

## Annexe A1 - Méthode PER

### MÉTHODE DE DÉTERMINATION DU NIVEAU DE CONSOMMATION D'ÉNERGIE PRIMAIRE DES BATIMENTS RESIDENTIELS (Méthode PER)

#### Table des matières

1	REFERENCES NORMATIVES
2	DEFINITIONS
3	SYMBOLES, ABREVIATIONS ET INDICES
3.1	Symboles et abréviations
3.2	Indices
4	STRUCTURE DE LA METHODE
5	SCHEMATISATION DU BATIMENT
5.1	Principe
5.2	Subdivision du bâtiment
5.3	Subdivision de l'unité PER' en secteurs énergétiques
5.3.1	<i>Principe</i>
5.3.2	<i>Division en zones de ventilation et en secteurs énergétiques</i>
5.3.3	<i>Volume et surfaces des parois d'un secteur énergétique</i>
5.3.4	<i>Absence de système de chauffage</i>
6	INDICATEURS DE CONSOMMATION D'ENERGIE PRIMAIRE
6.1	Niveau de consommation d'énergie primaire
6.2	Consommation spécifique annuelle d'énergie primaire
7	BESOINS NETS EN ENERGIE POUR LE CHAUFFAGE ET L'EAU CHAUDE SANITAIRE
7.1	Principe
7.2	Besoins mensuels nets en énergie pour le chauffage des locaux par secteur énergétique
7.3	Besoins mensuels nets en énergie pour l'eau chaude sanitaire
7.4	Déperditions de chaleur mensuelles par transmission et ventilation
7.4.1	<i>Principe</i>
7.4.2	<i>Règle de calcul</i>
7.5	Gains de chaleur mensuels par ensoleillement et par production interne de chaleur
7.6	Taux d'utilisation des gains de chaleur mensuels
7.7	Coefficient de transfert thermique par transmission
7.7.1	<i>Principe</i>
7.7.2	<i>Règle de calcul</i>
7.8	Coefficient de transfert thermique par ventilation
7.8.1	<i>Principe</i>
7.8.2	<i>Règle de calcul</i>
7.8.3	<i>Coefficient de déperdition de chaleur par in/exfiltration</i>
7.8.4	<i>Coefficient de déperdition de chaleur par ventilation hygiénique</i>
7.8.5	<i>Coefficient de déperdition de chaleur par surventilation</i>
7.8.6	<i>Coefficient de déperdition de chaleur par ventilation par l'ouverture manuelle des parties ouvrantes</i>
7.9	Gains de chaleur internes mensuels
7.9.1	<i>Principe</i>

- 7.9.2 Règle de calcul
- 7.10 Gains solaires mensuels
  - 7.10.1 Principe
  - 7.10.2 Règle de calcul
  - 7.10.3 Gains solaires par une fenêtre
  - 7.10.4 Gains solaires par un système d'énergie solaire passive non ventilé
- 8 RISQUE DE SURCHAUFFE ET REFROIDISSEMENT
  - 8.1 Principe
  - 8.2 Détermination de l'indicateur de surchauffe
  - 8.3 Probabilité conventionnelle que du refroidissement actif soit installé
  - 8.4 Refroidissement
- 9 BESOINS BRUTS EN ENERGIE POUR LE CHAUFFAGE ET L'EAU CHAUDE SANITAIRE
  - 9.1 Préambule
  - 9.2 Besoins mensuels bruts en énergie pour le chauffage:
    - 9.2.1 Principe
    - 9.2.2 Rendement mensuel moyen du système
  - 9.3 Besoins mensuels bruts en énergie pour l'eau chaude sanitaire:
    - 9.3.1 Principe
    - 9.3.2 Rendement du système pour l'eau chaude sanitaire
- 10 CONSOMMATION FINALE D'ENERGIE POUR LE CHAUFFAGE, L'EAU CHAUDE SANITAIRE ET LE REFROIDISSEMENT
  - 10.1 Préambule
  - 10.2 Consommation finale mensuelle d'énergie pour le chauffage des locaux
    - 10.2.1 Principe
    - 10.2.2 Règle de calcul
    - 10.2.3 Rendement de production pour le chauffage des locaux et l'humidification
  - 10.3 Consommation finale mensuelle d'énergie pour l'eau chaude sanitaire
    - 10.3.1 Principe
    - 10.3.2 Règle de calcul
    - 10.3.3 Rendement de production pour l'eau chaude sanitaire
  - 10.4 Contribution énergétique utile mensuelle d'un système d'énergie solaire thermique
    - 10.4.1 Chauffage des locaux et eau chaude sanitaire
    - 10.4.2 Eau chaude sanitaire
  - 10.5 Consommation d'énergie mensuelle équivalente pour le refroidissement
- 11 CONSOMMATION MENSUELLE D'ENERGIE DES AUXILIAIRES
  - 11.1 Consommation mensuelle d'énergie pour les fonctions auxiliaires
    - 11.1.1 Principe
    - 11.1.2 Règle de calcul pour la consommation d'énergie électrique des auxiliaires pour le chauffage des locaux
    - 11.1.3 Règle de calcul de la consommation d'énergie des veilleuses
  - 11.2 Consommation mensuelle d'électricité des ventilateurs
    - 11.2.1 Principe
    - 11.2.2 Ventilateurs qui servent uniquement pour une ventilation volontaire
    - 11.2.3 Ventilateurs qui servent au chauffage par air (en combinaison ou non avec une ventilation volontaire)
  - 11.3 Consommation mensuelle d'électricité pour le pré-refroidissement de l'alimentation en air
    - 11.3.1 Consommation mensuelle d'électricité de l'échangeur sol-eau
    - 11.3.2 Consommation mensuelle d'électricité pour le refroidissement par évaporation

12 PRODUCTION MENSUELLE D'ELECTRICITE DE SYSTEMES D'ENERGIE SOLAIRE  
PHOTOVOLTAÏQUE SUR SITE ET DE COGENERATION SUR SITE

12.1 Systèmes d'énergie solaire photovoltaïque

12.1.1 *Principe*

12.1.2 *Règle de calcul*

12.1.3 *Facteur de correction pour l'ombrage*

12.2 Cogénération

12.2.1 *Principe*

12.2.2 *Production d'électricité*

13 CONSOMMATION D'ENERGIE PRIMAIRE

13.1 Préambule

13.2 La consommation caractéristique annuelle d'énergie primaire

13.3 La consommation d'énergie primaire pour le chauffage des locaux

13.4 La consommation d'énergie primaire pour la préparation d'eau chaude  
sanitaire

13.5 La consommation d'énergie primaire des auxiliaires

13.6 La consommation équivalente d'énergie primaire pour le  
refroidissement

13.7 L'économie d'énergie primaire résultant de la production  
d'électricité des systèmes d'énergie solaire photovoltaïque sur site

13.8 L'économie d'énergie primaire résultant de la production  
d'électricité d'une installation de cogénération sur site

ANNEXE A : TRAITEMENT DES ESPACES ADJACENTS NON CHAUFFES

ANNEXE B : LE DEBIT DE VENTILATION VOLONTAIRE

ANNEXE C : L'ENSOLEILLEMENT MENSUEL

ANNEXE D : LE RENDEMENT D'EMISSION

ANNEXE E : LES DEPERDITIONS DE DISTRIBUTION

ANNEXE F : RAPPORT DU POUVOIR CALORIFIQUE INFERIEUR SUR LE POUVOIR CALORIFIQUE  
SUPERIEUR DE DIFFERENTS COMBUSTIBLES

ANNEXE G : DETERMINATION DU RENDEMENT THERMIQUE D'UN RECUPERATEUR DE CHALEUR

## MÉTHODE DE DÉTERMINATION DU NIVEAU DE CONSOMMATION D'ÉNERGIE PRIMAIRE DES BATIMENTS RESIDENTIELS

### Avant-propos

#### Nomenclature des annexes

Dans tout le texte de la présente annexe, les nomenclatures suivantes sont utilisées pour désigner les annexes de l'AGW du 15/05/2014 :

- Annexe PER, pour l'annexe A1 « Méthode de détermination du niveau de consommation d'énergie primaire des bâtiments résidentiels » ;
- Annexe BSE, pour l'annexe A2 « Méthode de détermination du niveau de consommation d'énergie primaire des immeubles de bureaux et de services et des bâtiments destinés à l'enseignement » ;
- Annexe DRT, pour l'annexe B1 « Document de référence pour les pertes par transmissions » ;
- Annexe NC, pour l'annexe B2 « Traitement des nœuds constructifs » ;
- Annexe U/R, pour l'annexe C1 « Valeurs U maximales admissibles ou valeurs R minimales à réaliser » ;
- Annexe VHR, pour l'annexe C2 « Dispositifs de ventilation dans les bâtiments résidentiels » ;
- Annexe VHN, pour l'annexe C3 « Dispositifs de ventilation des immeubles non résidentiels » ;
- Annexe SCT°, pour l'annexe E « Détermination des amendes administratives ».

#### Introduction

La présente annexe PER décrit la méthode de détermination du niveau de consommation d'énergie primaire (niveau  $E_w$ ) d'un bâtiment résidentiel. Le niveau  $E_w$  tient compte à la fois du bâtiment et des installations de chauffage, de ventilation, d'eau chaude sanitaire, de refroidissement ainsi que de l'utilisation d'une énergie durable. Cette combinaison de possibilités constructives, de choix au niveau des techniques d'installation et de production d'énergie durable permet à l'auteur de projet d'adopter les moyens les plus appropriés pour satisfaire aux exigences imposées.

Le Ministre peut définir des spécifications complémentaires pour déterminer l'impact des atria ou des doubles façades ventilées sur les performances énergétiques d'une unité PEB.

### 1 Références normatives

Les annexes PER, BSE, U/R et NC de cet arrêté font référence aux normes suivantes. Seule la version de norme portant la date mentionnée est d'application, à moins que le Ministre ne signale explicitement son remplacement par une autre version.

ARI Standard 560:2000	Absorption water chilling and water heating packages (ARI: Air-Conditioning and Refrigeration Institute)
ISO 15099:2003	Thermal performance of windows, doors and shading devices - Detailed calculations
NBN D 50-001:1991	Dispositifs de ventilation dans les bâtiments d'habitation
NBN EN 308:1997	Heat exchangers - Test procedures for establishing performance of air to air and flue gases heat recovery devices
NBN EN 410:2011	Glass in building - Determination of luminous and solar characteristics of glazing
NBN EN 1027:2000	Windows and doors - Watertightness - Test method

NBN EN 12309-2:2000	Gas-fired absorption and adsorption air-conditioning and/or heat pump appliances with a net heat input not exceeding 70 kW - Part 2: Rational use of energy
NBN EN 13141-1:2004	Ventilation for buildings - Performance testing of components/products for residential ventilation - Part 1: Externally and internally mounted air transfer devices.
NBN EN 13363-1:2007	Solar protection devices combined with glazing. Calculation of solar and light transmittance - Part 1: Simplified method
NBN EN 13363-2:2005	Solar protection devices combined with glazing - Calculation of solar and light transmittance - Part 2: Detailed calculation method
NBN EN 13829:2001	Thermal performance of buildings - Determination of air permeability of buildings - Fan pressurization method
NBN EN 14134:2004	Ventilation for buildings - Performance testing and installation checks of residential ventilation systems
NBN EN 14511:2011	Air conditioners, liquid chilling packages and heat pumps with electrically driven compressors for space heating and cooling
NBN EN 15251:2007	Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics
NBN EN 60034-1:2010	Rotating electrical machines - Part 1: Rating and performance
NBN EN 60904-1:2007	Photovoltaic devices - Part 1: measurement of photovoltaic current-voltage characteristics.
NBN EN ISO 10211:2008	Thermal bridges in building construction - Heat flows and surface temperatures - Detailed calculations
NBN EN ISO 12241:1998	Thermal insulation for building equipment and industrial installations - Calculation rules
NBN EN ISO 13789:2008	Thermal performance of buildings - Transmission and ventilation heat transfer coefficients - Calculation method
NBN EN ISO 13790:2004	Thermal performance of buildings - Calculation of energy use for heating (supersedes EN 832)
NBN EN ISO 14683:2008	Thermal bridges in building construction - Linear thermal transmittance - Simplified methods and default values

## 2 Définitions

- **Bâtiment résidentiel** : bâtiment ou partie de bâtiment destiné au logement individuel ou collectif avec occupation permanente ou temporaire.
- **Immeuble de bureaux et de services** : tout bâtiment ou partie de bâtiment affecté, à titre principal, à une des activités suivantes :
  - travaux de gestion ou d'administration d'une entreprise, d'un service public, d'un indépendant ou d'un commerçant ;
  - exercice d'une profession libérale ;
  - activités des entreprises de services.
- **Bâtiment destiné à l'enseignement** : bâtiment ou partie de bâtiment qui est destiné aux activités d'un établissement d'enseignement ou d'un centre psycho-médico-social, à l'exception des locaux affectés à l'hébergement, tels que les internats.
- **Besoins nets en énergie pour le chauffage** : énergie qui serait nécessaire pour maintenir le volume protégé à température intérieure pendant une certaine période (en l'occurrence 1 mois dans la présente annexe) en cas d'utilisation d'une installation avec un rendement égal à 1 pour le système et la production.
- **Besoins bruts en énergie pour le chauffage des locaux** : énergie transmise au système de distribution (ou au système de stockage) de chaleur destinée au chauffage des locaux par l'installation de production de chaleur destinée au chauffage.
- **Besoins nets en énergie pour l'eau chaude sanitaire** : énergie qui serait nécessaire pour amener l'eau chaude sanitaire à la température souhaitée pendant une certaine période (en l'occurrence 1 mois dans la présente annexe) en cas d'utilisation d'une installation avec un rendement égal à 1 pour le système et la production.
- **Besoins bruts en énergie pour l'eau chaude sanitaire** : énergie transmise au système de distribution d'eau chaude sanitaire par l'installation de production de chaleur destinée à l'eau chaude sanitaire.
- **Chauffage central** : installation de chauffage où un fluide caloporteur transporte la chaleur produite à plus d'un espace à l'intérieur du volume protégé.
- **Chauffage collectif** : installation destinée au chauffage de plus d'une unité PEB.
- **Chauffage local** : installation de chauffage où la chaleur est émise dans l'espace où elle est produite.
- **Paroi extérieure** : construction ou partie de construction qui constitue la séparation entre le volume protégé et l'air extérieur, le sol ou l'eau.
- **Paroi intérieure** : construction ou partie de construction qui sépare le volume protégé et un espace adjacent chauffé ou non.
- **Coefficient de déperditions de chaleur par transmission** : déperditions de chaleur par transmission à travers un ensemble de parois pour une différence de température de 1 Kelvin entre les ambiances qu'elles séparent.
- **Coefficient de déperditions de chaleur par ventilation** : déperditions de chaleur pour une différence de température de 1 Kelvin résultant du réchauffement du débit d'air qui pénètre dans le volume protégé par ventilation et par infiltration par unité de temps.
- **Coefficient de performance (COP)** : rapport entre la puissance de chauffe et la puissance absorbée d'une pompe à chaleur (coefficient of performance).
- **Facteur de performance saisonnier** : rapport entre la chaleur émise et l'énergie consommée avec une pompe à chaleur pendant une certaine période.
- **Coefficient de transmission thermique** : transmission thermique à travers un élément de construction plan, par unité de surface, unité de temps et unité de différence de température, entre les ambiances des deux côtés de l'élément. Les ponts thermiques linéaires sont caractérisés par un coefficient de transmission thermique linéaire, et les ponts thermiques

ponctuels le sont par un coefficient de transmission thermique ponctuelle. Ces deux grandeurs indiquent la quantité de chaleur supplémentaire perdue par unité de temps et unité de différence de température à travers un mètre courant de pont thermique linéaire ou un pont thermique ponctuel en comparaison de la transmission de chaleur à travers une construction plane de référence ne présentant pas de ponts thermiques.

