condensation			Besoin spécifique en énergie auxiliaire pour la production de chaleur de chauffage $q_{H,Hilf}$ (kWh/m ² a)
		70/55°C	55/45°C	35/28°C	70/55	55/45	35/28	
≤100	1,30	1,08	1,09	1,10	1,03	1,01	0,99	0,79
150	1,24	1,08	1,09	1,10	1,03	1,01	0,99	0,66
200	1,21	1,08	1,08	1,09	1,03	1,01	0,99	0,58
300	1,18	1,08	1,08	1,09	1,03	1,01	0,99	0,48
500	1,15	1,08	1,08	1,09	1,03	1,01	0,99	0,38
750	1,15	1,08	1,08	1,09	1,03	1,01	0,99	0,31
1.000	1,15	1,08	1,08	1,09	1,03	1,01	0,99	0,27
1.500	1,15	1,08	1,08	1,09	1,03	1,01	0,98	0,23
2.500	1,15	1,08	1,08	1,09	1,03	1,01	0,98	0,18
5.000	1,14	1,08	1,08	1,08	1,03	1,01	0,98	0,13
≥10.000	1,13	1,08	1,08	1,08	1,03	1,01	0,98	0,09

Tableau 24 – Facteur de dépense pour la production de chaleur de chauffage, chaudières, partie 2

Les cheminées, les poêles en faïence ou les poêles individuels dans le bâtiment ou les locaux ne sont pas pris en compte, à moins qu'ils ne constituent le seul système de chauffage. En cas de foyers individuels décentralisés, le facteur de dépense e_H est généralement de 1,5.

Facteur de dépense e_H pour d'autres systèmes			
Installation de production d'énergie	Température de chauffage (°C)	Facteur de dépense e_H (-)	Besoin spécifique en énergie auxiliaire pour la production de chaleur de chauffage $q_{H,Hilf}$ (kWh/m²a)
Autres systèmes			
Chauffage à bûches ¹⁾	70/55	1,75	$15,89 \cdot A_n^{-0,96}$
Chauffage à pellets à dégagement thermique directe et indirecte ¹⁾	70/55	1,48	$4,72 \cdot A_n^{-0,105}$
Chauffage à pellets uniquement à dégagement thermique directe ¹⁾	70/55	1,38	$4,88 \cdot A_n^{-0,103}$
Installation thermique solaire	Toutes	0,00	0,00 ⁴⁾
PCCE décentralisée	Toutes	1,00	0,00
Pompes à chaleur électriques			
Eau/eau	55/45	0,23	$3,2 \cdot A_n^{-0,10}$
	35/28	0,19	
Sol/eau	55/45	0,27	$1,9 \cdot A_n^{-0,10}$
	35/28	0,23	
Air/eau	55/45	0,37	0,00
	35/28	0,30	
Air vicié/eau (sans récupération de chaleur)	55/45	0,30	0,00 ²⁾
	35/28	0,24	
Pompe à chaleur amenée d'air/air vicié (avec récupération de chaleur)	Toutes	0,34 ³⁾	0,00
Chauffage électrique			
Chauffage direct	Toutes	1,00	0,00
Chauffage à accumulation	Toutes	1,00	0,00
Chauffage urbain	Toutes	1,01	0,00

Tableau 25 – Facteur de dépense pour la production d'énergie, autres systèmes, partie 3

- 1) Les facteurs de dépense sont valables pour l'utilisation commune du chauffage et de la production d'eau chaude sanitaire. Si la production d'eau chaude sanitaire est effectuée autrement, il faut utiliser les mêmes valeurs indiquées dans les tableaux. Dans le cas du chauffage à pellets, le besoin en énergie auxiliaire pour l'acheminement est compris.
- 2) Dans la mesure où une puissance augmentée de l'équipement de ventilation a déjà été prise en considération au chapitre 5.4.1.
- 3) Cette valeur est valable uniquement lorsque la pompe à chaleur se situe par rapport au courant d'air derrière l'échangeur de chaleur de l'équipement de ventilation. Les autres configurations doivent être réalisées conformément à la norme DIN 4701. En cas d'utilisation d'une pompe à chaleur amenée d'air/air vicié comme seul système de chauffage, il faut veiller à ce que la livraison en chaleur soit limitée par un tel système. Elle doit être connectée directement au renouvellement d'air du bâtiment prescrit et ne peut donc pas être augmentée à volonté.
- 4) Le besoin en énergie auxiliaire d'une installation solaire thermique avec $q_{H,Hilf} = 0$ est valable pour un système combiné avec production d'eau chaude sanitaire et appoint de chauffage. Dans ce cas, le

besoin en énergie auxiliaire requis est attribué au système de production d'eau chaude sanitaire. Les autres systèmes combinés doivent être évalués conformément à la norme DIN 4701.

6.3.1.3 Distribution de chaleur (déperditions spécifiques de distribution) $q_{H,V}$

Les déperditions spécifiques de distribution $q_{H,V}$ peuvent être obtenues à partir des tableaux ci-après. Elles sont classées pour différentes températures de référence du circuit de chauffage, en fonction de la surface de référence énergétique A_n et d'autres grandeurs caractéristiques. La distribution représente le réseau de conduites du niveau de distribution (plan horizontal), des conduites (plan vertical) et des tuyaux de raccordement.

Si un local non chauffé (p. ex. la cave) ne possède pas de conduites horizontales (raccordement vertical direct au réseau de distribution de chauffage avec une longueur de conduites (aller et retour) de 10 m au maximum), il faut considérer les conduites comme si elles se trouvaient dans une zone chauffée. Les systèmes de conduites de chauffage central se trouvent généralement dans une zone chauffée.

Déperditions spécifiques de distribution $q_{H,V}$

Distribution horizontale à l'extérieur de l'enveloppe thermique, $q_{H,V}$ en kWh/m²a									
A_n (m²)	chaudière à eau chaude conduites à l'extérieur				chaudière à eau chaude conduites à l'intérieur				chauffage par amenée d'air
	90/70°C	70/55°C	55/45°C	35/28°C	90/70°C	70/55°C	55/45°C	35/28°C	Toutes
≤100	15,20	11,40	8,60	4,40	13,80	10,30	7,80	4,00	6,70
150	11,50	8,60	6,50	3,20	10,30	7,70	5,80	2,90	5,10
200	9,70	7,20	5,40	2,70	8,50	6,30	4,80	2,30	4,30
300	7,90	5,80	4,40	2,10	6,80	5,00	3,70	1,80	3,50
500	6,40	4,70	3,50	1,70	5,40	3,90	2,90	1,30	2,80
750	5,70	4,20	3,10	1,40	4,60	3,40	2,50	1,10	2,80
1.000	5,30	3,90	2,90	1,30	4,30	3,10	2,30	1,00	2,80
1.500	4,90	3,60	2,70	1,20	3,90	2,90	2,10	0,90	2,80
2.500	4,60	3,40	2,50	1,10	3,70	2,70	1,90	0,80	2,80
5.000	4,40	3,20	2,40	1,10	3,40	2,50	1,80	0,80	2,80
≥10.000	4,30	3,10	2,30	1,00	3,30	2,40	1,80	0,70	2,80