- **Cogénération (PCCE - production combinée de chaleur et d'électricité) :** production combinée d'électricité et de chaleur pour laquelle la fourniture de chaleur reste limitée aux bâtiments de la même parcelle et la chaleur totale à fournir par l'installation peut être établie sans équivoque.
- **Consommation d'énergie finale pour le chauffage :** énergie finale nécessaire pour couvrir les besoins bruts en énergie pour le chauffage.
- **Consommation d'énergie finale pour l'eau chaude sanitaire :** énergie finale nécessaire pour couvrir les besoins bruts en énergie pour l'eau chaude sanitaire.
- **Consommation caractéristique annuelle d'énergie primaire :** consommation annuelle d'énergie primaire pour le chauffage des locaux, la production d'eau chaude sanitaire, le refroidissement (fictif), les auxiliaires ainsi que l'éclairage dans le cas des bureaux et des écoles, calculée selon la méthode décrite dans la présente annexe pour les bâtiments résidentiels et dans l'annexe A2 au présent arrêté pour les immeubles de bureaux et les écoles. L'économie d'énergie primaire procurée par l'électricité auto produite à l'aide d'un système photovoltaïque ou d'une installation de cogénération est décomptée.
- **Débit de ventilation :** quantité d'air extérieur amenée par ventilation par unité de temps.
- **Débit d'infiltration/exfiltration :** quantité d'air extérieur qui pénètre par infiltration dans le volume protégé ou dans un secteur énergétique par unité de temps.
- **Déperditions de chaleur par transmission :** déperditions de chaleur résultant de la transmission de chaleur.
- **Déperditions de chaleur par ventilation :** déperditions de chaleur résultant du réchauffement du débit de ventilation et d'infiltration dans le volume protégé jusqu'à obtention de la température intérieure imposée par l'annexe.
- **Déperditions de chaleur :** quantité de chaleur que perd en moyenne le volume protégé par unité de temps.
- **Espace adjacent chauffé :** espace adjacent situé à l'intérieur d'un volume protégé. Pour la détermination de la performance énergétique, on suppose qu'il n'y a pas d'échange de chaleur avec ce genre d'espaces. On peut distinguer 3 contextes différents :
  - Espace chauffé adjacent au volume protégé considéré. Par exemple un espace situé à l'intérieur du volume protégé d'un bâtiment existant sur une parcelle attenante ou à l'intérieur du volume protégé d'une partie de bâtiment existante sur la même parcelle. Ce dernier cas peut s'appliquer, par exemple, lors de l'agrandissement d'un bâtiment.
  - Espace chauffé adjacent à l' 'unité PEB' considérée. Par exemple:
    - un espace situé dans une 'unité PEB' adjacente (à l'intérieur du même volume protégé);
    - un autre espace (auquel aucune exigence de performance énergétique n'est imposée) situé à l'intérieur du même volume protégé (par exemple une cage d'escalier commune dans un immeuble à appartements...);
    - un espace situé dans un volume protégé adjacent.
  - Espace chauffé adjacent au secteur énergétique considéré. Par exemple:
    - un espace situé dans un secteur énergétique adjacent (à l'intérieur de la même 'unité PEB');
    - un espace situé dans une 'unité PEB' adjacente;
    - un autre espace situé à l'intérieur du même volume protégé;
    - un espace situé dans un volume protégé adjacent.

REMARQUE : voir également 5.2 en ce qui concerne les conventions relatives aux espaces situés dans des bâtiments ou parties de bâtiments existants adjacents.

- **Espace adjacent non chauffé** : espace adjacent situé en-dehors d'un volume protégé et qui est non chauffé.
- **Facteur solaire d'un vitrage** : rapport entre le flux d'ensoleillement qui pénètre par un vitrage et le flux d'ensoleillement qui frappe le vitrage. Le facteur solaire inclut aussi bien la transmission directe et diffuse que les gains indirects résultant de l'absorption du flux d'ensoleillement. La comparaison entre systèmes de vitrage utilise le rayonnement direct sur une surface perpendiculaire aux rayons du soleil pour des raisons de technique de mesure.
- **Fenêtre** : paroi (partiellement) translucide.
- **Fluide caloporteur** : liquide ou gaz avec lequel de l'énergie thermique est déplacée d'un endroit à un autre, par exemple l'eau dans un circuit de radiateurs ou une solution antigel dans l'échangeur de chaleur d'une pompe à chaleur.
- **Fourniture de chaleur externe** : fourniture de chaleur qui n'est pas produite sur la même parcelle.
- **Gains de chaleur** : somme des gains solaires qui pénètrent dans le volume protégé par les parois transparentes/translucides et de la production interne de chaleur.
- **Niveau de consommation d'énergie primaire** : rapport entre la consommation caractéristique annuelle d'énergie primaire du volume protégé et une consommation caractéristique annuelle d'énergie primaire de référence, multiplié par 100.
- **Opaque** : qui s'oppose au passage des rayons du soleil (par opposition à 'transparent/translucide')
- **Perméabilité caractéristique à l'air** : débit d'air pour une différence de pression de 50 Pa, déduit de la courbe caractéristique pression / débit du bâtiment résidentiel considéré ou calculé suivant la méthode par défaut indiquée dans le présent règlement.
- **Production de chaleur interne** : chaleur dégagée par les personnes, l'éclairage, les ventilateurs, les pompes et tous les autres appareils à l'intérieur du volume protégé.
- **Puissance électrique maximale d'un moteur électrique (ou d'une combinaison moteur électrique - ventilateur)** : c'est la puissance électrique maximale que le moteur électrique (ou la combinaison moteur électrique - ventilateur) peut absorber en régime continu, y compris le cas échéant tous les éléments auxiliaires. La puissance électrique est dès lors mesurée à hauteur de l'alimentation du réseau. Le régime continu est défini dans la norme NBN EN 60034-1 (Duty type S1).
- **Rendement à charge partielle** : rendement de production d'une installation à charge partielle.
- **Rendement à pleine charge** : rendement de production d'une installation de production de chaleur à la puissance nominale.
- **Rendement de distribution** : fraction de la chaleur ou du froid produit, effectivement fournie aux éléments de chauffage. Si, dans le cas d'une production sur site, l'appareil de production ne se trouve pas dans le bâtiment, le rendement de distribution inclut également les déperditions de chaleur des conduites entre l'endroit de production et le bâtiment.
- **Rendement de production** : rapport entre la chaleur fournie par un appareil producteur de chaleur et l'énergie utilisée.
- **Rendement du système** : fraction de la chaleur utile produite effectivement utilisée. Le rendement du système est subdivisé en rendement de distribution et rendement d'émission.
- **Rendement d'un système d'énergie solaire thermique** : rapport entre la contribution énergétique mensuelle utile et l'énergie que le soleil fournit chaque mois au système.
- **Secteur énergétique** : partie du volume protégé dotée d'installations techniques homogènes. Les bâtiments résidentiels comportent, dans la plupart des cas, un seul secteur énergétique qui correspond au volume protégé.
- **Surface d'utilisation** : la surface au sol, déterminée tel que prescrit au chapitre 2 de l'annexe A2 au présent arrêté.



- **Surface utile totale** : somme des surfaces des différents niveaux du bâtiment calculées entre les murs ou parois extérieurs, l'épaisseur de ces murs ou parois n'est pas prise en compte dans cette somme.
- **Surface totale de plancher chauffée ou climatisée (Ach)** : la somme des surfaces de planchers de chaque niveau de la construction situés dans le volume protégé, mesurées entre les faces externes des murs extérieurs. Sont comptabilisées les surfaces présentant une hauteur sous plafond minimale de 1,50 m, pour autant que l'espace considéré présente au moins en un point une hauteur minimale de 2,20 m.
- **Système d'énergie solaire photovoltaïque** : dispositif qui capte l'énergie solaire et la transforme en électricité.
- **Système d'énergie solaire thermique** : dispositif qui capte l'énergie solaire et la convertit en chaleur.
- **Taux d'utilisation des gains de chaleur** : fraction des gains de chaleur procurés par l'ensoleillement et les sources internes, qui réduit les besoins nets en énergie pour le chauffage du volume protégé.
- **Température extérieure** : température moyenne de l'air extérieur mesurée sur une période donnée, en l'occurrence 1 mois dans la présente annexe.
- **Transparent/translucide** : qui laisse passer en tout ou en partie les rayons du soleil (par opposition à opaque)
  - Transparent : qui permet de distinguer avec netteté les objets vus au travers.
  - Translucide : qui ne permet pas de distinguer avec netteté les objets.
- **Ventilation mécanique** : ventilation réalisée par un ou plusieurs ventilateurs.
- **Ventilation naturelle** : ventilation réalisée sous l'effet du vent et de la différence de température entre l'air extérieur et l'air intérieur.
- **Unité PEB** : bâtiment ou partie de bâtiment dont la performance énergétique est évaluée. On distingue 2 types:
  - Unité PER: unité résidentielle dont la performance énergétique est évaluée selon la présente annexe.
  - Unité PEN : unité de type bureaux ou école dont la performance énergétique est déterminée selon l'annexe A2 au présent arrêté (Méthode de détermination du niveau de consommation d'énergie primaire des immeubles de bureaux et de services et des bâtiments destinés à l'enseignement)
- **Volume protégé** : volume de tous les espaces d'un bâtiment qui est protégé, du point de vue thermique, de l'environnement extérieur (air ou eau), du sol et de tous les espaces adjacents qui ne font pas partie d'un volume protégé.
- **Zone de ventilation** : partie fermée d'une unité PEB, dotée d'un système indépendant de ventilation.

### 3 Symboles, abréviations et indices

#### 3.1 Symboles et abréviations

Symbole	Signification	Unités
A	surface (projetée)	m <sup>2</sup>
A	air	-
B	largeur	m
B	fluide antigel (brine)	-
C	compacité	m
C	capacité thermique effective	J/K
COP	coefficient de performance d'une pompe à chaleur (coefficient of performance)	-
E	consommation caractéristique annuelle d'énergie primaire	MJ
E <sub>w</sub>	niveau de la consommation d'énergie primaire	-
EANC	espace adjacent non chauffé	-
EER	efficacité frigorifique (energy efficiency ratio)	-
F	facteur (de réduction)	-
H	coefficient de transfert thermique	W/K
I	ensoleillement	MJ/m <sup>2</sup>
I	indicateur (pour la surchauffe)	Kh
P	périmètre	m
P	puissance	W
P	pression	Pa
Q	quantité de chaleur ou d'énergie	MJ
R	résistance thermique	m <sup>2</sup> .K/W
RF	facteur de réduction	-
SPF	coefficient de performance saisonnière	-
U	tension	V
U	coefficient de transmission thermique	W/(m <sup>2</sup> .K)
V	volume	m <sup>3</sup>
$\dot{V}$	débit d'air, débit de ventilation	m <sup>3</sup> /h
W	quantité d'électricité	kWh
W	eau	-
a	coefficient, paramètre numérique, facteur d'utilisation	-
b	coefficient, paramètre numérique	-
c	facteur de correction	-
c	chaleur spécifique	J/(kg.K)
c	coefficient	-
d	épaisseur	m
f	facteur	-
g	facteur solaire	-
h	hauteur	m
l	longueur	m
m	facteur de multiplication	-
m	mensuel	-
n	taux de ventilation	h <sup>-1</sup>
q	flux de chaleur	W/m <sup>2</sup>
q	débit volumique	m <sup>3</sup> /h
r	facteur de réduction, facteur de correction	-
t	temps, pas de temps	s
z	profondeur	m
$\alpha$	coefficient d'absorption	-
$\alpha_h$	angle d'obstacle	degrés
$\alpha_v$	angles de saillie	degrés
$\alpha_{sL}, \alpha_{sR}$		
$\gamma$	rapport gains-déperditions	-

$\eta$	rendement	-
$\lambda$	rapport gains-déperditions, conductivité thermique	- , W/(m.K)
$\omega$	angle horaire	degrés
$\theta$	température	°C
$\Phi$	flux de chaleur, puissance	W
$\rho$	masse volumique	kg/m <sup>3</sup>
$\tau$	constante de temps	s
$\psi$	coefficient de transmission thermique linéaire	W/(m.K)
$\chi$	angle d'incidence	degrés
$\chi$	coefficient de transmission thermique ponctuelle	W/K

### 3.2 Indices

< signifie : dérivé de

a	année	f	utilisation
abs	en absence	k	nombre ordinal
adj	réglage (< adjustment)	kitchen	cuisine
AHU	caisson de traitement d'air (< air handling unit)	L	déperditions de chaleur (transmission + ventilation) (< loss)
al	couche d'air	l	linéaire
all	tous	leak	fuite, défaut d'étanchéité
ann	annuel	light	éclairage
annih	annihilation	m	nombre
app	appareil	m	mensuel (sur base mensuelle)
artif	artificiel	max	maximal
artif	zone d'éclairage artificiel	meas	mesuré
area			
as	système d'énergie solaire active (< active solar)	mech	mécanique
aux	(énergie) auxiliaire	min	minimal
ave	moyen	mod	modulant
b	eau dans chaudière	n	nombre
bath	salle de bains	nat	naturel
bf	sous-sol	net	net
boiler	chaudière	night	nuit
bw	mur de cave	nom	nominal
c	protection solaire	npref	non préférentiel
calc	calculé	on	sous tension
ch	chauffé	oper	en service
char	caractéristique		
circ	circulation, conduite de circulation	out	hors tension
cogen	cogénération	over	surventilation
cons	consommation	overh	surchauffe (< overheating)
construct	parois de la surface de	p	panneau
ions	déperdition		
cool	refroidissement	p	primaire
ctrl	contrôle	PER	'unité PER'
cw	mur-rideau	pref	préférentiel
D	vers air extérieur et eau	preh	préchauffage
D	porte	pres	présent
day	jour	prim	primaire
dayl	lumière du jour	ps	système d'énergie solaire passive
dayl area	zone de lumière du jour	pumps	pompes
dedic	volontaire	pv	photovoltaïque (< photovoltaic)
def	par défaut	r	nombre
demand	demande en énergie	r	rayonnement
depth	profondeur	rad	radiateur
design	conception	real	réel

dh	fourniture de chaleur externe (< district heating)	red, reduc	réduction
dif	diffus	ref	référence
dir	direct	refl	réflexion
distr	distribution	req	exigé
duct	gaine	return	retour
e	extérieur, externe	rm	(par) espace
eb	température extérieure de base	RTO (OAR)	bouche d'alimentation réglable
eff	effectif	s	soleil, ensoleillement
elec	électrique	se	flux de chaleur sortant de la construction
em	émission (< emission)	sec	secteur énergétique
En	énergie	setpoint	Point de consigne
equiv	équivalent	sh+wh	chauffage de l'air ambiant et de l'eau (< space heating + water heating)
excess	excédentaire	shad	ombragé (< shaded)
Exh	bouche d'évacuation	si	flux de chaleur entrant dans la construction
extr	extraction	sink	évier
f	plancher (< floor)	stack	gaine d'extraction
F	profilé de fenêtre (< frame)	stor	stockage
fan(s)	ventilateur(s)	supply	amenée, insuflation
final	consommation finale	switch	commutation
fitting	armature	sys	système (d'installation)
flow	débit	T	transmission
fl.h	chauffage par le sol	t	transparent
g	vitrage (< glazing)	test	en conditions d'essai
g	gains (de chaleur)(< gain)	th	thermique
g	sol (< ground)	thresh	valeur de seuil (< threshold)
gen	production	tubing	tuyauterie
gross	brut	U	espace adjacent non chauffé (< unheated)
h	rayonnement hémisphérique	unshad	non ombragé (< unshaded)
heat	chauffage (de l'espace)	util	utilisation
hr	récupération de chaleur (heat recovery)	V	ventilation
hor	horizontal	vent	ventilation
HP	pompe à chaleur (< heat pump)	vert	vertical
horshad	ombrage par l'horizon (< horizon shading)	w	fenêtre (< window)
hum	humidification	wall	façade
i	interne, ordinal	wall.h	chauffage mural
i	partie opaque	water	eau chaude sanitaire
in	entrant	wC	avec protection solaire (< with curtain)
in/exfilt	in/exfiltration	well	source
instal	installé	win	ouverture de fenêtre
int	intérieur	woC	sans protection solaire (< without curtain)
insul	isolation (< insulation)	ws	combinaison fenêtre & volet
j	nombre ordinal	x	vide sanitaire ou cave
junctions	nœuds constructifs	z	nombre ordinal

## 4 Structure de la méthode

La détermination de la consommation caractéristique annuelle d'énergie primaire et du niveau de consommation d'énergie primaire (niveau  $E_w$ ) s'effectue en plusieurs étapes.

Dans une première étape, on calcule les besoins énergétiques mensuels nets pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire. Ce calcul fait intervenir les déperditions par transmission, les déperditions par ventilation, les gains solaires, les gains de chaleur internes et la consommation d'eau chaude sanitaire. Les risques de surchauffe font l'objet d'un contrôle séparé.

Dans une deuxième étape, les besoins énergétiques mensuels nets pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire sont convertis en besoins énergétiques mensuels bruts. Cette conversion s'effectue en divisant les besoins nets par le rendement de système, respectivement de l'installation de chauffage et de l'installation d'eau chaude sanitaire.

Dans une troisième étape, on détermine la consommation (finale) mensuelle d'énergie pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire. Pour ce faire, on soustrait, le cas échéant, l'apport énergétique mensuel d'un système d'énergie solaire thermique des besoins bruts en énergie pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire. La différence ainsi obtenue est divisée par le rendement de production de l'installation de production de chaleur. Par ailleurs, on calcule aussi la consommation (finale) mensuelle d'énergie pour les fonctions auxiliaires et on détermine la consommation (finale) mensuelle d'énergie équivalente pour le refroidissement. Si de l'électricité est produite dans le bâtiment à l'aide d'un système d'énergie solaire photovoltaïque ou par cogénération, on calcule la production d'électricité caractéristique mensuelle.

Dans une quatrième étape, on calcule la consommation caractéristique annuelle d'énergie primaire. Pour ce faire, on commence par multiplier chacune des consommations finales mensuelles d'énergie (pour le chauffage, l'eau chaude sanitaire et les fonctions auxiliaires) par le facteur de conversion pour l'énergie primaire de la source d'énergie correspondante pour obtenir les consommations d'énergie primaires mensuelles. En ce qui concerne l'énergie auto produite, on calcule l'économie d'énergie primaire réalisée dans les centrales électriques en effectuant la multiplication par le facteur de conversion d'application. On additionne ensuite les consommations caractéristiques mensuelles d'énergie primaire sur les 12 mois de l'année, moins l'économie caractéristique mensuelle d'énergie primaire procurée par l'électricité auto produite.

Dans une cinquième étape, on calcule, sur la base de la consommation caractéristique annuelle d'énergie primaire, du volume protégé, de la surface totale de plancher chauffée ou climatisée ( $A_{ch}$ ) et de la surface à travers laquelle se produisent des déperditions par transmission ( $A_{T,E}$ ), le niveau de consommation d'énergie primaire (niveau  $E_w$ ).

A différentes étapes des calculs, on a le choix entre une 'approche simple' et un 'calcul plus détaillé'. L'approche simple repose sur des valeurs par défaut. Le calcul détaillé nécessite des données d'entrée supplémentaires et la fourniture d'informations par les entreprises.

## 5 Schématisation du bâtiment

### 5.1 Principe

La performance énergétique concerne souvent un sous-volume d'un bâtiment, selon, par exemple, que les espaces sont chauffés (et/ou refroidis) ou non, selon la

destination des différentes parties et la présence éventuelle de plusieurs unités d'habitation. C'est pourquoi, pour déterminer la performance énergétique, on subdivise par convention le bâtiment en différentes parties. Chaque sous-volume qui doit satisfaire en soi à une exigence de performance énergétique relative à un bâtiment résidentiel, est appelé 'unité PER'. Au besoin, on procède à une subdivision supplémentaire en zones de ventilation et en secteurs énergétiques afin de pouvoir intégrer correctement différents types d'installations dans les calculs.

Remarque :

La subdivision de l'ensemble du bâtiment considéré pour la détermination de la performance énergétique peut différer de la division à réaliser éventuellement pour l'exigence (les exigences) d'isolation thermique globale (destination industrielle ou non industrielle des différentes parties du bâtiment). On doit pour cela déterminer un (ou des) volume(s) K, défini comme la partie du volume protégé regroupant les destinations soumises à la même exigence d'isolation thermique globale (niveau K).

Une autre subdivision peut encore s'appliquer pour la conception des dispositifs de ventilation (voir annexes C2 et C3 au présent arrêté): le cas échéant, il faut distinguer les parties de bâtiment à destination résidentielle des parties de bâtiment à destination non-résidentielle.

## 5.2 Subdivision du bâtiment

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

- On définit le volume protégé (VP). Le VP doit comprendre au moins tous les espaces chauffés du bâtiment considéré ou de l'extension envisagée qui sont équipés d'éléments de chauffe et/ou de refroidissement (radiateurs, chauffage sol, bouches d'amenée d'air chaude, ventilo-convecteurs, etc.).
- On divise le volume protégé, selon le cas, en 1 ou plusieurs parties ayant chacune une des destinations suivantes :
  - partie de bâtiment destinée au logement : les exigences en matière de performance énergétique pour les bâtiments résidentiels sont d'application ;
  - destinations non résidentielles pour lesquelles les exigences en matière de performance énergétique sont d'application (voir annexe A2 au présent arrêté) ;
  - autres destinations.
- On considère la partie du volume protégé destinée à l'habitation. Au cas où cette partie dans son ensemble sert au logement individuel (par exemple habitation individuelle), l'ensemble de cette partie sera décrite par la suite comme 'unité PER'. Cette 'unité PER' doit satisfaire à l'exigence en matière de performance énergétique imposée aux bâtiments résidentiels. Au cas où plus d'une unité d'habitation individuelle se trouve dans cette partie (par exemple appartements individuels dans un immeuble à appartements), chaque unité d'habitation constitue en soi une 'unité PER' qui doit satisfaire à l'exigence en matière de performance énergétique imposée aux bâtiments résidentiels. Les parties collectives de ce genre d'immeuble (par exemple cage d'escalier et couloirs communs) ne sont pas prises en considération dans la détermination PE et ne doivent pas satisfaire à une exigence en matière de performance énergétique. (Mais d'autres exigences peuvent s'appliquer à ces parties collectives, par exemple des valeurs U maximum et la contribution au niveau K du bâtiment dans son ensemble). Seule la consommation d'énergie d'une 'unité PER' est considérée dans la présente méthode de détermination. Si nécessaire ou si souhaité, on divise ce volume en plusieurs secteurs énergétiques tel que décrit au 5.3.

Remarque :

Les espaces du bâtiment considéré ou de l'extension considérée, qui ne sont pas repris dans le volume protégé, sont donc non chauffés par définition.

## **IMPORTANT :**

### **Espaces adjacents chauffés**

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

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

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

### **5.3 Subdivision de l' 'unité PER' en secteurs énergétiques**

#### **5.3.1 Principe**

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

- appartenir à la même zone de ventilation ;
- être dotés du même type de système d'émission de chaleur (à moins que, dans le cas de chauffage central, l'on calcule avec le rendement d'émission le plus mauvais) ;
- et être chauffés par le même appareil producteur de chaleur (ou, le cas échéant, la même combinaison d'appareils producteurs de chaleur).

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

#### **5.3.2 Division en zones de ventilation et en secteurs énergétiques**

Généralement, dans une 'unité PER', il n'y a qu'une seule installation de ventilation, tous les espaces individuels sont chauffés de la même façon et un seul appareil central produit la chaleur. Dans ces cas, il n'est pas nécessaire de subdiviser l' 'unité PER' en sous-volumes : l'ensemble de l' 'unité PER' constitue alors la seule zone de ventilation et le seul secteur énergétique.

C'est uniquement quand plusieurs types d'installations sont présents (ce qui est beaucoup moins fréquent), qu'il faut effectuer une subdivision en secteurs énergétiques tel que décrit ci-dessous.

Les systèmes de ventilation sont subdivisés en 4 types différents (voir également les annexes C2 et C3 au présent arrêté):

- système A : ventilation naturelle,
- système B : ventilation mécanique simple flux par insufflation,
- système C : ventilation mécanique simple flux par extraction,
- système D : ventilation mécanique double flux.

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

Si on applique un chauffage local (par exemple chauffage à résistance électrique) dans un espace et que des éléments d'émission de chaleur d'un système de chauffage central y sont également présents, on ne tient pas compte

du système de chauffage central présent dans cet espace pour la détermination de la performance énergétique : on s'intéresse uniquement aux caractéristiques du système local. Mais en présence de feux ouverts ou de poêles à bois, c'est quand même le système de chauffage central qui est pris en considération.

Si différents espaces de la zone de ventilation sont chauffés de différentes façons (après application de la convention ci-dessus en matière de chauffage central et local combiné) de telle sorte que les différents systèmes tombent dans une autre catégorie du Tableau [6], il faut procéder à une subdivision en secteurs énergétiques. Mais cette subdivision n'est pas obligatoire en cas de chauffage central. Dans ce cas, on peut faire les calculs avec le rendement d'émission le plus faible du Tableau [6] dans tout le secteur énergétique et on ne peut plus opter pour la méthode de calcul détaillée selon l'annexe D de la présente annexe.

Enfin, le fait que plusieurs générateurs de chaleur centraux fournissent séparément de la chaleur à différentes parties de la zone de ventilation entraîne en principe une nouvelle subdivision en secteurs énergétiques. Mais cette subdivision n'est pas nécessaire si les générateurs de chaleur ont exactement le même rendement de production (par exemple dans le cas de l'utilisation de 2 chaudières de chauffage identiques pour différentes parties de la zone de ventilation).

(Les mêmes règles de subdivision s'appliquent également quand chaque partie de la zone de ventilation est chauffée par une combinaison de générateurs de chaleur centraux connectés en parallèle, au lieu d'un seul appareil.)

Il est permis de subdiviser l' 'unité PER' en un plus grand nombre de secteurs énergétiques, mais ce n'est pas obligatoire. Un plus grand nombre de secteurs énergétiques entraîne généralement davantage de travail de calcul (nécessité de données d'entrée supplémentaires), mais n'influence peu ou pas la valeur calculée de la consommation caractéristique annuelle d'énergie.

Si l' 'unité PER' contient des espaces qui ne sont pas équipés d'un système d'émission de chaleur (par exemple W.-C., couloirs, rangements, espaces qui ne sont pas immédiatement utilisés comme des chambres à coucher,...), ces espaces doivent être affectés à un secteur énergétique d'un espace adjacent du même étage. Si aucun dispositif d'alimentation en air neuf n'est présent dans l'espace non chauffé considéré mais qu'il y a des dispositifs de transfert d'air montés en intérieur depuis des espaces adjacents (il s'agit par exemple d'un espace de passage ou d'extraction, ou d'un espace de rangement), on affecte l'espace aux secteurs (à 1 des secteurs) énergétique(s) adjacent(s) d'où le local considéré est approvisionné en air fourni.

On détermine la consommation caractéristique annuelle et de référence d'énergie primaire de l' 'unité PER' selon la présente méthode de détermination.

### **5.3.3 Volume et surfaces des parois d'un secteur énergétique**

Lors de la détermination du volume  $V_{\text{sec } i}$  et des surfaces des parois (tous deux sur la base des dimensions extérieures), la limite entre deux secteurs énergétiques est formée par l'axe de la paroi intermédiaire.

### **5.3.4 Absence de système de chauffage**

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



## 6 Indicateurs de consommation d'énergie primaire

### 6.1 Niveau de consommation d'énergie primaire

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

$$E_w = 100 \frac{E_{\text{char ann prim en cons}}}{E_{\text{char ann prim en cons,ref,w}}} \quad (-)$$

avec :

$E_w$  le niveau de consommation d'énergie primaire de l' 'unité PER' (-);  
 $E_{\text{char ann prim en cons}}$  la consommation caractéristique annuelle d'énergie primaire de l' 'unité PER', calculée selon 13.2, en MJ;  
 $E_{\text{char ann prim en cons,ref,w}}$  la valeur de référence pour la consommation caractéristique annuelle d'énergie primaire, en MJ.

Le résultat doit être arrondi à l'unité supérieure.

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

$$E_{\text{char ann prim en cons,ref,w}} = (E_{\text{char ann prim en cons,ref,chauffage}} + E_{\text{char ann prim en cons,ref,ecs}} + E_{\text{char ann prim en cons,ref,aux}}) A_{\text{ch}} \quad (\text{MJ/an})$$

où :

$E_{\text{char ann prim en cons,ref,chauffage}} = Be_{\text{ref}} / 0.728 \quad (\text{MJ/m}^2.\text{an})$   
représente la consommation caractéristique annuelle d'énergie primaire de référence pour le chauffage.

avec :

$$Be_{\text{ref}} = Be_{\text{pertes}} - 4500 / A_{\text{ch}} - 100 \quad (\text{MJ/m}^2.\text{an})$$

qui donne les besoins annuels nets de référence pour le chauffage en MJ/m<sup>2</sup>.

où :

$A_{\text{ch}}$  est la surface totale de plancher chauffée ou climatisée de l' 'unité PER', en m<sup>2</sup>.

$Be_{\text{pertes}}$  donne les besoins annuels nets en énergie dus aux pertes par transmission et par ventilation et est calculé en fonction de la compacité ( $V_{\text{PER}}/A_{\text{T,E}}$ ) par les relations suivantes :

$$\text{Si } V_{\text{PER}}/A_{\text{T,E}} \leq 1 \quad Be_{\text{pertes}} = 407/(V_{\text{PER}}/A_{\text{T,E}}) + 248\beta_{\text{dedicref}} \quad (\text{MJ/m}^2.\text{an})$$

$$\text{Si } 1 < V_{\text{PER}}/A_{\text{T,E}} \leq 4 \quad Be_{\text{pertes}} = 298/(V_{\text{PER}}/A_{\text{T,E}}) + 109 + 248\beta_{\text{dedicref}} \quad (\text{MJ/m}^2.\text{an})$$

$$\text{Si } V_{\text{PER}}/A_{\text{T,E}} > 4 \quad Be_{\text{pertes}} = 735/(V_{\text{PER}}/A_{\text{T,E}}) + 248\beta_{\text{dedicref}} \quad (\text{MJ/m}^2.\text{an})$$

$A_{\text{T,E}}$  la surface totale de toutes les parois qui enveloppent le 'volume PER' et à travers lesquelles des déperditions par transmission sont

considérées lors de la détermination de la performance énergétique<sup>1</sup> (voir également 5.2), en m<sup>2</sup>;

$V_{PER}$  le volume total de l' 'unité PER', en m<sup>3</sup>;

$\beta_{dedic,ref}$  le taux de ventilation volontaire de référence dans l' 'unité PER', en h<sup>-1</sup>.

On a :

$$V_{PER} = \sum_i V_{sec\ i} \quad (m^3)$$

et

$$\beta_{dedic,ref} = 1.5 [0.2 + 0.5 \exp(-A_{ch}/167)] \quad (h^{-1})$$

avec:

$V_{sec\ i}$  le volume du secteur énergétique i, en m<sup>3</sup>.

Dans l'équation pour  $V_{PER}$ , il faut faire une sommation sur tous les secteurs énergétiques i de l' 'unité PER'.

$$E_{char\ ann\ prim\ en\ cons, ref, ecs} = \text{Max} [9793.36 / A_{ch}; 3324.5 / A_{ch} + 100.95] \quad (MJ/m^2.an)$$

représente la consommation caractéristique annuelle d'énergie primaire de référence pour l'eau chaude sanitaire.

$$E_{char\ ann\ prim\ en\ cons, ref, aux} = 53 \quad (MJ/m^2.an)$$

représente la consommation caractéristique annuelle d'énergie primaire de référence pour les auxiliaires.