Tableau 26 – Déperditions spécifiques de distribution en fonction de la surface, à l'extérieur de l'enveloppe thermique

Distribution horizontale à l'intérieur de l'enveloppe thermique, $q_{H,V}$ en kWh/m²a									
A_n (m²)	chaudière à eau chaude conduites à l'extérieur				chaudière à eau chaude conduites à l'intérieur				chauffage par amenée d'air
	90/70°C	70/55°C	55/45°C	35/28°C	90/70°C	70/55°C	55/45°C	35/28°C	Toutes
≤100	4,30	3,10	2,20	0,80	4,10	2,90	2,10	0,70	1,10
150	3,80	2,70	1,90	0,70	3,60	2,50	1,80	0,60	1,00

200	3,50	2,50	1,70	0,60	3,30	2,30	1,60	0,60	0,90
300	3,20	2,20	1,60	0,60	3,00	2,10	1,50	0,50	0,80
500	2,90	2,10	1,50	0,50	2,80	2,00	1,40	0,50	0,70
750	2,80	2,00	1,40	0,50	2,70	1,90	1,30	0,50	0,70
1.000	2,80	2,00	1,40	0,50	2,60	1,80	1,30	0,50	0,70
1.500	2,70	1,90	1,30	0,50	2,50	1,80	1,30	0,40	0,70
2.500	2,70	1,90	1,30	0,50	2,50	1,80	1,20	0,40	0,70
5.000	2,60	1,90	1,30	0,50	2,50	1,70	1,20	0,40	0,70
≥10.000	2,60	1,80	1,30	0,50	2,40	1,70	1,20	0,40	0,70

Tableau 27 – Déperditions spécifiques de distribution en fonction de la surface, à l'intérieur de l'enveloppe thermique

Les valeurs calculées en fonction de la surface du besoin en énergie auxiliaire pour la distribution de la chaleur de chauffage $q_{H,Hilf,V}$ est à reprendre du tableau 28. Le besoin en énergie auxiliaire est classé, pour différents étalements de dimensionnement, en fonction de la surface de référence énergétique et d'autres grandeurs caractéristiques. La distribution représente le réseau de conduites du niveau de distribution (plan horizontal), des conduites (plan vertical) et des tuyaux de raccordement.

Besoin spécifique en énergie auxiliaire pour la distribution de chaleur de chauffage $q_{H,Hilf,V}$ par des chaudières à eau chaude en kWh/m²a								
A_n (m²)	Pompes réglées				Pompes non réglées			
	20 K 90/70°C	15 K 70/55°C	10K 55/45°C	7K 35/28°C	20 K 90/70°C	15 K 70/55°C	10K 55/45°C	7K 35/28°C
≤100	1,69	1,85	1,98	3,52	2,02	2,22	2,38	4,22
150	1,12	1,24	1,35	2,40	1,42	1,56	1,71	3,03
200	0,86	0,95	1,06	1,88	1,11	1,24	1,38	2,44
300	0,61	0,68	0,78	1,39	0,81	0,91	1,04	1,85
500	0,42	0,48	0,57	1,01	0,57	0,65	0,78	1,38
750	0,33	0,38	0,47	0,83	0,45	0,52	0,64	1,14
1.000	0,28	0,33	0,42	0,74	0,39	0,46	0,58	1,02
1.500	0,23	0,28	0,37	0,65	0,33	0,39	0,51	0,90
2.500	0,20	0,24	0,33	0,58	0,28	0,34	0,46	0,81
5.000	0,17	0,22	0,30	0,53	0,24	0,30	0,42	0,74
≥10.000	0,16	0,20	0,28	0,50	0,22	0,28	0,40	0,70

Tableau 28 – Valeurs calculées en fonction de la surface du besoin en énergie auxiliaire pour la distribution de la chaleur de chauffage

- 1) Si les températures de dimensionnement (p. ex. installations de chauffage à distance) dévient, il faut utiliser les valeurs pour l'étalement de température immédiatement inférieur reporté dans le tableau.
- 2) Les installations de chauffage équipées de surfaces chauffantes intégrées doivent être calculées indépendamment de l'étalement de température, généralement comme un circuit de chauffage 35/28 °C avec un étalement de 7 K.
- 3) Le besoin en énergie auxiliaire pour la distribution d'air d'un chauffage à amenée d'air doit être pris en considération dans le calcul du besoin spécifique en énergie auxiliaire des installations de ventilation. Il est, pour cette étape de la méthode de calcul, pris égal à zéro ($q_{H,Hilf,V} = 0,0$ kWh/m²a).

Systèmes décentralisés

- En cas de foyers individuels décentralisés, il faut prendre en considération des déperditions spécifiques de $q_{H,V} = 9,6 \text{ kWh/m}^2\text{a}$.
- Dans cette méthode, le besoin en énergie auxiliaire est pris égal à zéro ($q_{H,Hilf,V} = 0,0 \text{ kWh/m}^2\text{a}$).

6.3.1.4 Accumulation de chaleur (déperditions spécifiques d'accumulation), $q_{H,S}$

Les valeurs calculées en fonction de la surface de la dépense pour l'accumulation (p. ex. accumulateur tampon pour des pompes à chaleur, installations de chauffage à pellets et PCCE) $q_{H,S}$ sont indiquées dans le tableau 29 pour différents emplacements de montage et différentes températures de système en fonction de la surface de référence énergétique A_n . Le besoin en énergie auxiliaire pour l'accumulation de chaleur de chauffage $q_{H,Hilf,S}$ en $\text{kWh/m}^2\text{a}$ peut être repris de la dernière colonne du tableau 29.

En cas de montage en série de l'accumulateur tampon dans le réseau de distribution, aucun besoin en énergie auxiliaire supplémentaire n'est pris en compte et $q_{H,Hilf} = 0$, puisque $q_{H,Hilf,V}$ est déjà pris en considération dans la distribution.