## 6.2 Consommation spécifique annuelle d'énergie primaire

La consommation spécifique annuelle d'énergie primaire de l' 'unité PER' est donnée par le rapport entre la consommation caractéristique annuelle d'énergie primaire de cette 'unité PER' et la surface totale de plancher chauffée ou climatisée de cette 'unité PER' :

$$E_{spec} = \frac{1}{3,6} \cdot \frac{E_{char\ ann\ prim\ en\ cons}}{A_{ch}} \quad (kWh/m^2.an)$$

avec :

$E_{spec}$  la consommation spécifique annuelle d'énergie primaire de l' 'unité PER', en kWh/m<sup>2</sup>.an ;

$E_{char\ ann\ prim\ en\ cons}$  la consommation caractéristique annuelle d'énergie primaire de l' 'unité PER', calculée selon 13.2, en MJ ;

$A_{ch}$  la surface totale de plancher chauffée ou climatisée de l' 'unité PER', en m<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup> Par conséquent, seules les constructions qui constituent la séparation entre l' 'unité PER' et des espaces adjacents chauffés ne sont pas prises en considération dans les calculs pour la détermination de  $A_{T,E}$ .

## 7 Besoins nets en énergie pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire

### 7.1 Principe

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

Les besoins mensuels nets en énergie pour l'eau chaude sanitaire sont calculés de manière forfaitaire en fonction du volume de l' 'unité PER'. On peut également tenir compte d'une récupération de chaleur. Seuls les points de consommation suivants sont pris en considération :

- les points de puisage des cuisines ;
- la ou les douche(s) et/ou la ou les baignoire(s) dans la ou les salle(s) de bain.

Tous les autres points de puisage de l' 'unité PER' (y compris donc le ou les lavabo(s) dans les salles de bains) ne sont pas pris en considération.

### 7.2 Besoins mensuels nets en énergie pour le chauffage des locaux par secteur énergétique

On détermine les besoins mensuels nets en énergie pour le chauffage par secteur énergétique comme suit :

<ul style="list-style-type: none"> <li>• si <math>\gamma_{heat,sec i,m}</math> est supérieur ou égal à 2.5, on a:</li> </ul>	
$Q_{heat,net,sec i,m} = 0$	[MJ]
<ul style="list-style-type: none"> <li>• si <math>\gamma_{heat,sec i,m}</math> est inférieur à 2.5, on a:</li> </ul>	
$Q_{heat,net,sec i,m} = Q_{L,heat,sec i,m} - \eta_{util,heat,sec i,m} \cdot Q_{g,heat,sec i,m}$	[MJ]
avec :	
$\gamma_{heat,sec i,m}$	le rapport entre les gains de chaleur mensuels et les déperditions de chaleur mensuelles du secteur énergétique i, tel que déterminé selon 7.6 ;
$Q_{heat,net,sec i,m}$	les besoins mensuels nets en énergie pour le chauffage du secteur énergétique i, en MJ ;
$Q_{L,heat,sec i,m}$	les déperditions de chaleur mensuelles par transmission et par ventilation du secteur énergétique i, en MJ, déterminées selon 7.4 ;
$\eta_{util,heat,sec i,m}$	le taux d'utilisation mensuel des gains de chaleur du secteur énergétique i, déterminé selon 7.6 ;
$Q_{g,heat,sec i,m}$	les gains de chaleur mensuels par ensoleillement et production de chaleur interne dans le secteur énergétique i, en MJ, déterminés selon 7.5.

### 7.3 Besoins mensuels nets en énergie pour l'eau chaude sanitaire

Les besoins mensuels nets en énergie pour l'eau chaude sanitaire d'une douche ou d'une baignoire i sont donnés par :

$$Q_{water,bath i,net,m} = r_{water,bath i,net} \times f_{bath i} \times \max[64, 64 + 0.220(v_{PER} - 192)] \times t_m \quad (\text{MJ})$$

Les besoins mensuels nets en énergie pour l'eau chaude sanitaire d'un évier  $i$  dans une cuisine<sup>2</sup> sont donnés par :

$$Q_{\text{water sink } i, \text{net}, m} = r_{\text{water sink } i, \text{net}} \times f_{\text{sink } i} \times \max[16, 16 + 0.055(V_{\text{PER}} - 192)] \times t_m \quad (\text{MJ})$$

avec :

$Q_{\text{water, bath } i, \text{net}, m}$	les besoins mensuels nets en énergie pour l'eau chaude sanitaire d'une douche ou d'une baignoire $i$ , en MJ;
$Q_{\text{water, sink } i, \text{net}, m}$	les besoins mensuels nets en énergie pour l'eau chaude sanitaire d'un évier de cuisine $i$ , en MJ;
$r_{\text{water, bath } i, \text{net}}$	un facteur de réduction pour l'effet du préchauffage de l'amenée d'eau froide vers la douche ou la baignoire $i$ par récupération thermique de l'écoulement, à déterminer selon des règles spécifiées par le Ministre ou, à défaut, sur base d'une demande d'équivalence(-);
$r_{\text{water, sink } i, \text{net}}$	un facteur de réduction pour l'effet du préchauffage de l'amenée d'eau froide vers l'évier de cuisine $i$ grâce à la récupération de chaleur de l'écoulement, à déterminer selon des règles spécifiées par le Ministre ou, à défaut, sur base d'une demande d'équivalence (-);
$f_{\text{bath } i}$	la part de la douche ou de la baignoire $i$ dans les besoins totaux nets en énergie pour l'eau chaude sanitaire de toutes les douches et de toutes les baignoires de l'unité PER', tel que déterminé ci-dessous (-);
$f_{\text{sink } i}$	la part de l'évier de cuisine $i$ dans les besoins totaux nets en énergie pour l'eau chaude sanitaire de la (de toutes les) cuisine(s) de l'unité PER', tel que déterminé ci-dessous (-);
$V_{\text{PER}}$	le volume total de l'unité PER', en m <sup>3</sup> , voir 6 ;
$t_m$	la longueur du mois considéré en Ms, voir Tableau [1].

S'il ne devait y avoir aucune douche ni baignoire dans l'unité PER'<sup>3</sup>, on n'envisage pas de consommation d'eau chaude sanitaire destinée à cette fin. De même, s'il ne devait y avoir aucun évier de cuisine dans l'unité PER'<sup>3</sup>, on n'envisage pas non plus de consommation d'eau chaude sanitaire destinée à cette fin.

Les parts des différents points de puisage sont déterminées comme suit :

$$f_{\text{bath } i} = 1/N_{\text{bath}}$$

$$f_{\text{sink } i} = 1/N_{\text{sink}}$$

avec :

$N_{\text{bath}}$	le nombre total de douches et de baignoires dans l'unité PER' ;
$N_{\text{sink}}$	le nombre total d'éviers de cuisine dans l'unité PER'.

<sup>2</sup> D'éventuels autres points de puisage d'eau chaude (par exemple pour le lave-vaisselle/lave-linge) ne sont pas pris en considération. Le cas échéant, plusieurs éviers dans 1 cuisine sont considérés séparément.

<sup>3</sup> Par exemple dans le cas d'une extension à laquelle une exigence de performance énergétique est imposée.

Tableau [1] : Le numéro du jour, la longueur du mois, la température extérieure moyenne et l'ensoleillement total et diffus moyen sur une surface horizontale non ombragée

Mois	Jour caractéristique	Longueur du mois $t_m$ (Ms)	Température extérieure moyenne du mois $\theta_{e,m}$ (°C)	$I_{s,tot,hor,m}$ (MJ/m <sup>2</sup> )	$I_{s,dif,hor,m}$ (MJ/m <sup>2</sup> )
janvier	15	2.6784	3.2	71.4	51.3
février	46	2.4192	3.9	127.0	82.7
Mars	74	2.6784	5.9	245.5	155.1
Avril	105	2.5920	9.2	371.5	219.2
Mai	135	2.6784	13.3	510.0	293.5
Juin	166	2.5920	16.2	532.4	298.1
juillet	196	2.6784	17.6	517.8	305.8
Août	227	2.6784	17.6	456.4	266.7
septembre	258	2.5920	15.2	326.2	183.6
octobre	288	2.6784	11.2	194.2	118.3
novembre	319	2.5920	6.3	89.6	60.5
décembre	349	2.6784	3.5	54.7	40.2

## 7.4 Déperditions de chaleur mensuelles par transmission et ventilation

### 7.4.1 Principe

Les déperditions de chaleur mensuelles par transmission dans un secteur énergétique sont obtenues en multipliant le coefficient de transfert thermique par transmission par la longueur du mois considéré et par l'écart entre la température intérieure moyenne et la température extérieure mensuelle moyenne.

Le calcul des déperditions de chaleur mensuelles par ventilation s'effectue de façon similaire.

### 7.4.2 Règle de calcul

On détermine les déperditions de chaleur mensuelles par transmission et par ventilation comme suit :

$$Q_{L,heat,sec i,m} = Q_{T,heat,sec i,m} + Q_{V,heat,sec i,m} \quad (MJ)$$

avec :

$$Q_{T,heat,sec i,m} = H_{T,heat,sec i} \cdot (18 - \theta_{e,m}) \cdot t_m \quad (MJ)$$

$$Q_{V,heat,sec i,m} = H_{V,heat,sec i} \cdot (18 - \theta_{e,m}) \cdot t_m \quad (MJ)$$

et avec :

$Q_{T,heat,sec i,m}$  les déperditions de chaleur mensuelles par transmission du secteur énergétique  $i$ , en MJ ;

$Q_{V,heat,sec i,m}$  les déperditions de chaleur mensuelles par ventilation du secteur énergétique  $i$ , en MJ ;

$H_{T,heat,sec i}$  le coefficient de transfert thermique par transmission du secteur énergétique  $i$ , en W/K, déterminées selon 7.7 ;

$H_{V,heat,sec i}$  le coefficient de transfert thermique par ventilation du secteur énergétique  $i$ , en W/K, déterminées selon 7.8 ;

18 la valeur de calcul imposée par la présente annexe pour la température intérieure, en °C ;

$\theta_{e,m}$  température extérieure moyenne mensuelle, en °C, voir Tableau [1] ;

$t_m$  la longueur du mois considéré, en Ms, voir Tableau [1].

## 7.5 Gains de chaleur mensuels par ensoleillement et par production interne de chaleur

On détermine les gains de chaleur mensuels par ensoleillement et par production interne de chaleur du secteur énergétique  $i$  comme suit :

$$Q_{g,heat,sec\ i,m} = Q_{i,sec\ i,m} + Q_{s,heat,sec\ i,m} \quad (MJ)$$

avec :

$Q_{i,sec\ i,m}$  les gains de chaleur mensuels par production interne de chaleur dans le secteur énergétique  $i$ , en MJ, déterminés selon 7.9 ;  
 $Q_{s,heat,sec\ i,m}$  les gains de chaleur mensuels par ensoleillement dans le secteur énergétique  $i$ , en MJ, déterminés selon 7.10.

## 7.6 Taux d'utilisation des gains de chaleur mensuels

On détermine le taux d'utilisation des gains de chaleur mensuels par secteur énergétique comme suit :

$$\eta_{util,heat,sec\ i,m} = a/(a+1) \quad \text{pour } \gamma_{heat,sec\ i,m} = 1 \quad (-)$$

$$\eta_{util,heat,sec\ i,m} = \frac{1 - (\gamma_{heat,sec\ i,m})^a}{1 - (\gamma_{heat,sec\ i,m})^{a+1}} \quad \text{pour tous les autres cas} \quad (-)$$

$$\text{avec } \gamma_{heat,sec\ i,m} = Q_{g,heat,sec\ i,m} / Q_{L,heat,sec\ i,m} \quad (-)$$

$$a = 1 + \frac{\tau_{heat,sec\ i}}{54000} \quad (-)$$

où :

$\gamma_{heat,sec\ i,m}$  le rapport entre les gains de chaleur mensuels et les déperditions de chaleur mensuelles du secteur énergétique  $i$  ;  
 $Q_{g,heat,sec\ i,m}$  les gains de chaleur mensuels par ensoleillement et par production interne de chaleur du secteur énergétique  $i$ , en MJ, déterminés selon 7.5 ;  
 $Q_{L,heat,sec\ i,m}$  les déperditions de chaleur mensuelles par transmission et par ventilation du secteur énergétique  $i$ , en MJ, déterminées selon 7.4 ;  
 $a$  un paramètre numérique ;  
 $\tau_{heat,sec\ i}$  la constante de temps du secteur énergétique  $i$ , en s.

On suppose que la constante de temps du secteur énergétique  $i$  égale à :

$$\tau_{\text{heat,sec } i} = \frac{C_{\text{sec } i}}{H_{T,\text{heat,sec } i} + H_{V,\text{heat,sec } i}} \quad (\text{s})$$

avec :

- $C_{\text{sec } i}$  la capacité thermique effective du secteur énergétique  $i$ , en J/K;
- $H_{T,\text{heat,sec } i}$  le coefficient de transfert thermique par transmission, en W/K, déterminée selon 7.7 ;
- $H_{V,\text{heat,sec } i}$  le coefficient de transfert thermique par ventilation, en W/K, déterminée selon 7.8.

On prend, pour la capacité thermique effective du secteur énergétique  $i$ , les valeurs du Tableau [2] :

- Le terme 'lourd' s'applique aux secteurs énergétiques dont au moins 90% de la surface des éléments de construction horizontaux, inclinés et verticaux sont massifs.
- Le terme 'mi-lourd' s'applique aux secteurs énergétiques dont au moins 90% des éléments de construction horizontaux sont massifs sans être protégés par une isolation intérieure, ou aux secteurs énergétiques dont au moins 90% des éléments de construction verticaux et inclinés sont massifs.
- Le terme 'peu-lourd' s'applique aux secteurs énergétiques dont 50 à 90% des éléments de construction horizontaux sont massifs sans être protégés par une isolation intérieure, ou aux secteurs énergétiques dont 50 à 90% des éléments de construction verticaux et inclinés sont massifs.
- Le terme 'léger' s'applique à tous les autres secteurs énergétiques.

Dans le présent contexte, les éléments de construction sont considérés comme massifs si leur masse est d'au moins 100 kg/m<sup>2</sup>, déterminée en partant de l'intérieur jusqu'à une lame d'air ou une couche à conductivité thermique inférieure à 0.20 W/(m.K).

**Tableau [2] : Valeur de la capacité thermique effective  $C_{\text{sec } i}$  du secteur énergétique  $i$**

Type de construction	$C_{\text{sec } i}$ (J/K)
Lourd	217 000 $V_{\text{sec } i}$
Mi-lourd	117 000 $V_{\text{sec } i}$
Peu-lourd	67 000 $V_{\text{sec } i}$
Léger	27 000 $V_{\text{sec } i}$

avec :

$V_{\text{sec } i}$  le volume du secteur énergétique  $i$ , en m<sup>3</sup>.

## 7.7 Coefficient de transfert thermique par transmission

### 7.7.1 Principe

Le coefficient de transfert thermique par transmission se développe, comme la géométrie du bâtiment, en trois dimensions. Il faut donc le calculer de manière tridimensionnelle, voir les normes NBN EN ISO 13789 et NBN EN ISO 10211. Ce genre de calcul tridimensionnel sert de référence.

Le calcul tridimensionnel de référence est remplacé, dans la présente annexe, par un calcul simplifié basé sur les principes suivants :

- l'élément principal des déperditions par transmission est unidimensionnel ;
- la surface entourant le volume protégé est continue sauf au droit des parois mitoyennes avec des espaces adjacents chauffés ;
- et les parois sont planes.

Une paroi plane de surface A se caractérise par un coefficient de transmission thermique U. Tous les nœuds constructifs linéaires de longueur l entre 2 parois sont affectés d'un coefficient linéaire de transmission thermique  $\psi$  et tous les nœuds constructifs ponctuels sont affectés d'un coefficient ponctuel de transmission thermique  $\chi$ . Les nœuds constructifs linéaires et ponctuels, propres à une paroi et répartis sur toute la surface de cette paroi, sont repris dans le coefficient de transmission thermique de cette paroi.

Le coefficient de transfert thermique par transmission est déterminé pour toutes les parois entre le secteur énergétique et l'environnement extérieur (air ou eau), le secteur énergétique et le sol, et le secteur énergétique et les espaces adjacents non chauffés. Il faut également prendre ces parois en considération dans la détermination du coefficient de transfert thermique si elles donnent sur une parcelle attenante, voir également 5.2.

### 7.7.2 Règle de calcul

On détermine le coefficient de transfert thermique par transmission pour chaque secteur énergétique comme suit :

$$H_{T,heat,sec i} = H_{T,sec i}^{constructions} + H_{T,sec i}^{junctions} \quad (W/K)$$

avec :

$H_{T,sec i}^{constructions}$  le coefficient de transfert thermique par transmission au travers des parois de la surface de déperdition du secteur énergétique i, en W/K ;

$H_{T,sec i}^{junctions}$  le coefficient de transfert thermique par transmission due aux nœuds constructifs du secteur énergétique i, en W/K.

On trouvera davantage d'explications sur les différentes manières de tenir compte des nœuds constructifs (linéaires comme ponctuels) dans l'annexe NC au présent arrêté.

On détermine le coefficient de transfert thermique par transmission au travers des parois de la surface de déperdition du secteur énergétique i comme suit :

$$H_{T,sec i}^{constructions} = H_{D,sec i}^{constructions} + H_{g,sec i}^{constructions} + H_{U,sec i}^{constructions} \quad (W/K)$$

avec :

$H_{T,sec i}^{constructions}$  le coefficient de transfert thermique total par transmission au travers des parois de la surface de déperdition du secteur énergétique i, en W/K ;

$H_{D,sec i}^{constructions}$  le coefficient de transfert thermique par transmission directe entre le secteur énergétique i et l'air extérieur et entre le secteur énergétique i et l'eau, au travers des parois de la surface de déperdition, en W/K ;

$H_{g,sec i}^{constructions}$  le coefficient de transfert thermique par transmission au travers des parois de la surface de déperdition du secteur énergétique i vers le sol, en W/K ;

$H_{U,sec i}^{constructions}$  le coefficient de transfert thermique par transmission au travers des parois de la surface de déperdition du secteur énergétique i vers l'extérieur via un espace adjacent non chauffé, en W/K.



Les différents termes sont calculés selon des spécifications plus précises de l'annexe DRT.

En ce qui concerne les éléments dont les propriétés thermiques ne sont pas connues ou ne peuvent pas être déterminées (par exemple couches à structure complexe dans les éléments muraux, etc.), on peut toujours supposer que la résistance thermique propre de la couche ou de l'élément est égale à zéro. Le coefficient de transmission thermique totale est alors entièrement déterminé par les résistances des surfaces de contact avec l'environnement intérieur et extérieur (compte tenu des surfaces développées), et éventuellement par les résistances thermiques des autres couches de l'élément.

Il ne faut pas tenir compte des passages de conduites (eau, gaz, électricité, égouts, etc.) et des éléments analogues présents dans les parois extérieures, pour autant que leur surface totale ne dépasse pas 0,25% de la surface totale ( $A_{T,E}$ ) de l' 'unité PER' concernée, à travers laquelle surviennent des déperditions par transmission (donc à l'exception des parois adjacentes à des espaces adjacents chauffés). Dans ce cas, les éléments susmentionnés se voient attribuer la même valeur U que les parois dans lesquels ils se trouvent.

Quant aux volets, il faut supposer par convention qu'ils sont fermés 8 heures par jour<sup>4</sup>

## 7.8 Coefficient de transfert thermique par ventilation

### 7.8.1 Principe

On détermine le coefficient de transfert thermique par ventilation en multipliant la capacité thermique sensible de 1 m<sup>3</sup> d'air par la somme des débits d'air suivants :

- le débit d'air moyen résultant de l'infiltration et de l'exfiltration;
- le débit d'air moyen résultant de la ventilation hygiénique, compte tenu d'un éventuel facteur de réduction pour le préchauffage ou de multiplication pour le prérefroidissement ;
- le cas échéant, le débit d'air moyen résultant d'une surventilation en cas d'application d'une pompe à chaleur sur l'air de ventilation rejeté pour la préparation d'eau chaude sanitaire ;
- et, pour l'évaluation du risque de surchauffe, le débit d'air moyen résultant de la ventilation par ouverture manuelle des parties ouvrantes.

L'extraction mécanique qui évacue la vapeur d'eau pendant la cuisson d'aliments est ignorée. Il en va de même pour l'extraction mécanique présente dans les toilettes ou la salle de bains, lorsque celle-ci assure une extraction plus élevée de manière temporaire mais n'est pas nécessaire pour satisfaire aux exigences de ventilation des annexes VHR ou VHN au présent arrêté. En ce qui concerne la consommation d'énergie des ventilateurs des systèmes mécaniques, on se reportera au point 11.2.

### 7.8.2 Règle de calcul

On détermine le coefficient de transfert thermique par ventilation du secteur énergétique i comme suit :

- pour les calculs de chauffage :

$H_{V,heat,seci} = H_{V,inf/exfilt,heat,seci} + H_{V,hyg,heat,seci} + H_{V,over,heat,seci}$	[W/K]
---	-------

<sup>4</sup> Si les volets ne sont pas commandés depuis l'intérieur, aucune réduction ne s'applique.

• pour les calculs de refroidissement :	
$H_{V,cool,seci,m} = H_{V,in/exfilt,cool,seci} + H_{V,hyg,cool,seci,m} + H_{V,over,cool,seci}$	[W/K]
• pour les calculs de l'indicateur du risque de surchauffe :	
$H_{V,overh,seci,m} = H_{V,in/exfilt,overh,seci} + H_{V,hyg,overh,seci,m} + H_{V,over,overh,seci} + H_{V,free,nat,overh,seci}$	[W/K]
avec :	
$H_{V,heat,seci}$	le coefficient de déperdition de chaleur par ventilation du secteur énergétique i pour les calculs de chauffage, en W/K;
$H_{V,cool,seci,m}$	le coefficient de déperdition mensuel de chaleur par ventilation du secteur énergétique i pour les calculs de refroidissement, en W/K;
$H_{V,overh,seci,m}$	le coefficient de déperdition mensuel de chaleur par ventilation du secteur énergétique i pour les calculs de l'indicateur du risque de surchauffe, en W/K;
$H_{V,in/exfilt,heat,seci}$ $H_{V,in/exfilt,cool,seci}$ $H_{V,in/exfilt,overh,seci}$	le coefficient de déperdition de chaleur par in/exfiltration pour la détermination des besoins de chauffage, de refroidissement et pour l'indicateur du risque de surchauffe, déterminé selon 7.8.3, en W/K ;
$H_{V,hyg,heat,seci}$	le coefficient de déperdition de chaleur par ventilation hygiénique pour la détermination des besoins de chauffage, déterminé selon 7.8.4, en W/K;
$H_{V,hyg,cool,seci,m}$ $H_{V,hyg,overh,seci,m}$	le coefficient de déperdition mensuel de chaleur par ventilation hygiénique pour la détermination des besoins de refroidissement et pour l'indicateur du risque de surchauffe, déterminé selon 7.8.4, en W/K;
$H_{V,over,heat,seci}$ $H_{V,over,cool,seci}$ $H_{V,over,overh,seci}$	le coefficient de déperdition de chaleur par surventilation pour la détermination des besoins de chauffage, de refroidissement et pour l'indicateur du risque de surchauffe, déterminé selon 7.8.5, en W/K;
$H_{V,free,nat,overh,seci}$	le coefficient de déperdition de chaleur par ventilation par l'ouverture manuelle des parties ouvrantes pour la détermination de l'indicateur du risque de surchauffe, déterminé selon 7.8.6, en W/K.

### 7.8.3 Coefficient de déperdition de chaleur par in/exfiltration

Les expressions pour les coefficients de déperdition de chaleur par infiltration/exfiltration pour le secteur énergétique i sont les suivantes :

• pour les calculs de chauffage :	
$H_{V,in/exfilt,heat,seci} = 0.34 \cdot \dot{V}_{in/exfilt,heat,seci}$	[W/K]
• pour les calculs de refroidissement :	
$H_{V,in/exfilt,cool,seci} = 0.34 \cdot \dot{V}_{in/exfilt,cool,seci}$	[W/K]
• pour l'indicateur du risque de surchauffe :	
$H_{V,in/exfilt,overh,seci} = 0.34 \cdot \dot{V}_{in/exfilt,overh,seci}$	[W/K]
avec :	
$\dot{V}_{in/exfilt,heat,seci}$ $\dot{V}_{in/exfilt,cool,seci}$ $\dot{V}_{in/exfilt,overh,seci}$	le débit d'in/exfiltration à travers l'enveloppe non étanche du bâtiment dans le secteur énergétique i, respectivement pour les calculs de chauffage, pour les calculs de refroidissement et pour l'indicateur du risque de surchauffe, tel que déterminé ci-après, en m <sup>3</sup> /h.

## Débit d'infiltration et d'exfiltration

Le débit moyen d'in/exfiltration à appliquer dans le secteur énergétique  $i$ , en  $\text{m}^3/\text{h}$ , est donné de manière conventionnelle par :

<ul style="list-style-type: none"> <li>pour les calculs de chauffage :</li> </ul>		
$\dot{V}_{\text{in/exfilt,heat,sec } i} = 0.04 \times \dot{v}_{50,\text{heat}} \times A_{T,E,\text{sec } i}$		[ $\text{m}^3/\text{h}$ ]
<ul style="list-style-type: none"> <li>pour les calculs de refroidissement :</li> </ul>		
$\dot{V}_{\text{in/exfilt,cool,sec } i} = 0.04 \times \dot{v}_{50,\text{cool}} \times A_{T,E,\text{sec } i}$		[ $\text{m}^3/\text{h}$ ]
<ul style="list-style-type: none"> <li>pour l'indicateur du risque de surchauffe :</li> </ul>		
si $H_{V,\text{free,nat,overh,sec } i} = 0 :$	$\dot{V}_{\text{in/exfilt,overh,sec } i} = 0.04 \cdot \dot{v}_{50,\text{overh}} \cdot A_{T,E,\text{sec } i}$	
si $H_{V,\text{free,nat,overh,sec } i} > 0 :$	$\dot{V}_{\text{in/exfilt,overh,sec } i} = 0$	
avec :		
$\dot{v}_{50,\text{heat}}$ $\dot{v}_{50,\text{cool}}$ $\dot{v}_{50,\text{overh}}$	le débit de fuite à 50 Pa par unité de surface, respectivement pour les calculs de chauffage, les calculs de refroidissement et pour l'indicateur du risque de surchauffe, tel que déterminé ci-après, en $\text{m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$ ;	
$A_{T,E,\text{sec } i}$	l'aire totale de toutes les parois qui enveloppent le secteur énergétique $i$ et à travers lesquelles des déperditions par transmission sont considérées lors de la détermination de la performance énergétique <sup>5</sup> (voir également 5 et 7.7), en $\text{m}^2$ .	

Si une mesure de l'étanchéité à l'air de l'ensemble de l' 'unité PER' (ou le cas échéant d'une partie plus grande du volume protégé) est réalisée, le débit de fuite à 50 Pa par unité de surface,  $\dot{v}_{50,\text{heat}}$  et  $\dot{v}_{50,\text{cool}}$ , en  $\text{m}^3/\text{h} \cdot \text{m}^2$ , est de :

$\dot{v}_{50,\text{heat}} = \dot{v}_{50,\text{cool}} = \dot{v}_{50,\text{overh}} = \frac{\dot{V}_{50}}{A_{\text{test}}}$		[ $\text{m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$ ]
avec :		
$A_{\text{test}}$	l'aire totale (sur base des dimensions extérieures) des parois qui enveloppent le volume mesuré lors de l'essai d'étanchéité à l'air, à l'exception des parois contigües à des espaces adjacents chauffés, en $\text{m}^2$ ;	
$\dot{V}_{50}$	le débit de fuite à 50 Pa de l'enveloppe extérieure, en $\text{m}^3/\text{h}$ , déduit de l'essai d'étanchéité à l'air mesuré conformément à la méthode A de la norme NBN EN 13829 et aux spécifications complémentaires définies par le ministre.	

Sinon, les valeurs par défaut suivantes sont d'application, en  $\text{m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$  :

- pour les calculs de chauffage :

$$\dot{v}_{50,\text{heat}} = 12$$

- pour les calculs de refroidissement :

<sup>5</sup> Par conséquent, seules les constructions qui constituent la séparation entre le secteur énergétique et des espaces contigus chauffés, ne sont pas pris en compte dans le calcul de  $A_{T,E,\text{sec } i}$ .

$$\dot{V}_{50,cool} = 0$$

- pour l'évaluation du risque de surchauffe :

$$\dot{V}_{50,overh} = 0$$

Le Ministre peut déterminer des spécifications supplémentaires pour l'usage des mesures d'étanchéité à l'air.

#### 7.8.4 Coefficient de déperdition de chaleur par ventilation hygiénique

• pour les calculs de chauffage :	
$H_{V,hyg,heat,seci} = 0.34 \cdot r_{preh,heat,seci} \cdot \dot{V}_{hyg,heat,seci}$	[W/K]
• pour les calculs de refroidissement :	
$H_{V,hyg,cool,seci,m} = 0.34 \cdot r_{preh,cool,seci} \cdot r_{precool,seci,m} \cdot \dot{V}_{hyg,cool,seci}$	[W/K]
• pour l'indicateur du risque de surchauffe :	
$H_{V,hyg,overh,seci,m} = 0.34 \cdot r_{preh,overh,seci} \cdot r_{precool,seci,m} \cdot \dot{V}_{hyg,overh,seci}$	[W/K]
avec :	
$r_{preh,heat,seci}$ $r_{preh,cool,seci}$ $r_{preh,overh,seci}$	la valeur du facteur de réduction pour l'effet du préchauffage sur les besoins nets en énergie, respectivement pour les calculs de chauffage, pour les calculs de refroidissement et pour l'indicateur du risque de surchauffe, calculé selon l'annexe B de la présente annexe(-) ;
$\dot{V}_{hyg,heat,seci}$ $\dot{V}_{hyg,cool,seci}$ $\dot{V}_{hyg,overh,seci}$	le débit de ventilation hygiénique dans le secteur énergétique i, respectivement pour les calculs de chauffage, pour les calculs de refroidissement et pour l'indicateur du risque de surchauffe, tel que déterminé ci-après, en m <sup>3</sup> /h ;
$r_{precool,seci,m}$	un facteur de multiplication mensuel pour l'effet de pré-refroidissement de l'air de ventilation pour les calculs de refroidissement et pour l'indicateur du risque de surchauffe, calculée selon l'annexe B de la présente annexe(-).

#### Débit de ventilation hygiénique

On détermine le débit de ventilation hygiénique du secteur énergétique i comme suit :

$\dot{V}_{hyg,heat,seci} = \left[ 0,2 + 0,5 \cdot e^{\left(\frac{-V_{PER}}{500}\right)} \right] \cdot f_{reduc,vent,heat,seci} \cdot m_{heat,seci} \cdot V_{seci}$	[m <sup>3</sup> /h]
$\dot{V}_{hyg,cool,seci} = \left[ 0,2 + 0,5 \cdot e^{\left(\frac{-V_{PER}}{500}\right)} \right] \cdot f_{reduc,vent,cool,seci} \cdot m_{cool,seci} \cdot V_{seci}$	[m <sup>3</sup> /h]
$\dot{V}_{hyg,overh,seci} = \left[ 0,2 + 0,5 \cdot e^{\left(\frac{-V_{PER}}{500}\right)} \right] \cdot f_{reduc,vent,overh,seci} \cdot m_{overh,seci} \cdot V_{seci}$	[m <sup>3</sup> /h]
avec :	
$V_{PER}$	le volume total de l'unité PEB, en m <sup>3</sup> , voir 6 ;
$f_{reduc,vent,heat,seci}$ $f_{reduc,vent,cool,seci}$ $f_{reduc,vent,overh,seci}$	un facteur de réduction pour la ventilation dans le secteur énergétique i, respectivement pour les calculs de chauffage, pour les calculs de refroidissement et pour l'indicateur du risque de surchauffe, comme déterminé ci-dessous(-) ;

$m_{heat,sec\ i}$ $m_{cool,sec\ i}$ $m_{overh,sec\ i}$	un multiplicateur qui est fonction du système de ventilation dans le secteur énergétique $i$ et de la qualité d'exécution de ce dernier, respectivement pour les calculs de chauffage, pour les calculs de refroidissement et pour l'indicateur du risque de surchauffe comme déterminé ci-dessous ;
$V_{sec\ i}$	le volume du secteur énergétique $i$ , en $m^3$ .