Déperditions spécifiques d'accumulation $q_{H,S}$ et besoin spécifique en énergie auxiliaire pour l'accumulation de chaleur de chauffage $q_{H,Hilf,S}$					
Déperditions spécifiques d'accumulation $q_{H,S}$ en kWh/m²a					Besoin spécifique en énergie auxiliaire pour l'accumulation de chaleur de chauffage $q_{H,Hilf,S}$ en kWh/m²a
A_n (m²)	Montage à l'intérieur de l'enveloppe thermique		Montage à l'extérieur de l'enveloppe thermique		
	55/45°C	35/28°C	55/45°C	35/28°C	
≤100	0,30	0,10	2,60	1,40	0,63
150	0,20	0,10	1,90	1,00	0,43
200	0,20	0,10	1,50	0,80	0,34
300	0,10	0,00	1,10	0,60	0,24
500	0,10	0,00	0,70	0,40	0,16
750	0,10	0,00	0,50	0,30	0,12
1.000	0,00	0,00	0,40	0,20	0,10
1.500	0,00	0,00	0,30	0,20	0,08
2.500	0,00	0,00	0,20	0,10	0,07
5.000	0,00	0,00	0,20	0,10	0,06
≥10.000	0,00	0,00	0,20	0,10	0,05

Tableau 29 – Déperditions spécifiques d'accumulation et besoin spécifique en énergie auxiliaire pour l'accumulation de chaleur de chauffage

Pour les accumulateurs tampons qui sont exploités en combinaison avec des **installations de production de chaleur à partir de biomasse**, les valeurs relatives aux déperditions spécifiques d'accumulation indiquées dans le tableau 29 doivent être multipliées par le **facteur 2,6**. Dans ce cas, les valeurs relatives au besoin en énergie auxiliaire peuvent être reprises.

6.3.1.5 Transmission de chaleur (besoin spécifique en énergie auxiliaire pour la transmission de chaleur de chauffage), $q_{H,Hilf,U}$

Le besoin spécifique en énergie auxiliaire pour la transmission de chaleur de chauffage $q_{H,Hilf,U}$ doit être pris égal à **0** $\text{kWh/m}^2\text{a}$ dans la mesure où aucune autre installation supplémentaire n'est utilisée pour la transmission de chaleur dans le local (p. ex. ventilateurs pour le brassage de l'air, commande de moteurs électriques

de fenêtres destinés à la ventilation, etc.). Pour les systèmes dotés de ventilateurs pour le brassage de l'air qui ne sont pas pris en considération dans le besoin en énergie auxiliaire, il faut prendre $q_{H,Hilf,\dot{U}} = 0,5 \text{ kWh/m}^2\text{a}$.

6.3.2 Production d'eau chaude sanitaire

La méthode permet de calculer le besoin nécessaire au chauffage de l'eau chaude sanitaire jusqu'aux équipements sanitaires d'un bâtiment. En outre, le calcul des câbles/rubans chauffants électriques est possible. Les déperditions de transmission d'eau chaude sanitaire à l'utilisateur ainsi que le besoin correspondant en énergie auxiliaire sont pris égaux à 0 kWh/m²a dans la présente méthode de calcul.

6.3.2.1 Taux de couverture de la production de chaleur (production d'eau chaude sanitaire) c_{ww}

Si l'eau chaude sanitaire est chauffée par plusieurs installations de production de chaleur, il faut déterminer le taux de couverture des différents systèmes à l'aide des tableaux ci-après. Pour les systèmes qui ne sont pas mentionnés dans les tableaux, il faut établir le taux de couverture à l'aide d'une autre méthode de calcul et le documenter. Les taux de couverture des installations solaires pour le chauffage d'eau chaude sanitaire sont calculés à partir d'installations munies de capteurs solaires plans et d'un accumulateur chauffé indirectement. L'utilisation de capteurs solaires à tubes donne des taux de couverture équivalents, étant donné que la surface des capteurs solaires prise en compte est plus petite conformément au tableau 30.

Production d'eau chaude sanitaire – Taux de couverture $c_{ww,1-3}$ avec des systèmes de chauffage d'eau chaude sanitaire combinés

Taux de couverture de la production de chaleur par une installation solaire thermique (production d'eau chaude sanitaire) $c_{ww,1}$					
$A_n \text{ (m}^2\text{)}$	Ø Surface des capteurs solaires plans $A_c \text{ (m}^2\text{)}$	Montage à l'intérieur de l'enveloppe thermique (accumulation et distribution)		Montage à l'extérieur de l'enveloppe thermique (accumulation et distribution)	
		avec circulation	sans circulation	avec circulation	sans circulation
≤100	3,60	0,51	0,63	0,55	0,68
150	5,00	0,51	0,61	0,54	0,64
200	6,20	0,50	0,59	0,53	0,62
300	8,60	0,49	0,57	0,51	0,58
500	13,00	0,53	/	0,54	/
750	18,00	0,50	/	0,51	/
1.000	22,60	0,48	/	0,49	/
1.500	31,30	0,45	/	0,46	/
2.500	47,10	0,42	/	0,43	/
3.000	54,40	0,41	/	0,42	/
>3.000	$0,09 * A_n^{0,8}$	0,38	/	0,39	/

Tableau 30 – Taux de couverture de la production de chaleur par une installation solaire thermique (production d'eau chaude sanitaire), partie 1

Taux de couverture de la production de chaleur par une installation de chauffage de base (production d'eau chaude sanitaire) $c_{ww,2}$	
Type d'installation de production	Taux de couverture c_e
Chaudière à gaz/fioul	1,00
Chauffage urbain	1,00
PCCE décentralisée	1,00
Pompe à chaleur électrique pour le chauffage (sans chauffage électrique complémentaire)	1,00
Pompe à chaleur électrique pour le chauffage (avec chauffage électrique complémentaire)	0,95
Pompe à chaleur électrique air vicié/eau chaude Pompe à chaleur électrique air vicié/amenée d'air/eau chaude avec ou sans échangeur de chaleur (fonctionnement en combinaison avec une installation de ventilation centrale)	0,95
Pompe à chaleur électrique air/eau chaude (mise en place à l'extérieur de l'enveloppe thermique du bâtiment avec l'air de la cave)	0,95 ⁵
Chauffe-eau électrique de jour (au centre de l'habitation)	1,00
Chauffe-eau instantané sans petit chauffe-eau décentralisé	1,00
Chauffe-eau instantané avec petit chauffe-eau décentralisé	1,00
Taux de couverture du chauffage de base	$c_{ww,2} = (1 - c_{ww,1}) * c_e$

Tableau 31 – Taux de couverture de la production d'eau chaude sanitaire avec des systèmes de chauffage d'eau chaude sanitaire combinés, partie 2

Taux de couverture de la production de chaleur par un système de chauffage d'appoint (production d'eau chaude sanitaire) $c_{ww,3}$	
Taux de couverture	$c_{ww,3} = (1 - c_{ww,1} - c_{ww,2})$

Tableau 32 – Taux de couverture de la production d'eau chaude sanitaire avec des systèmes de chauffage d'eau chaude sanitaire combinés, partie 3

⁵ La valeur de 0,95 ne peut être utilisée que lorsque la surface de plancher de la cave représente 10% ou plus de la surface de référence énergétique A_n . Dans tous les autres cas, un calcul conformément à la norme DIN 4701-10 est à réaliser.

6.3.2.2 Facteur de dépense pour la production d'eau chaude sanitaire e_{ww}

Le besoin en énergie pour la production d'eau chaude sanitaire e_{ww} est indiqué dans les tableaux ci-après sous la forme du facteur de dépense pour différents systèmes en fonction de la surface de référence énergétique.

Facteur de dépense pour la production d'eau chaude sanitaire e_{ww} par une chaudière							
A_n (m ²)	Chaudière à température constante	Chaudière basse température	Chaudière à condensation	Chaudière mixte à basse température dotée d'un échangeur de chaleur ($V < 2l$)	Chaudière mixte à basse température dotée d'un petit réservoir ($2 < V < 10l$)	Chaudière mixte à condensation dotée d'un échangeur de chaleur ($V < 2l$)	Chaudière mixte à condensation dotée d'un petit réservoir ($2 < V < 10l$)
≤100	1,82	1,21	1,17	1,27	1,41	1,23	1,36
150	1,71	1,19	1,15	1,22	1,32	1,19	1,28
200	1,64	1,18	1,14	1,20	1,27	1,16	1,24
300	1,56	1,17	1,13	1,17	1,22	1,14	1,19
500	1,46	1,15	1,12	1,15	1,18	1,11	1,15
750	1,40	1,14	1,11	/	/	/	/
1.000	1,36	1,14	1,10	/	/	/	/
1.500	1,31	1,13	1,10	/	/	/	/
2.500	1,26	1,12	1,09	/	/	/	/
5.000	1,21	1,11	1,08	/	/	/	/
≥10.000	1,17	1,10	1,08	/	/	/	/

Tableau 33 – Facteur de dépense pour la production d'eau chaude sanitaire e_{ww} par une chaudière, partie 1

Les valeurs spécifiques du besoin en énergie auxiliaire, production d'eau chaude sanitaire $q_{ww,Hilf}$ de ces systèmes sont indiquées dans le tableau suivant.

Valeur spécifique du besoin en énergie auxiliaire, production d'eau chaude sanitaire $q_{ww,Hilf}$ en kWh/m ² a		
A_n (m ²)	chaudière mixte	toutes les autres chaudières
≤100	0,20	0,300
150	0,19	0,240
200	0,18	0,210
300	0,17	0,170
500	0,17	0,130
750	/	0,110
1.000	/	0,100
1.500	/	0,084
2.500	/	0,069
5.000	/	0,054
≥10.000	/	0,044

Tableau 34 – Valeur spécifique du besoin en énergie auxiliaire, production d'eau chaude sanitaire

$q_{ww,Hilf}$

Facteur de dépense pour la production d'eau chaude sanitaire e_{ww}		
Installation de production d'énergie	Facteur de dépense e_{ww}	Valeur spécifique du besoin en énergie auxiliaire, production d'eau chaude sanitaire $q_{ww,Hilf}$ en kWh/m ² a
Chauffage urbain	1,14	0,40
Chauffe-eau à gaz	1,22	0,00
Chauffage à bûches	1,75	Compris dans les besoins en énergie des auxiliaires pour la production de chaleur de chauffage
Chauffage à pellets à dégagement thermique direct et indirect	1,48	Compris dans les besoins en énergie des auxiliaires pour la production de chaleur de chauffage
Chauffage à pellets uniquement à dégagement thermique indirect	1,38	Compris dans les besoins en énergie des auxiliaires pour la production de chaleur de chauffage
Chauffage solaire de l'eau chaude sanitaire ¹⁾	0,00	$(52,5 + 0,0875 \cdot A_n) \cdot (A_n \cdot c_{ww,i})$
Chauffage électrique	1,00	0,00
Chauffe-eau instantané	1,00	0,00
Cogénération décentralisée	1,00	0,00
Pompe à chaleur pour le chauffage		
Eau/eau	0,23	$0,8 \cdot A_n^{-0,1}$
Sol/eau	0,27	$0,5 \cdot A_n^{-0,1}$
Air/eau	(Règlement grand-ducal du 23 juillet 2016) «0,37»	0,00
Air vicié/eau	(Règlement grand-ducal du 23 juillet 2016) «0,30»	0,00
Pompe à chaleur amenée d'air/air vicié (avec récupération de chaleur)	0,34	0,00
Pompe à chaleur pour production d'eau chaude sanitaire		
Air vicié	0,26	0,00
Air vicié/amenée d'air sans échangeur de chaleur ²⁾	0,26	0,00
Air vicié/amenée d'air avec échangeur de chaleur, $n_{WRG}=0,6$	0,29	0,00
Air vicié/amenée d'air avec échangeur de chaleur, $n_{WRG}=0,8$	0,31	0,00
Air de la cave	0,33	0,00

Tableau 35 – Facteur de dépense pour la production d'eau chaude sanitaire e_{ww} , partie 2

- 1) Le besoin en énergie auxiliaire pour le chauffage solaire de l'eau chaude sanitaire est calculé en fonction du taux de couverture $c_{ww,i}$ et peut être utilisé pour les taux de couverture selon le chapitre

6.3.2.1, tableau 30. Pour tout autre taux de couverture divergeant fondamentalement, le besoin en énergie auxiliaire doit être déterminé conformément à la norme DIN 4701-10.

- 2) Dans ce cas, l'échangeur de chaleur correspond à l'échangeur de chaleur de l'installation de ventilation.

6.3.2.3 Distribution d'eau chaude sanitaire (valeur spécifique des déperditions de distribution et de circulation de l'eau chaude sanitaire), $q_{ww,v}$

Les valeurs calculées en fonction de la surface des déperditions de chaleur de distribution de la production centrale de l'eau chaude sanitaire $q_{ww,v}$ peuvent être obtenues à partir des tableaux ci-après. La déperdition de chaleur des conduites dépend de l'emplacement de celles-ci (à l'intérieur ou à l'extérieur de l'enveloppe thermique). Les conduites de distribution sont des conduites horizontales, qui en règle générale, relient les conduites verticales (descentes). Lorsque la production de l'eau chaude sanitaire a lieu dans un local non chauffé et que les conduites horizontales passent directement dans l'enveloppe thermique (longueur des conduites: 10 m au maximum), alors la distribution des conduites est à considérer se situant à l'intérieur de l'enveloppe thermique. Les systèmes centraux sans conduite de circulation ne peuvent être considérés jusqu'à une surface de référence énergétique de 500 m² au maximum.