La valeur par défaut de  $f_{reduc,vent,heat,sec\ i}$ ,  $f_{reduc,vent,cool,sec\ i}$  et  $f_{reduc,vent,overh,sec\ i}$  est 1. Des valeurs plus favorables sont à déterminer selon des règles spécifiées par le Ministre ou, à défaut, sur base d'une demande d'équivalence.

La valeur du facteur multiplicateur  $m_{heat,sec\ i}$ ,  $m_{cool,sec\ i}$  et  $m_{overh,sec\ i}$  peut varier entre 1 et 1,5. La valeur par défaut de  $m_{heat,sec\ i}$  est de 1,5. La valeur par défaut pour  $m_{cool,sec\ i}$  et  $m_{overh,sec\ i}$  est de 1. Pour déterminer des valeurs plus favorables, on se référera à l'annexe B de la présente annexe.

### 7.8.5 Coefficient de déperdition de chaleur par surventilation

Pour un système de ventilation mécanique où l'air est extrait mécaniquement, l'air rejeté peut être utilisé par une pompe à chaleur comme source de chaleur pour la préparation d'eau chaude sanitaire.

Dans ce cas, on parle de surventilation lorsque la quantité d'air repris nécessaire pour le bon fonctionnement de la pompe à chaleur à un moment donné se situe au-dessus du débit de ventilation hygiénique à ce moment.

L'expression pour les coefficients de déperdition de chaleur par surventilation pour le secteur énergétique  $i$  est la suivante :

$H_{V,over,heat,sec\ i} = H_{V,over,cool,sec\ i} = H_{V,over,overh,sec\ i} = 0.34 \cdot \dot{V}_{over,sec\ i}$	[W/K]
avec :	
$\dot{V}_{over,sec\ i}$	le débit d'air supplémentaire déterminé tel que ci-après, résultant d'une surventilation dans le secteur énergétique $i$ , dans le cas des systèmes à extraction mécanique où une pompe à chaleur utilise l'air rejeté comme source de chaleur pour la préparation de l'eau chaude sanitaire, en $m^3/h$ .

Etant donné qu'il n'existe actuellement pas de méthodologie qui permette d'évaluer de façon cohérente tous les appareils de production de chaleur pour l'eau chaude sanitaire, on tient compte de valeurs fixes pour le rendement de production au chapitre 10.3. Pour cette raison, l'effet de la surventilation n'est pas encore pris en compte. On considère donc :

$$\dot{V}_{over,sec\ i} = 0$$

### 7.8.6 Coefficient de déperdition de chaleur par ventilation par l'ouverture manuelle des parties ouvrantes

L'expression pour le coefficient de perte de chaleur par ventilation par l'ouverture manuelle des parties ouvrante est la suivante :

$H_{V,free,nat,overh,sec\ i} = 0.34 \cdot \dot{V}_{free,nat,overh,sec\ i}$	[ $m^3/h$ ]
avec :	
$\dot{V}_{free,nat,overh,sec\ i}$	le débit de ventilation mensuel corrigé pour tenir compte de la durée et de la température, utilisé pour la détermination de l'indicateur du risque de surchauffe dans le cas de la ventilation par l'ouverture manuelle des parties ouvrantes, en $m^3/h$ .

### Débit de ventilation corrigé pour l'ouverture manuelle des parties ouvrantes

$\dot{V}_{free,nat,overh,sec\ i} = 45.3 \cdot A_{wo,sec\ i}$	[ $m^3/h$ ]
avec :	
$A_{wo,sec\ i}$	l'aire nette totale de toutes les parties ouvrantes du secteur énergétique $i$ , qui font partie des éléments de l'enveloppe et qui

	sont en contact direct avec l'environnement extérieur, en m <sup>2</sup> ;	
où:		
$A_{wo,seci} = \sum_j r_{win,overh,j} \cdot A_{wo,j}$		[m <sup>2</sup> ]
avec:		
$A_{wo,j}$	l'aire nette des ouvrants considérés de la fenêtre j, tel que déterminé ci-dessous, en m <sup>2</sup> ;	
$r_{win,overh,j}$	un facteur prenant en compte le risque d'effraction, tel que déterminé ci-dessous.	

Il faut faire la somme sur toutes les fenêtres j du secteur énergétique i. Les portes, les fenêtres coulissantes et les portes coulissantes ne sont jamais prises en compte pour le calcul de cette aire.

#### Aire nette des ouvrants $A_{wo,j}$ de la fenêtre j

Seules les aires du vitrage  $A_{go}$ , du panneau de remplissage  $A_{po}$  et de la grille de ventilation  $A_{ro}$  des parties ouvrantes de la fenêtre sont prises en considération pour le calcul de l'aire nette des ouvrants  $A_{wo,j}$  (ces aires sont mesurées et calculées telles que les aires  $A_g$ ,  $A_p$  et  $A_r$  définies au §8 du DRT) :

$A_{wo,j} = \sum_k (A_{go,k} + A_{po,k} + A_{ro,k})$		[m <sup>2</sup> ]
avec:		
$A_{go,k}$	l'aire du vitrage de la partie ouvrante k, en m <sup>2</sup> ;	
$A_{po,j}$	l'aire du panneau opaque de la partie ouvrante k, en m <sup>2</sup> ;	
$A_{ro,j}$	l'aire de la grille de ventilation de la partie ouvrante k, en m <sup>2</sup> .	

Il faut faire la somme sur toutes les parties ouvrantes k de la fenêtre j.

#### Risque d'effraction

Le facteur prenant en compte le risque d'effraction  $r_{win,overh,j}$  est déterminé comme suit :

Type d'ouverture	Risque réel d'effraction	Faible risque d'effraction	Pas de risque d'effraction
Élément oscillant uniquement	0	1/3	1/3
Élément oscillo-battant	0	1/3	1
Élément battant uniquement	0	0	1

Si les éléments ouvrants d'une même fenêtre ont des types d'ouverture différents selon les catégories ci-dessus, on considère le cas le plus défavorable (valeur  $r_{win,overh,j}$  la plus basse) pour l'ensemble des éléments de la fenêtre.

### 7.9 Le Ministre peut définir des spécifications complémentaires pour le calcul du coefficient de déperdition de chaleur par ventilation par l'ouverture manuelle des parties ouvrantes. Gains de chaleur internes mensuels

#### 7.9.1 Principe

Les gains de chaleur internes sont égaux à toute la chaleur produite dans un secteur énergétique par des sources internes, à l'exception du système de chauffage des locaux: par exemple l'émission de chaleur des personnes, l'éclairage et les appareils. Dans le cadre de la réglementation, on établit leur valeur de manière forfaitaire. Dans les espaces adjacents non chauffés, les gains de chaleur internes sont par hypothèse égaux à zéro.

#### 7.9.2 Règle de calcul

On détermine les gains de chaleur internes dans un secteur énergétique i pendant un mois donné comme suit:

$Q_{i,seci,m} = (1,41 \cdot V_{PER} + 78) \cdot \frac{V_{seci}}{V_{PER}} \cdot t_m$ si $V_{PER} \leq 192 \text{ m}^3$		[MJ]
---	--	------

$Q_{i,seci,m} = (0,67 \cdot V_{PER} + 220) \cdot \frac{V_{seci}}{V_{PER}} \cdot t_m \quad \text{si } V_{PER} > 192 \text{ m}^3$		[MJ]
avec :		
$V_{PER}$	le volume total de l'unité PEB, en m <sup>3</sup> , voir 6	
$V_{sec i}$	le volume du secteur énergétique i, en m <sup>3</sup> ;	
$t_m$	la longueur du mois considéré, en Ms, voir Tableau [1]	

## 7.10 Gains solaires mensuels

### 7.10.1 Principe

Les gains solaires relatifs à un mois donné se composent de la somme de 3 termes:

- les gains solaires par les fenêtres ;
- les gains solaires par les systèmes d'énergie solaire passive non ventilés ;
- les gains solaires provenant d'espaces adjacents non chauffés.

Les systèmes d'énergie solaire passive ventilés avec de l'air extérieur ou intérieur doivent être déterminés selon des règles spécifiées par le Ministre ou, à défaut, sur base d'une demande d'équivalence et se baser sur l'annexe F de la norme NBN EN 13790.

### 7.10.2 Règle de calcul

On détermine les gains solaires dans un secteur énergétique i pendant un mois donné comme suit:

$$Q_{s,heat,sec i,m} = \sum_{j=1}^m Q_{s,heat,w,m,j} + \sum_{k=1}^n Q_{s,heat,ps,m,k} + \sum_{l=1}^p Q_{s,heat,sec i,U,m,l} \quad (\text{MJ})$$

avec :

- $Q_{s,heat,w,m,j}$  les gains solaires par une fenêtre j pendant le mois considéré, en MJ, déterminés selon 7.10.3 ;
- $Q_{s,heat,ps,m,k}$  les gains solaires par un système d'énergie solaire passive non ventilé k pendant le mois considéré, en MJ, déterminés selon 7.10.4 ;
- $Q_{s,heat,sec i,U,m,l}$  la part des gains solaires, pendant le mois considéré, de l'espace adjacent non chauffé l qui profite indirectement au secteur énergétique i, en MJ, déterminée selon les annexes A et C de la présente annexe.

A cette fin, il faut effectuer une sommation sur toutes les fenêtres m, tous les systèmes d'énergie solaire passive non ventilés n et tous les espaces adjacents non chauffés p du secteur énergétique i. La façon de traiter les espaces adjacents non chauffés se trouve à l'annexe A de la présente annexe.

L'indice 'heat' (c.-à-d. la valeur utilisée pour la détermination des besoins nets en énergie pour le chauffage) est remplacé par l'indice 'cool' pour la détermination des besoins nets en énergie pour le refroidissement et par l'indice 'overh' pour la détermination de l'indicateur du risque de surchauffe.

### 7.10.3 Gains solaires par une fenêtre

#### 7.10.3.1 Définitions

Une fenêtre est une paroi (partiellement) transparente/translucide. Le châssis, les panneaux de remplissage éventuels et les grilles éventuelles constituent la partie opaque. Les portes pourvues d'un vitrage sont traitées comme des fenêtres. L'importance des gains solaires par une fenêtre dépend de l'écran formé par des éléments de l'environnement étrangers au bâtiment ou liés au

bâtiment, par des protections solaires fixes et par des protections solaires mobiles. L'écran formé par des éléments de l'environnement est pris en compte dans le calcul de l'ensoleillement incident; l'écran formé par une protection solaire l'est par adaptation du facteur solaire  $g$ .

### 7.10.3.2 Règle de calcul

On détermine les gains solaires par la fenêtre  $j$  comme suit:

$Q_{s,heat,w,m,j} = 0,95 \cdot g_{m,j} \cdot A_{g,j} \cdot I_{s,m,j,shad}$		[MJ]
avec:		
0.95	le facteur de réduction lié à la salissure;	
$g_{m,j}$	le facteur solaire mensuel de la fenêtre $j$ , déterminé selon 7.10.3.3 (-);	
$A_{g,j}$	la surface vitrée de la fenêtre $j$ en $m^2$ ;	
$I_{s,m,j,s}$ had	l'ensoleillement de la fenêtre $j$ pour le mois considéré, compte tenu de l'ombrage d'obstacles fixes, en MJ/m <sup>2</sup> , déterminé selon l'annexe C de ce texte.	

Si la valeur  $U$  de la fenêtre  $j$  est déterminée avec la méthode simplifiée, il faut toujours prendre :

- si  $U_g \leq U_f$  :  $A_{g,j} = 0.7 A_{w,d,j}$
- si  $U_g > U_f$  :  $A_{g,j} = 0.8 A_{w,d,j}$

avec :

$A_{w,d,j}$  l'aire de l'ouverture de jour de la fenêtre  $j$ .

### 7.10.3.3 Facteur solaire mensuel $g_{m,j}$ d'une fenêtre

#### 7.10.3.3.1 Principe

Le facteur solaire mensuel d'une fenêtre ( $g_{m,j}$ ) est déterminé par le facteur solaire de la partie transparente/translucide de cette fenêtre et par la nature de la protection solaire. A cet égard, il convient d'établir une distinction entre protection solaire intérieure, protection solaire extérieure et protection solaire intégrée. Une protection solaire intérieure se trouve du côté intérieur de la fenêtre, une protection solaire extérieure se trouve du côté extérieur, et une protection solaire intégrée se trouve entre les vitres qui constituent ensemble la partie transparente/translucide. Les protections solaires peuvent se situer dans le plan et en-dehors du plan de la fenêtre. Les volets, volets roulants, stores et persiennes sont des exemples de protections solaires situées dans le plan de la fenêtre. Les marquises, stores à projection et bannes solaires sont des exemples de protections solaires hors du plan de la fenêtre. Une protection solaire composée exclusivement d'écrans architectoniques est traitée comme un élément de l'environnement lié au bâtiment. Par ailleurs, les protections solaires peuvent être fixes, à commande manuelle ou automatique (distinction importante pour la détermination du facteur d'utilisation  $a_{c,m,j}$ ). La position d'une protection solaire fixe est immuable; les protections solaires à commande manuelle ou automatique ont au moins deux positions. Une commande automatique exige un activateur piloté de manière automatique (par exemple un moteur) et au moins 1 capteur d'ensoleillement par orientation de façade ou un détecteur d'absence qui referme la protection solaire en cas d'absence. En présence d'une protection solaire intégrée où l'espace intérieur est ventilé avec de l'air intérieur ou extérieur, le facteur solaire doit faire l'objet d'une demande d'équivalence.



### 7.10.3.3.2 Règle de calcul

On détermine le facteur solaire mensuel d'une fenêtre comme suit :

$g_{m,j} = 0.9 \cdot (a_{c,m} F_c + (1 - a_{c,m})) \cdot g_{g,\perp}$		[-]
avec :		
0.9	une valeur fixe pour la correction de l'angle d'incidence ;	
$F_c$	le facteur de réduction pour protection solaire, déterminé selon 7.10.3.4 ;	
$a_{c,m}$	le facteur d'utilisation mensuel de la protection solaire, déterminé selon 7.10.3.5 ;	
$g_{g,\perp}$	le facteur solaire du vitrage pour une incidence normale, déterminé selon la norme NBN EN 410.	

Si une fenêtre est équipée de plusieurs systèmes de protection solaire mobile (par exemple protection intérieure et extérieure), il faut prendre en considération le système qui possède la plus haute valeur  $F_c$  pour les calculs de chauffage, et le système possédant la valeur  $F_c$  la plus basse pour l'évaluation de l'indicateur de surchauffe et des besoins net en énergie pour le refroidissement des espaces.

### 7.10.3.4 Facteur de réduction $F_c$ pour protection solaire

#### 7.10.3.4.1 Protection solaire dans le plan de la fenêtre

Le facteur de réduction pour une protection solaire située dans le plan de la fenêtre est donné par le rapport entre le facteur solaire pour une incidence normale de la combinaison de la partie transparente/translucide et de la protection solaire, et le facteur solaire pour une incidence normale de la seule partie transparente/translucide :

$$F_c = \frac{g_{g+c,\perp}}{g_{g,\perp}} \quad (-)$$

avec :

$g_{g+c,\perp}$  le facteur solaire pour une incidence normale de la combinaison de la partie transparente/translucide et de protection solaire, déterminé selon NBN EN 13363-1, NBN EN 13363-2 ou ISO 15099. NBN EN 13363-1 peut uniquement être appliqué si toutes les conditions spécifiées dans la norme sont respectées ;

$g_{g,\perp}$  le facteur solaire pour une incidence normale pour la partie transparente/translucide de la fenêtre, déterminé selon la norme NBN EN 410.

Si  $g_{g+c,\perp}$  n'est pas indiqué, il faut utiliser les valeurs par défaut du Tableau [3]. Ces valeurs sont indépendantes du facteur solaire de la partie transparente/translucide et restent constantes tout au long de l'année.