Pour les câbles/rubans chauffants électriques, la valeur en fonction de la surface du besoin en chaleur pour la circulation est à diviser par 2. La dépense ainsi obtenue ($0,5 \times q_{ww,v}$) doit être attribuée à l'énergie auxiliaire $q_{ww,Hilf,v}$ comme une dépense en énergie électrique.

Valeur spécifique des déperditions de distribution et de circulation de l'eau chaude sanitaire $q_{ww,v}$ (kWh/m ² a)				
	Avec circulation		Sans circulation	
A_n (m ²)	A l'extérieur de l'enveloppe thermique	A l'intérieur de l'enveloppe thermique ⁶	A l'extérieur de l'enveloppe thermique	A l'intérieur de l'enveloppe thermique
≤100	12,90	6,70	5,70	2,80
150	9,90	5,40	4,40	2,30
200	8,30	4,80	3,70	2,10
300	6,90	4,20	3,00	1,80
500	5,70	3,80	2,40	1,70
750	5,10	3,60	/	/
1.000	4,80	3,60	/	/
1.500	4,70	3,50	/	/
2.500	4,40	3,50	/	/
5.000	4,30	3,50	/	/
≥10.000	4,30	3,50	/	/

Tableau 36 – Valeurs spécifiques des déperditions de distribution et de circulation de l'eau chaude sanitaire pour les systèmes centraux

Le **besoin en énergie auxiliaire** en fonction de la surface de référence énergétique pour la distribution et la circulation d'eau chaude sanitaire $q_{ww,Hilf,v}$ est indiqué dans le tableau suivant. Le besoin en énergie auxiliaire de la pompe de circulation est indépendant de l'emplacement des conduites horizontales.

⁶ Conduites ne se trouvant pas dans des gaines ventilées.

Valeur spécifique du besoin en énergie auxiliaire, distribution d'eau chaude sanitaire $q_{ww,Hilf,V}$ (kWh/m²a)		
A_n (m²)	Avec circulation	Sans circulation
≤100	1,14	0,00
150	0,82	0,00
200	0,66	0,00
300	0,49	0,00
500	0,34	0,00
750	0,27	/
1.000	0,22	/
1.500	0,18	/
2.500	0,14	/
5.000	0,11	/
≥10.000	0,09	/

Tableau 37 – Valeur spécifique du besoin en énergie auxiliaire, distribution d'eau chaude sanitaire

Sont considérés comme des systèmes **décentralisés** de production d'eau chaude sanitaire, les chauffe-eau instantanés (à gaz ou électriques) et les installations électriques de préparation d'eau chaude sanitaire dotées de réservoirs, dans la mesure où ces appareils alimentent un local en eau chaude sanitaire ou deux locaux ayant le mur d'installation en commun. Les systèmes décentralisés doivent alimenter les équipements sanitaires uniquement à travers des dérivations (et non via des conduites centrales de circulation ou des conduites horizontales). La déperdition de chaleur des conduites horizontales comprend les déperditions par refroidissement de ces dérivations; elle est indiquée dans le tableau ci-après en kWh/m²a. Les déperditions dues à l'eau chaude sanitaire inutilisée ne sont pas prises en compte.

Lorsque l'eau chaude sanitaire est réchauffée séparément pour chaque logement dans un bâtiment constitué de plusieurs logements, la production en eau chaude sanitaire est à considérer comme production centrale par habitation. Pour une production centrale en eau chaude sanitaire par habitation, on peut considérer qu'il n'existe aucune conduite de circulation et que tous les équipements sanitaires se trouvent à proximité les uns des autres (longueur de conduites depuis l'installation de production jusqu'à l'équipement sanitaire le plus éloigné: 6 m au maximum).

Les valeurs fournies dans le tableau ci-après se rapportent à la surface de référence énergétique du logement. Dans d'autres cas, les systèmes sont à traiter conformément à la norme DIN 4701-10, comme des systèmes centraux sans circulation.

Production décentralisée en eau chaude sanitaire		
Système Sont raccordés par conduite (appareils):	Valeur spécifique des déperditions de distribution et de circulation de l'eau chaude sanitaire $q_{ww,V}$ en kWh/m ² a	Valeur spécifique du besoin en énergie auxiliaire, distribution d'eau chaude sanitaire $q_{ww,Hilf,V}$ en kWh/m ² a
1 local, 1 prise d'eau (p. ex. chauffe-eau sous évier)	0,14	0,00
1 local, plusieurs prises d'eau (p. ex. salle de bains)	0,42	0,00
2 locaux avec mur d'installation en commun	0,56	0,00
Approvisionnement central en eau chaude sanitaire par habitation	0,83	0,00

Tableau 38 – Valeurs spécifiques des déperditions de distribution et de circulation de l'eau chaude sanitaire pour les systèmes décentralisés

(Règlement grand-ducal du 23 juillet 2016)

«Dans une habitation EFH, il est possible de considérer dans le calcul l'absence d'un circuit de circulation même en présence d'un tel circuit s'il est assuré que le fonctionnement de la pompe de circulation est commandé en fonction du temps et n'excède pas trois heures par jour.»

6.3.2.4 Accumulation d'eau chaude sanitaire (valeur spécifique des déperditions d'accumulation de l'eau chaude sanitaire), $q_{ww,s}$

La valeur spécifique des déperditions d'accumulation de l'eau chaude sanitaire $q_{ww,s}$ est indiquée dans les tableaux ci-après en fonction de la surface en kWh/m²a.

Valeur spécifique des déperditions d'accumulation de l'eau chaude sanitaire $q_{ww,s}$ (kWh/m²a)

A l'intérieur de l'enveloppe thermique						
A_n (m ²)	Ballon d'eau chaude chauffé indirectement	Radiateur électrique à accumulation de nuit	Radiateur électrique à accumulation de jour	1 petit réservoir électrique pour 80m ²	Accumulateur solaire mixte	Réservoir d'eau chaude sanitaire chauffé au gaz
≤100	2,90	2,50	1,60	0,70	1,90	9,80
150	2,20	2,00	1,30	0,70	1,40	8,30
200	1,70	1,80	1,00	0,70	1,10	7,40
300	1,30	1,40	0,80	0,70	0,80	6,10
500	0,80	1,10	0,70	0,70	0,80	5,50
750	0,60	1,00	0,60	0,70	0,60	4,90
1.000	0,50	0,90	0,40	0,70	0,50	4,70
1.500	0,40	0,80	0,40	0,70	0,40	4,00
2.500	0,40	0,70	0,30	0,70	0,40	3,30
5.000	0,30	0,50	0,30	0,70	0,30	2,70

≥10.000	0,20	0,50	0,20	0,70	0,20	2,30
---------	------	------	------	------	------	------

Tableau 39 – Valeurs spécifiques des déperditions d'accumulation de l'eau chaude sanitaire $q_{ww,s}$ à l'intérieur de l'enveloppe thermique

A l'extérieur de l'enveloppe thermique						
A_n (m ²)	Ballon d'eau chaude chauffé indirectement	Radiateur électrique à accumulation de nuit	Radiateur électrique à accumulation de jour	1 petit réservoir électrique pour 80m ²	Accumulateur solaire mixte	Réservoir d'eau chaude sanitaire chauffé au gaz
≤100	6,50	5,50	3,40	1,50	4,30	21,30
150	4,80	4,40	2,70	1,50	3,10	18,00
200	3,80	3,80	2,30	1,50	2,40	16,10
300	2,80	3,10	1,80	1,50	1,70	14,00
500	1,90	2,40	1,40	1,50	1,90	11,90
750	1,40	2,00	1,10	1,50	1,40	10,50
1.000	1,10	1,90	1,00	1,50	1,10	10,20
1.500	1,00	1,70	0,80	1,50	1,00	8,60
2.500	0,90	1,40	0,60	1,50	0,90	7,30
5.000	0,70	1,10	0,50	1,50	0,70	6,00
≥10.000	0,50	0,90	0,40	1,50	0,50	4,90

Tableau 40 – Valeurs spécifiques des déperditions d'accumulation de l'eau chaude sanitaire $q_{ww,s}$ à l'extérieur de l'enveloppe thermique

Le besoin en **énergie auxiliaire** $q_{ww,Hilf,S}$ pour les systèmes mentionnés ci-dessus sont indiqués dans le tableau ci-après sous la forme de grandeurs en fonction de la surface en kWh/m²a. Les valeurs sont indépendantes de la surface de référence énergétique et de l'emplacement de l'installation.

Valeur spécifique du besoin en énergie auxiliaire, accumulation d'eau chaude sanitaire $q_{ww,Hilf,S}$ (kWh/m ² a)						
A_n (m ²)	Ballon d'eau chaude chauffé indirectement ¹⁾	Radiateur électrique à accumulation de nuit	Radiateur électrique à accumulation de jour	1 petit réservoir électrique pour 80m ²	Accumulateur solaire mixte	Réservoir d'eau chaude sanitaire chauffé au gaz
≤100	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
150	0,08					
200	0,07					
300	0,05					
500	0,04					
750	0,04					
1.000	0,03					
1.500	0,03					
2.500	0,03					
5.000	0,04					
≥10.000	0,04					

1) Lorsque la pompe fait partie intégrante de l'installation de production de chaleur, alors $q_{ww,Hilf,S} = 0$

Tableau 41 – Valeurs spécifiques du besoin en énergie auxiliaire, accumulation d'eau chaude sanitaire
 $q_{ww,Hilf,S}$

6.4 Paramètres caractéristiques des installations de chauffage et de production d'eau chaude sanitaire pour les bâtiments existants

Pour le calcul du besoin en énergie finale de la production de chaleur de chauffage et d'eau chaude sanitaire, les tableaux ci-après peuvent être utilisés. Alternativement, il est possible de réaliser le calcul conformément à la norme DIN 4701-12. La méthode permet de calculer la dépense en énergie nécessaire à l'approvisionnement en chaleur et la production d'eau chaude sanitaire du bâtiment jusqu'à la transmission de chaleur dans le local d'un bâtiment. Elle comprend les déperditions susceptibles de se produire lors de la production, de l'accumulation, de la distribution et de la transmission. Les **facteurs de dépense** mentionnés dans les tableaux suivants contiennent toutes les parts de déperditions dues à la **distribution**, à l'**accumulation** et à la **transmission**. Un calcul séparé des déperditions de chaleur de la distribution, de la production, de l'accumulation et de la transmission n'a pas lieu, étant donné qu'elles sont déjà comprises dans les facteurs de dépense.

Tous les facteurs de dépense des installations $e_{E,H}$ et $e_{E,WW}$ sont indiqués dans les tableaux en fonction de l'âge de l'installation, du système utilisé et, le cas échéant, du besoin spécifique en chaleur de chauffage q_H du bâtiment. Pour le calcul de la valeur spécifique du besoin en énergie finale nécessaire à la production d'eau chaude sanitaire, on distingue entre bonne isolation thermique des conduites et isolation thermique modérée des conduites. L'expert est tenu, dans le cadre de l'état de lieu du bâtiment par d'évaluer l'isolation thermique des conduites. En présence de plusieurs installations de production de chaleur et à partir d'un taux de couverture $\geq 20\%$ au besoin annuel de chaleur de chauffage, il faut réaliser une analyse différenciée de la production énergétique. Lorsque ce taux de couverture au besoin annuel de chaleur de chauffage est $< 20\%$, il n'est pas nécessaire de réaliser une analyse différenciée des différentes installations de production de chaleur; uniquement l'installation de production de chaleur présentant le taux de couverture le plus élevé au besoin annuel en chaleur de chauffage doit être considérée. Les taux de couverture sont déterminés conformément au chapitre 6.3.1.1. A cet effet, les facteurs de dépense $e_{E,H,i}$ des tableaux 42 à 49 sont utilisés. Les cheminées, les poêles en faïence ou les poêles individuels dans le bâtiment ou dans les locaux ne sont pas pris en compte à moins qu'ils ne constituent le seul système de chauffage.