**Tableau [3] : Valeurs par défaut pour le facteur de réduction  $F_c$  pour protection solaire dans le plan de la fenêtre**

Système de protection solaire	$F_c$
Protection solaire extérieure	0.50
Protection solaire intégrée non ventilée	0.60
Protection solaire intérieure	0.90
Tous les autres cas	1.00

#### 7.10.3.4.2 Protection solaire non située dans le plan de la fenêtre

Seules les protections solaires ayant un facteur de transmission solaire (moyenné sur la surface)  $\tau_{e,dir,h}$  (angle d'incidence perpendiculaire, transmission hémisphérique) inférieur à 30% sont prises en considération. Les protections solaires qui ne satisfont pas à ce critère sont négligées dans la détermination du niveau  $E_w$ .

Le facteur de réduction moyen mensuel  $F_c$  pour une protection solaire non située dans le plan de la fenêtre est donné par le rapport entre l'ensoleillement mensuel sur la fenêtre ombragée par la protection solaire et l'ensoleillement mensuel de la fenêtre non ombragée:

$$F_c = \frac{I_{s,m,j,shad,wC}}{I_{s,m,j,shad,woC}} \quad (-)$$

avec :

$I_{s,m,j,shad,wC}$  l'ensoleillement sur la fenêtre j pour le mois considéré, compte tenu de l'ombrage assuré tant par les obstacles fixes que par la protection solaire, en MJ/m<sup>2</sup>, déterminé selon l'annexe C de la présente annexe. Ceci exige de déterminer l'angle de surplomb  $\alpha_v$ . La protection solaire est traitée ici comme si elle était opaque.

$I_{s,m,j,shad,woC}$  l'ensoleillement sur la fenêtre j pour le mois considéré, compte tenu uniquement de l'ombrage d'obstacles fixes, en MJ/m<sup>2</sup>, déterminé selon l'annexe C de la présente annexe.

#### 7.10.3.5 Facteur d'utilisation mensuel $a_{c,m}$

Le facteur d'utilisation mensuel  $a_{c,m}$  doit être déterminé par fenêtre, en fonction du type de commande (manuelle ou automatique) et en fonction de l'orientation  $\phi_j$  et de l'inclinaison  $\theta_j$  de la surface vitrée j.

Avec une protection solaire fixe,  $a_{c,m}$  est toujours égal à 1.

En cas de protection solaire mobile, on tire  $a_{c,m}$  du Tableau [4]. Les tableaux C1 et C2 sont repris à l'annexe C de la présente annexe. La valeur varie selon qu'il s'agit de la détermination des besoins nets en énergie pour le chauffage ou pour le refroidissement, ou de l'indicateur du risque de surchauffe.

**Tableau [4] : Le facteur d'utilisation moyen  $a_{c,m}$ , en fonction du type de calcul**

Commande	Chauffage	Refroidissement	Surchauffe
Manuelle	0,0	0,2	Tableaux C1
Automatique	0,0	max(0 ; Tableaux C2 diminué de 0,1)	Tableaux C2

#### 7.10.4 Gains solaires par un système d'énergie solaire passive non ventilé

##### 7.10.4.1 Définitions

Un système d'énergie solaire passive non ventilé est une construction composée d'une partie extérieure transparente/translucide et d'une partie intérieure opaque, et où aucune circulation d'air extérieur ou intérieur n'a lieu dans la(les) lame(s) d'air (éventuellement) présent(s). Les murs (massifs) avec sur-vitrage, combinés ou non avec une isolation transparente/translucide supplémentaire, en sont des exemples.

#### 7.10.4.2 Règle de calcul

On détermine les gains solaires d'un système d'énergie solaire passive non ventilé k pendant le mois considéré comme suit :

$$Q_{s,heat,ps,m,k} = g_{eff,t,m,k} \cdot A_{ps,g,k} \cdot I_{s,m,k,shad} \quad (MJ)$$

avec :

- $g_{eff,t,m,k}$  le facteur solaire effectif du système k, tel que déterminé ci-après (-);
- $A_{ps,g,k}$  la surface transparente/translucide du système d'énergie solaire passive k, en m<sup>2</sup>;
- $I_{s,m,k,shad}$  l'ensoleillement sur le système k pour le mois considéré, compte tenu de l'ombrage d'obstacles fixes, en MJ/m<sup>2</sup>, déterminé selon l'annexe C de la présente annexe.

On détermine  $g_{eff,t,m,k}$  comme suit:

- concernant les systèmes constructifs extérieurs ayant une transmission non négligeable de l'énergie solaire, la valeur effective est proportionnelle à l'absorption de la partie opaque:

$$g_{eff,t,m,k} = \alpha \left( g_{t,h} - c_{m,k} \cdot g_{t,l} \right) \frac{U}{U_{te}}$$

- concernant les systèmes constructifs extérieurs ayant une transmission négligeable de l'énergie solaire (par exemple les constructions dans lesquelles un absorbeur est intégré), on adapte la valeur déterminée sur la base de mesures afin de tenir compte de la résistance thermique de la lame d'air (non ventilé) entre le système constructif et la partie opaque:

$$g_{eff,t,m,k} = (R_{se} + R_t) (g_{t,h} - c_{m,k} \cdot g_{t,l}) \cdot U$$

avec:

$$U = 1 / (R_{se} + R_t + R_{al} + R_i + R_{si})$$

$$U_{te} = 1 / (R_{se} + R_t + R_{al})$$

et avec :

- $\alpha$  le coefficient d'absorption de la partie opaque ;
- $g_{t,h}$  le facteur solaire du système constructif pour un rayonnement solaire hémisphérique diffus ;
- $c_{m,k}$  un coefficient repris au Tableau [5] ;
- $g_{t,l}$  le facteur solaire du système constructif sous un angle d'incidence normal ;
- $U$  le coefficient de transmission thermique de l'élément de construction, de l'intérieur vers l'extérieur, en W/m<sup>2</sup>.K ;
- $U_{te}$  le coefficient de transmission thermique externe de l'élément de construction, depuis la surface qui délimite le système constructif jusqu'à l'environnement extérieur, en W/m<sup>2</sup>.K ;
- $R_{se}$  la résistance thermique superficielle externe, en m<sup>2</sup>.K/W ;
- $R_t$  la résistance thermique du système constructif, en m<sup>2</sup>.K/W ;
- $R_{si}$  la résistance thermique superficielle interne, en m<sup>2</sup>.K/W ;
- $R_{al}$  la résistance thermique de la couche d'air (non ventilée) entre la partie opaque et le système constructif, en m<sup>2</sup>.K/W ;

$R_i$  la résistance thermique de la partie opaque derrière le système constructif, en  $m^2.K/W$ .

**Tableau [5] : Coefficients  $c_{m,k}$  pour le calcul du facteur solaire effectif d'une isolation transparente/translucide sur la base des valeurs mesurées pour l'incidence perpendiculaire et hémisphérique (pour les murs verticaux)**

	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aoû	Sept	Oct	Nov	Déc
S	-0,105	-0,067	-0,023	0,042	0,073	0,089	0,094	0,062	0,005	-0,054	-0,093	-0,105
SO/SE	-0,034	-0,027	-0,010	0,002	0,022	0,037	0,036	0,013	-0,015	-0,025	-0,034	-0,026
O/E	0,054	0,033	0,016	-0,012	-0,005	-0,002	-0,012	-0,007	-0,001	0,024	0,049	0,052
NO/NE	0,002	0,008	0,016	0,030	0,018	0,013	0,013	0,024	0,033	0,014	0,004	0,000
N	0,000	0,000	0,000	0,011	0,021	0,031	0,042	0,012	0,000	0,000	0,000	0,000

## 8 Risque de surchauffe et refroidissement

### 8.1 Principe

Dans un climat froid comme celui de la Belgique, une combinaison raisonnable d'interventions constructives et occupationnelles réduit suffisamment le risque de surchauffe estivale dans les bâtiments résidentiels pour pouvoir se passer de refroidissement actif. Il suffit de ne pas prendre une surface de fenêtres trop grande, de prévoir si nécessaire une protection solaire extérieure, de conférer aux murs intérieurs, aux plafonds et aux planchers une hauteur suffisante, une masse thermique suffisamment élevée et accessible, et d'assurer une ventilation supplémentaire la nuit.

Quand il y a encore des plaintes, elles sont généralement liées à une pièce. Les gains solaires par pièce, les gains de chaleur internes, la masse thermique accessible, les possibilités de ventilation et la température souhaitée (différente, par exemple, dans une salle de bains et dans une chambre à coucher) déterminent, entre autres, le risque de surchauffe dans cette pièce et la décision éventuelle de prévoir quand même un refroidissement actif. Une évaluation des risques de surchauffe devrait donc se faire au niveau de chaque pièce. Dans le cadre de la présente annexe, on utilise une méthode très simplifiée qui évalue la surchauffe par secteur énergétique sans donner de réponse définitive quant à la surchauffe possible dans une pièce.

L'évaluation se fait en 3 étapes.

Dans une 1<sup>ère</sup> étape, pour chaque secteur énergétique, on évalue de façon conventionnelle le risque de surchauffe. Les gains de chaleur normalisés excédentaires sont pris comme indicateur du risque de surchauffe.

Une valeur de l'indicateur de surchauffe inférieure à la limite maximale autorisée ne donne aucune garantie qu'aucun problème de surchauffe ne surviendra. Un réel risque de surchauffe existe pour des valeurs proches de la valeur maximale. Si des problèmes de surchauffe se produisent, il y a de grandes chances pour qu'une installation de refroidissement actif soit installée, avec la consommation d'énergie associée. Pour tenir compte de manière équilibrée de l'effet de cette consommation sur la performance énergétique du bâtiment lors de la conception et de la construction, on introduit le concept de refroidissement fictif. De cette manière, on anticipe de manière conventionnelle l'utilisation éventuelle d'une installation de refroidissement.

Dans une 2<sup>ème</sup> étape, on définit, en fonction de l'indicateur de surchauffe, une sorte de probabilité conventionnelle qu'une installation de refroidissement actif soit effectivement placée. Deux cas peuvent se présenter :

- si une installation de refroidissement actif est placée dès la construction, on tient toujours entièrement compte des besoins de refroidissement. La probabilité qu'une installation de refroidissement soit placée est alors de 1, quelle que soit la valeur de l'indicateur de surchauffe.
- si on ne place pas de refroidissement actif lors de la construction, on considère un palier pour l'indicateur de surchauffe. Sous ce palier, le risque de surchauffe est considéré comme tellement faible que la probabilité que du refroidissement actif soit installé par après est prise comme étant égale à 0. Entre le palier et la valeur maximale autorisée, on considère conventionnellement une augmentation linéaire de la probabilité entre 0 et 1.

Au cas où la probabilité conventionnelle n'est pas nulle, on calcule, dans une troisième étape, le besoin net en énergie pour le refroidissement sur base des gains de chaleur excédentaires par rapport à la valeur de consigne pour le refroidissement. On prend conventionnellement 23°C comme valeur de consigne.

Lorsqu'une installation de refroidissement actif garanti un confort d'été, on considère que les occupants utiliseront moins les éventuelles protections solaires ou les possibilités de ventilation (nocturne) intensive. Ces installations sont donc considérées différemment que lors de l'évaluation du risque de surchauffe.

## 8.2 Détermination de l'indicateur de surchauffe

L'exigence pour le risque de surchauffe doit être évaluée au niveau de l'unité PEB. Le calcul ci-après de l'indicateur du risque de surchauffe s'effectue lui par secteur énergétique. Le calcul de l'indicateur du risque de surchauffe pour l'ensemble de l'unité PEB se fait exactement de la même manière que celui pour un secteur énergétique. Dans les formules ci-après, il suffit de remplacer partout l'indice "sec i" par l'indice "PER".

On détermine, par secteur énergétique i, l'indicateur du risque de surchauffe comme étant égal aux gains de chaleur annuels normalisés excédentaires par rapport à la température de consigne du chauffage pour le secteur énergétique i. Cette valeur étant égale à la somme des valeurs mensuelles :

$$I_{\text{overh,sec i}} = Q_{\text{excess norm,sec i,a}} = \sum_{m=1}^{12} Q_{\text{excess norm,sec i,m}} \quad (\text{Kh})$$

avec

$$Q_{\text{excess norm,sec i,m}} = \frac{(1 - \eta_{\text{util,overh,sec i,m}}) \cdot Q_{\text{g,overh,sec i,m}}}{H_{\text{T,overh,sec i,m}} + H_{\text{V,overh,sec i,m}}} \cdot \frac{1000}{3,6} \quad (\text{Kh})$$

et avec :

$$Q_{\text{g,overh,sec i,m}} = Q_{\text{i,sec i,m}} + Q_{\text{s,overh,sec i,m}} \quad (\text{MJ})$$

$$\eta_{\text{util,overh,sec i,m}} = a_m / (a_m + 1) \quad \text{pour } \gamma_{\text{overh,sec i,m}} = 1 \quad (-)$$

$$\eta_{\text{util,overh,sec i,m}} = \frac{1 - (\gamma_{\text{overh,sec i,m}})^{a_m}}{1 - (\gamma_{\text{overh,sec i,m}})^{a_m + 1}} \quad \text{pour les autres cas} \quad (-)$$

avec :

$$\gamma_{\text{overh,sec i,m}} = Q_{\text{g,overh,sec i,m}} / Q_{\text{L,overh,sec i,m}} \quad (-)$$

$$a = 1 + \frac{\tau_{\text{overh,sec i,m}}}{54000} \quad (-)$$

$$Q_{\text{L,overh,sec i,m}} = Q_{\text{T,overh,sec i,m}} + Q_{\text{V,overh,sec i,m}} \quad (\text{MJ})$$

$$Q_{\text{T,overh,sec i,m}} = H_{\text{T,overh,sec i,m}} \cdot (23 - (\theta_{\text{e,m}} + \Delta\theta_{\text{e,m}})) \cdot t_m \quad (\text{MJ})$$

$$Q_{\text{V,overh,sec i,m}} = H_{\text{V,overh,sec i,m}} \cdot (23 - (\theta_{\text{e,m}} + \Delta\theta_{\text{e,m}})) \cdot t_m \quad (\text{MJ})$$

$$\tau_{\text{overh,sec i,m}} = \frac{C_{\text{sec i}}}{H_{\text{T,overh,sec i,m}} + H_{\text{V,overh,sec i,m}}} \quad (\text{s})$$

avec :	
$\eta_{\text{util,overh,sec i,m}}$	le taux d'utilisation des gains de chaleur mensuels du secteur énergétique i, pour l'indicateur du risque de surchauffe (-) ;
$Q_{\text{g,overh,sec i,m}}$	les gains de chaleur mensuels par ensoleillement et production

	de chaleur interne dans le secteur énergétique $i$ pour l'indicateur du risque de surchauffe, en MJ ;
$Q_{i,sec\ i,m}$	les gains de chaleur mensuel par production de chaleur interne dans le secteur énergétique $i$ , en MJ, déterminé selon 7.9.2 ;
$Q_{s,overh,sec\ i,m}$	les gains de chaleur mensuel par ensoleillement dans le secteur énergétique $i$ pour l'indicateur du risque de surchauffe, en MJ, déterminé selon 7.10 ;
$\gamma_{overh,sec\ i,m}$	le rapport entre les gains de chaleur mensuels et les déperditions de chaleur mensuelles dans le secteur énergétique $i$ pour l'indicateur du risque de surchauffe (-) ;
$Q_{L,overh,sec\ i,m}$	les déperditions de chaleur mensuelles du secteur énergétique $i$ par transmission et par ventilation pour l'indicateur du risque de surchauffe, en MJ ;
$a_m$	un paramètre numérique ;
$Q_{T,overh,sec\ i,m}$	les déperditions de chaleur mensuelles par transmission du secteur énergétique $i$ pour l'indicateur du risque de surchauffe, en MJ ;
$Q_{V,overh,sec\ i,m}$	les déperditions de chaleur mensuelles par ventilation du secteur énergétique $i$ pour l'indicateur du risque de surchauffe, en MJ ;
$\theta_{e,m}$	la température extérieure moyenne mensuelle, en °C, voir Tableau [1] ;
$\Delta\theta_{e,m}$	une hausse de la température extérieure moyenne mensuelle pour le calcul du besoin net en énergie pour l'indicateur du risque de surchauffe, égale par hypothèse à 1°C ;
$H_{T,overh,sec\ i}$	le coefficient de transfert thermique du secteur énergétique $i$ par transmission pour l'indicateur du risque de surchauffe, en W/K, tel que déterminé ci-dessous ;
$H_{V,overh,sec\ i,m}$	le coefficient de transfert thermique mensuel du secteur énergétique $i$ par ventilation pour l'indicateur du risque de surchauffe, en W/K, déterminé selon 7.8.2 ;
$\tau_{overh,sec\ i,m}$	la constante de temps mensuel du secteur énergétique $i$ pour l'indicateur du risque de surchauffe, en s ;
$C_{sec\ i}$	la capacité thermique effective du secteur énergétique $i$ , en J/K, déterminée selon 7.6 ;
$t_m$	la longueur du mois considéré, en Ms, voir Tableau [1].