6.4.1 Facteur de dépense pour la production de chaleur de chauffage $e_{E,H}$

Facteur de dépense pour la production de chaleur de chauffage $e_{E,H}$ des installations présentant une isolation thermique modérée des conduites												
Valeur spécifique du besoin en chaleur de chauffage q_H en kWh/m²a			EFH					MFH				
			≤50	100	150	200	≥250	≤50	100	150	200	≥250
Chauffage central	Chaudière à température constante et à pellets	Jusqu'en 1986	1,99	1,72	1,61	1,54	1,50	1,73	1,52	1,43	1,37	1,34
		A partir de 1986	1,93	1,67	1,56	1,49	1,45	1,68	1,47	1,39	1,33	1,30
		A partir de 1995	1,87	1,62	1,51	1,45	1,41	1,63	1,43	1,35	1,30	1,26
	Chaudière à basse température	Jusqu'en 1986	1,84	1,59	1,49	1,42	1,39	1,68	1,48	1,39	1,33	1,30
		A partir de 1986	1,76	1,52	1,42	1,36	1,32	1,61	1,41	1,33	1,27	1,24
		A partir de 1995	1,67	1,45	1,35	1,29	1,26	1,55	1,36	1,27	1,23	1,20
	Chaudière à condensation au gaz	Jusqu'en 1995	1,61	1,39	1,30	1,24	1,21	1,49	1,31	1,23	1,18	1,15
		A partir de 1995	1,58	1,37	1,28	1,22	1,19	1,48	1,29	1,22	1,17	1,14
	Chaudière à bois		1,93	1,67	1,56	1,49	1,45	1,68	1,47	1,39	1,33	1,30
	Pompe à chaleur électrique	Air extérieur	0,75	0,62	0,57	0,54	0,53	0,72	0,61	0,56	0,54	0,52
		Sol	0,57	0,48	0,44	0,42	0,41	0,55	0,46	0,43	0,41	0,40
	Chauffage urbain / PCCE			1,52	1,32	1,23	1,18	1,15	1,46	1,28	1,20	1,16

Tableau 42 – Facteur de dépense pour la production de chaleur de chauffage des installations présentant une isolation thermique modérée des conduites

Facteur de dépense pour la production de chaleur de chauffage $e_{E,H}$ des installations présentant une bonne isolation thermique des conduites												
Valeur spécifique du besoin en chaleur de chauffage q_H en kWh/m²a			EFH					MFH				
			≤50	100	150	200	≥250	≤50	100	150	200	≥250
Chauffage central	Chaudière à température constante et à pellets	Jusqu'en 1986	1,61	1,49	1,44	1,41	1,40	1,41	1,33	1,29	1,27	1,26
		A partir de 1986	1,56	1,45	1,40	1,37	1,36	1,37	1,29	1,25	1,23	1,22
		A partir de 1995	1,51	1,40	1,36	1,33	1,32	1,33	1,25	1,22	1,20	1,19
	Chaudière à basse température	Jusqu'en 1986	1,49	1,38	1,33	1,31	1,29	1,37	1,29	1,25	1,23	1,22
		A partir de 1986	1,42	1,32	1,27	1,25	1,24	1,31	1,23	1,20	1,18	1,17
		A partir de 1995	1,35	1,25	1,21	1,19	1,18	1,26	1,18	1,15	1,14	1,12
	Chaudière à condensation au gaz	Jusqu'en 1995	1,30	1,20	1,17	1,14	1,13	1,22	1,14	1,11	1,09	1,08
		A partir de 1995	1,28	1,18	1,15	1,12	1,11	1,21	1,13	1,10	1,08	1,07
	Chaudière à bois		1,56	1,45	1,40	1,37	1,36	1,37	1,29	1,25	1,23	1,22
	Pompe à chaleur électrique	Extérieur	0,62	0,54	0,52	0,50	0,49	0,60	0,53	0,51	0,50	0,49
		Sol	0,47	0,42	0,40	0,39	0,38	0,45	0,41	0,39	0,38	0,38
Chauffage urbain / PCCE		1,23	1,14	1,10	1,08	1,07	1,19	1,28	1,09	1,07	1,06	

Tableau 43 – Facteur de dépense pour la production de chaleur de chauffage des installations présentant une bonne isolation thermique des conduites

Facteur de dépense pour la production de chaleur de chauffage $e_{E,H}$ des installations décentralisées		
Systèmes décentralisés	Chauffage à accumulation de nuit	1,02
	Réchauffeur de local au gaz	1,43
	Poêle à fioul	1,40
	Poêle à charbon	1,60
	Poêle à bois	1,60

Tableau 44 – Facteur de dépense pour la production de chaleur de chauffage des installations décentralisées

Valeur spécifique du besoin en énergie auxiliaire pour la production de chaleur, y comprises la distribution, l'accumulation et la transmission $Q_{Hilf,H}$ en kWh/m²a		
	EFH	MFH
Chauffage central	3,7	1,4
Système de chauffage décentralisé	0,0	0,0

Tableau 45 – Valeur spécifique du besoin en énergie auxiliaire pour la production de chaleur

6.4.2 Facteur de dépense pour la production d'eau chaude sanitaire $e_{E,WW}$

Facteur de dépense pour la production d'eau chaude sanitaire $e_{E,WW}$ des installations présentant une isolation thermique modérée des conduites						
			Sans installation solaire		Avec installation solaire	
			EFH	MFH	EFH	MFH
Système central	Sans circulation	Chaudière à température constante ou chaudière à bois	3,18	-	1,59	-
		Chaudière à basse température ou à condensation	2,41	-	1,2	-
		Pompe à chaleur électrique	0,88	-	0,44	-
		Chauffage urbain sans PCCE	1,59	-	0,79	-
		Chauffage urbain avec PCCE	1,59	-	0,79	-
		Réservoir électrique central	1,53	-	0,76	-
	Avec circulation	Chaudière à température constante ou chaudière à bois	4,13	3,33	2,07	2
		Chaudière à basse température ou à condensation	3,13	2,95	1,56	1,77
		Pompe à chaleur électrique	1,14	1,17	0,57	0,7
		Chauffage urbain sans PCCE	2,18	2,57	1,09	1,54
		Chauffage urbain avec PCCE	2,18	2,57	1,09	1,54
		Réservoir électrique central	2,1	2,47	1,05	1,48

Tableau 46 – Facteur de dépense pour la production d'eau chaude sanitaire $e_{E,WW}$ des installations présentant une isolation thermique modérée des conduites

Facteur de dépense pour la production d'eau chaude sanitaire $e_{E,WW}$ des installations présentant une bonne isolation thermique des conduites						
			sans installation solaire		avec installation solaire	
			EFH	MFH	EFH	MFH
Système central	Sans circulation	Chaudière à température constante ou chaudière à bois	2,62	-	1,31	-
		Chaudière à basse température ou à condensation	1,98	-	0,99	-
		Pompe à chaleur électrique	0,73	-	0,36	-
		Chauffage urbain sans PCCE	1,23	-	0,62	-
		Chauffage urbain avec PCCE	1,23	-	0,62	-
		Réservoir électrique central	1,19	-	0,59	-
	Avec circulation	Chaudière à température constante ou chaudière à bois	2,78	1,9	1,39	1,14
		Chaudière à basse température ou à condensation	2,1	1,68	1,05	1,01
		Pompe à chaleur électrique	0,77	0,67	0,38	0,4
		Chauffage urbain sans PCCE	1,33	1,44	0,67	0,86
		Chauffage urbain avec PCCE	1,33	1,44	0,67	0,86
		Réservoir électrique central	1,28	1,38	0,64	0,83

Tableau 47 – Facteur de dépense pour la production d'eau chaude sanitaire $e_{E,WW}$ des installations présentant une bonne isolation thermique des conduites

Facteur de dépense pour la production d'eau chaude sanitaire $e_{E,WW}$ des systèmes décentralisés			
		EFH	MFH
Système décentralisé	Petit réservoir électrique	1,41	1,41
	Chauffe-eau instantané électrique	1,24	1,24
	Chauffe-eau instantané au gaz	1,55	1,55

Tableau 48 – Facteur de dépense pour la production d'eau chaude sanitaire $e_{E,WW}$ des systèmes décentralisés

Valeur spécifique du besoin en énergie auxiliaire pour la production d'eau chaude sanitaire, y comprises la distribution, l'accumulation et la transmission $Q_{Hilf,WW}$ en kWh/m²a		
	EFH	MFH
central sans circulation	0,1	-
central avec circulation	1,4	0,5
décentralisé	0,0	0,0

Tableau 49 – Valeur spécifique du besoin en énergie auxiliaire pour la production d'eau chaude sanitaire, y comprises la distribution, l'accumulation et la transmission $Q_{Hilf,WW}$

6.5 Facteur de dépense en énergie primaire e_p

Facteur de dépense en énergie primaire e_p rapporté à l'énergie finale ($\text{kWh}_p/\text{kWh}_e$) ⁷		
Combustibles	Fioul (mazout) EL	1,10
	Gaz naturel H	1,12
	Gaz liquéfié	1,13
	Houille	1,08
	Lignite	1,21
	Copeaux de bois	0,06
	Bois de chauffage	0,01
	Pellets	0,07
	Biogaz	0,03
	Huile de colza	0,18
Electricité	Mix de l'électricité	2,66
(Règlement grand-ducal du 23 juillet 2016)		
	«Production d'électricité par une installation photovoltaïque	2,66»
PCCE décentralisée	avec du combustible renouvelable	0,00
	avec du combustible fossile	0,72
Chauffage urbain	par PCCE avec du combustible renouvelable	0,00
	par PCCE avec du combustible fossile	0,62
	de centrales thermiques avec du combustible renouvelable	0,25
	de centrales thermiques avec du combustible fossile	1,48

Tableau 50 – Facteurs de dépense en énergie primaire

6.6 Facteurs environnementaux e_{CO_2}

Facteurs environnementaux ⁸ e_{CO_2} rapportés à l'énergie finale ($\text{kgCO}_2/\text{kWh}_e$)		
Combustibles	Fioul (mazout) EL	0,300
	Gaz naturel H	0,246
	Gaz liquéfié	0,270
	Houille	0,439
	Lignite	0,452
	Copeaux de bois	0,035
	Bois de chauffage	0,014
	Pellets	0,021
	Biogaz	0,011
	Huile de colza	0,157
Electricité	Mix de l'électricité	0,651
(Règlement grand-ducal du 23 juillet 2016)		
	«Production d'électricité par une installation photovoltaïque	0,651»
PCCE décentralisée	avec du combustible renouvelable	0,000
	avec du combustible fossile	0,060
Chauffage urbain	par PCCE avec du combustible renouvelable	0,000
	par PCCE avec du combustible fossile	0,043

⁷ Pour le bois, le biogaz, l'huile de colza et les installations de chauffage avec une part d'énergie renouvelable, il correspond à la part non renouvelable.

⁸ Pour les facteurs environnementaux e_{CO_2} , il s'agit des équivalents CO_2 .

	de centrales thermiques avec du combustible renouvelable	0,066
	de centrales thermiques avec du combustible fossile	0,328

Tableau 51 – Facteurs environnementaux

6.7 Pouvoir calorifique de différents vecteurs énergétiques e_i

Conversion d'une unité de consommation en (kWh/« unité »)				
Vecteur énergétique	Unité	e_i pouvoir calorifique supérieur H _s	e_i pouvoir calorifique inférieur H _i	Facteur F _{s,i}
Fioul (mazout) EL	1 litre	10,60 kWh/litre	9,90 kWh/litre	1,07
Gaz naturel H	1 Nm ³	11,33 kWh/m ³	10,20 kWh/m ³	1,11
Gaz liquéfié	1 kg	13,85 kWh/kg	12,80 kWh/kg	1,08
Houille	1 kg	8,98 kWh/kg	8,70 kWh/kg	1,03
Lignite	1 kg	5,89 kWh/kg	5,50 kWh/kg	1,07
Copeaux de bois	1 Sm ³	1.060 kWh/Sm ³	950 kWh/Sm ³	1,12
Bois de chauffage	1 rm	1.780 kWh/rm	1.595 kWh/rm	1,12
Pellets	1 kg	4,90 kWh/Kg	4,50 kWh/Kg	1,09
Biogaz	1 Nm ³	7,20 kWh/m ³	6,50 kWh/m ³	1,11
Huile de colza	1 litre	10,20 kWh/litre	9,50 kWh/litre	1,07
Chauffage urbain, électricité, énergies renouvelables	1 kWh	1 kWh/kWh	1 kWh/kWh	1,00

Tableau 52 – Pouvoir calorifique de différents vecteurs énergétiques

6.8 Rayonnement global et températures mensuelles moyennes

Mois	Sud	Sud-ouest	Ouest	Nord-ouest	Nord	Nord-est	Est	Sud-est	Horizontale	Température extérieure [°C]
Janvier	48	33	23	19	15	18	22	32	29	0,0
Février	99	68	47	36	28	37	48	69	63	1,1
Mars	104	85	69	51	38	50	65	82	100	4,0
Avril	116	106	96	69	49	68	94	104	154	7,5
Mai	114	117	120	92	70	92	122	118	197	11,8
Juin	109	115	121	95	75	98	128	118	221	14,9
Juillet	119	124	130	100	77	99	128	123	216	16,9
Août	121	115	109	80	58	79	107	114	180	16,4
Septembre	119	102	87	60	42	58	80	98	130	13,4
Octobre	97	72	54	37	26	36	50	70	75	9,1
Novembre	62	39	24	18	14	19	26	40	37	3,8
Décembre	48	30	19	14	11	14	18	29	24	1,0

Tableau 53 – Intensité énergétique moyenne mensuelle du rayonnement solaire total en fonction de l'orientation de la surface $I_{S,M,r}$ [W/m²] sur une surface verticale et températures extérieures moyennes par mois $\vartheta_{e,M}$ [°C] pour le climat de référence du Luxembourg

7 SOMMAIRE DES ILLUSTRATIONS ET DES TABLEAUX

«(...)» (*supprimé par le Règlement grand-ducal du 23 juillet 2016*)