Une 'unité PER' répond aux exigences relatives aux limitations du risque de surchauffe si son indicateur du risque de surchauffe est inférieur à la valeur maximale autorisée de 6500 Kh.

$H_{T,overh,sec\ i}$  est déterminé selon 7.7.2 Toutefois si l'influence des nœuds constructifs est calculé de manière forfaitaire (selon l'option C de l'annexe B2 au présent arrêté), ce supplément forfaitaire n'est pas pris en considération dans le calcul de l'indicateur du risque de surchauffe.

### 8.3 Probabilité conventionnelle que du refroidissement actif soit installé

Lors de la détermination de la performance énergétique, on applique par convention la valeur suivante pour la probabilité que du refroidissement actif soit placé (voir 8.1 pour plus d'explications):

1. si du refroidissement actif est installé dans le secteur énergétique  $i$ , on a :

$$p_{cool,sec\ i} = 1 \quad (-)$$

2. si aucun refroidissement actif n'est installé dans le secteur énergétique  $i$ , on a :

$$p_{cool,sec\ i} = \max\left\{0, \min\left(\frac{I_{overh,sec\ i} - I_{overh,thresh}}{I_{overh,max} - I_{overh,thresh}}, 1\right)\right\} \quad (-)$$

avec :

$I_{overh,thresh}$  la valeur de seuil au-dessus de laquelle il faut tenir compte, pour la détermination de la performance énergétique, d'un risque d'installation de refroidissement actif ultérieure. Cette valeur est par hypothèse égale à 1000 Kh ;

$I_{overh,max}$  la valeur maximale autorisée pour l'indicateur du risque de surchauffe, cette valeur est par hypothèse égale à 6500 Kh.

#### 8.4 Refroidissement

Les besoins nets en énergie pour le refroidissement par mois et par secteur énergétique  $i$  sont déterminés comme le produit de la probabilité conventionnelle que l'on installe un refroidissement actif et des besoins nets en énergie fondamentaux pour le refroidissement :

$Q_{cool,net,sec\ i,m} = p_{cool,sec\ i} \cdot Q_{cool,net,princ,sec\ i,m}$		[MJ]
avec :		
$p_{cool,sec\ i}$	la probabilité conventionnelle d'installation d'un refroidissement actif, déterminé selon 8.3 (-) ;	
$Q_{cool,net,princ,sec\ i,m}$	les besoins nets en énergie fondamentaux pour le refroidissement, en MJ, tels que déterminés ci-dessous.	

On détermine les besoins nets en énergie fondamentaux pour le refroidissement,  $Q_{cool,net,princ,sec\ i,m}$ , comme suit :

<ul style="list-style-type: none"> <li>si <math>\lambda_{cool,sec\ i,m}</math> est supérieur ou égal à 2.5, on a :</li> </ul>		
$Q_{cool,net,princ,sec\ i,m} = 0$		[MJ]
<ul style="list-style-type: none"> <li>si <math>\lambda_{cool,sec\ i,m}</math> est inférieur à 2.5, on a :</li> </ul>		
$Q_{cool,net,princ,sec\ i,m} = Q_{g,cool,sec\ i,m} - \eta_{util,cool,sec\ i,m} \cdot Q_{L,cool,sec\ i,m}$		[MJ]
avec :		
$Q_{g,cool,sec\ i,m} = Q_{i,sec\ i,m} + Q_{s,cool,sec\ i,m}$		[MJ]
$\eta_{util,cool,sec\ i,m} = a_m / (1 + a_m)$ pour $\lambda_{cool,sec\ i,m} = 1$		[-]
$\eta_{util,cool,sec\ i,m} = \frac{1 - (\lambda_{cool,sec\ i,m})^{a_m}}{1 - (\lambda_{cool,sec\ i,m})^{a_m + 1}}$ pour les autres cas		[-]
et :		
$\lambda_{cool,sec\ i,m} = Q_{L,cool,sec\ i,m} / Q_{g,cool,sec\ i,m}$		[-]
$a_m = 1 + \frac{\tau_{cool,sec\ i,m}}{54000}$		[-]
$Q_{L,cool,sec\ i,m} = Q_{T,cool,sec\ i,m} + Q_{V,cool,sec\ i,m}$		[MJ]
$Q_{T,cool,sec\ i,m} = H_{T,cool,sec\ i} \cdot [23 - (\theta_{e,m} + \Delta\theta_{e,m})] \cdot t_m$		[MJ]
$Q_{V,cool,sec\ i,m} = H_{V,cool,sec\ i,m} \cdot [23 - (\theta_{e,m} + \Delta\theta_{e,m})] \cdot t_m$		[MJ]
$\tau_{cool,sec\ i,m} = \frac{C_{sec\ i}}{H_{T,cool,sec\ i} + H_{V,cool,sec\ i,m}}$		[s]
avec :		
$\eta_{util,cool,sec\ i,m}$	le taux d'utilisation des gains de chaleur mensuels d'un secteur énergétique $i$ , pour la détermination du besoin de	



	refroidissement (-) ;
$Q_{g,cool,sec\ i,m}$	les gains de chaleur mensuels par ensoleillement et par production de chaleur interne dans le secteur énergétique $i$ pour la détermination du besoin de refroidissement, en MJ ;
$Q_{i,sec\ i,m}$	les gains de chaleur mensuels par production de chaleur interne dans le secteur énergétique $i$ , en MJ, déterminé selon 7.9.2 ;
$Q_{s,cool,sec\ i,m}$	les gains de chaleur mensuels par ensoleillement dans le secteur énergétique $i$ pour la détermination du besoin de refroidissement, en MJ, déterminé selon 7.10 ;
$\lambda_{cool,sec\ i,m}$	le rapport entre les déperditions de chaleur mensuelles et les gains de chaleur mensuels dans le secteur énergétique $i$ pour la détermination du besoin de refroidissement (-) ;
$Q_{L,cool,sec\ i,m}$	les déperditions de chaleur mensuelles du secteur énergétique $i$ par transmission et par ventilation pour la détermination du besoin de refroidissement, en MJ ;
$a_m$	un paramètre numérique ;
$Q_{T,cool,sec\ i,m}$	les déperditions de chaleur mensuelles du secteur énergétique $i$ par transmission pour la détermination du besoin de refroidissement, en MJ ;
$Q_{V,cool,sec\ i,m}$	les déperditions de chaleur mensuelles du secteur énergétique $i$ par ventilation pour la détermination du besoin de refroidissement, en MJ ;
$\theta_{e,m}$	la température extérieure moyenne mensuelle, en °C, voir Tableau [1] ;
$\Delta\theta_{e,m}$	une hausse de la température extérieure moyenne mensuelle pour le calcul du besoin net en énergie pour le refroidissement, égale par hypothèse à 1°C ;
$H_{T,cool,sec\ i}$	le coefficient de transfert thermique du secteur énergétique $i$ par transmission pour la détermination du besoin de refroidissement, en W/K. Cette valeur est par hypothèse égale à $H_{T,overh,sec\ i}$ tel que déterminé dans 8.2 ;
$H_{V,cool,sec\ i,m}$	le coefficient de transfert thermique mensuel du secteur énergétique $i$ par ventilation pour la détermination du besoin de refroidissement, en W/K, déterminée selon 7.8 ;
$\tau_{cool,sec\ i,m}$	la constante de temps mensuel du secteur énergétique $i$ pour la détermination du besoin de refroidissement, en s ;
$C_{sec\ i}$	la capacité thermique effective du secteur énergétique $i$ , en J/K, déterminée selon 7.6 ;
23	la température intérieure imposée par la présente annexe pour la détermination du besoin de refroidissement, en °C ;
$t_m$	la longueur du mois considéré, en Ms, voir Tableau [1].

#### REMARQUE

Pour le climat belge, le besoin de refroidissement dépend fortement des conditions atmosphériques du moment. Le besoin de refroidissement d'une année météorologique moyenne n'est pas égal au besoin de refroidissement moyen sur différentes années car les années chaudes pèsent relativement plus lourd. Les calculs tiennent compte de ce phénomène, en prenant des températures quelque peu supérieures à la moyenne au long de l'année.

## 9 Besoins bruts en énergie pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire

### 9.1 Préambule

L'évaluation des besoins bruts en énergie pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire tient compte du système de stockage de chaleur, de distribution de chaleur, d'émission de chaleur et de régulation pour le chauffage des locaux et l'eau chaude sanitaire. Les besoins bruts en énergie représentent l'énergie transmise par les installations de production de chaleur au système de distribution de chaleur (ou de stockage de chaleur) consacré au chauffage des locaux et au système de distribution d'eau chaude sanitaire.

Une installation de chauffage se compose de:

- Une installation de production de chaleur. En cas de chauffage central, il s'agit de chaudières (hydroniques), de générateurs (d'air chaud), de pompes à chaleur ou d'installations de cogénération. En cas de chauffage local, la production de chaleur s'effectue dans les émetteurs de chaleur proprement dits.
- Éventuellement un système de stockage de chaleur;
- Un système de distribution de chaleur. Il s'agit de conduites en cas de chauffage central hydronique et de gaines en cas de chauffage à air chaud. Un chauffage local n'a pas de système de distribution de chaleur;
- Un système d'émission de chaleur. Radiateurs, convecteurs, conduites dans le sol, conduites dans le plafond, conduites dans les murs ou grilles en cas de chauffage central; poêles, radiateurs ou convecteurs en cas de chauffage local;
- La régulation de chacun de ces systèmes.

Les besoins bruts en énergie pour le chauffage comprennent les besoins nets en énergie pour le chauffage et toutes les déperditions qui surviennent lors du stockage, de la distribution et de l'émission de chaleur ainsi que lors de la régulation de chacun de ces systèmes. Ces déperditions sont calculées via le rendement du système.

Si, dans un secteur énergétique, plusieurs valeurs d'un rendement partiel donné devaient être d'application (par exemple dans Tableau [6]), il faut calculer avec la valeur la plus négative pour l'ensemble du secteur énergétique. (Le cas échéant, le secteur énergétique peut évidemment être subdivisé en plusieurs secteurs énergétiques plus petits.)

Une installation d'eau chaude sanitaire se compose de :

- une production de chaleur. On distingue ici 2 types : les installations à production instantanée de l'eau chaude sanitaire et les installations à accumulation. Dans les deux cas, l'appareil producteur de chaleur destiné au chauffage des locaux peut fournir la chaleur, ou bien le chauffage et l'eau chaude sanitaire ont chacun leur propre appareil producteur de chaleur ;
- une distribution de chaleur.

Les besoins bruts en énergie pour l'eau chaude sanitaire comprennent les besoins nets en énergie pour l'eau chaude sanitaire et toutes les déperditions qui surviennent lors de la distribution. Ces déperditions sont calculées via le rendement du système. Au cas où plus d'une installation de production de chaleur assure la production d'eau chaude sanitaire, chacune est associée aux points de puisage qu'elle dessert.

## 9.2 Besoins mensuels bruts en énergie pour le chauffage:

### 9.2.1 Principe

On obtient les besoins bruts mensuels en énergie pour le chauffage d'un secteur énergétique  $i$  en divisant les besoins nets mensuels en énergie pour le chauffage par le rendement mensuel moyen du système de chauffage. Ce rendement mensuel moyen du système représente le rapport entre la chaleur utile que le système d'émission de chaleur émet chaque mois au profit du secteur énergétique et la chaleur que l'installation de production de chaleur correspondante transmet chaque mois au système de distribution de chaleur (et éventuellement au stockage de chaleur). L'écart entre les deux est déterminé, entre autres, par les flux de déperdition suivants :

- les déperditions de stockage et de distribution non récupérées ;
- un flux de déperdition supplémentaire à travers les parois extérieures à l'arrière, au-dessous ou au-dessus du corps de chauffe ;
- un flux de déperdition supplémentaire résultant de la stratification de la température, à cause de laquelle la température au niveau de référence est plus basse qu'au niveau du plafond ;
- un flux de déperdition supplémentaire dû au fait que le calcul d'une température intérieure un peu basse mais constante de 18°C intègre un abaissement nocturne de la température et des températures diurnes différenciées, et que la régulation n'est pas en mesure de réaliser simplement la différenciation souhaitée ;
- un flux de déperdition supplémentaire du fait que les utilisateurs du bâtiment considèrent la valeur de consigne moins le différentiel comme la température souhaitée.

Les besoins bruts mensuels en énergie pour le chauffage sont calculés comme suit:

$$Q_{\text{heat,gross,sec } i,m} = \frac{Q_{\text{heat,net,sec } i,m}}{\eta_{\text{sys,heat,sec } i,m}} \quad (\text{MJ})$$

avec:

- $Q_{\text{heat,gross,sec } i,m}$  les besoins mensuels bruts en énergie pour le chauffage des locaux d'un secteur énergétique  $i$ , en MJ ;
- $Q_{\text{heat,net,sec } i,m}$  les besoins mensuels nets en énergie pour le chauffage des locaux d'un secteur énergétique  $i$ , en MJ, déterminés selon 7.2 ;
- $\eta_{\text{sys,heat,sec } i,m}$  le rendement mensuel moyen du système pour le chauffage d'un secteur énergétique  $i$ , déterminé selon 9.2.2 (-).

### 9.2.2 Rendement mensuel moyen du système

#### 9.2.2.1 Principe

Le rendement mensuel moyen du système défini ci-dessus se compose, à son tour, du produit du rendement mensuel moyen de l'émission, de la distribution et du stockage:

$$\eta_{\text{sys,heat,sec } i,m} = \eta_{\text{em,heat,sec } i,m} \eta_{\text{distr,heat,sec } i,m} \eta_{\text{stor,heat,sec } i,m} \quad (-)$$

avec:

- $\eta_{\text{em,heat,sec } i,m}$  le rendement mensuel moyen d'émission d'un secteur énergétique  $i$ , déterminé selon 9.2.2.2 ;
- $\eta_{\text{distr,heat,sec } i,m}$  le rendement mensuel moyen de distribution d'un secteur énergétique  $i$ , déterminé selon 9.2.2.3 ;
- $\eta_{\text{stor,heat,sec } i,m}$  le rendement mensuel moyen de stockage d'un secteur énergétique  $i$ , déterminé selon 9.2.2.4.

Le rendement mensuel moyen d'émission représente le rapport entre la chaleur utile que les corps de chauffe émettent chaque mois au profit du secteur énergétique et la chaleur totale qu'ils émettent chaque mois. Il comprend aussi bien les déperditions de chaleur inutiles de ces éléments que les déperditions dues à une régulation imparfaite.

Le rendement moyen mensuel de distribution représente le rapport entre la chaleur que les corps de chauffe émettent chaque mois au profit du secteur énergétique et la chaleur que la/les installation(s) de production de chaleur et/ou la/les ballon(s) de stockage transmettent chaque mois au système de distribution de chaleur.

En cas de stockage d'énergie thermique dans un réservoir tampon, le rendement moyen mensuel de stockage représente le rapport entre la chaleur fournie chaque mois au système de distribution et la chaleur que la/les installation(s) de production de chaleur transmettent chaque mois au(x) ballon(s) de stockage.

La méthode de détermination du rendement de système mensuel moyen d'un système dit " Combilus " est déterminée par le Ministre. Par " Combilus " on entend une conduite de circulation commune (dans le sens où plusieurs unités PEB sont alimentées par le même appareil " Combilus ") qui fournit de la chaleur pour le chauffage et pour l'eau chaude sanitaire.

#### 9.2.2.2 Rendement d'émission

Pour simplifier l'approche, on prend les valeurs du Tableau [6]. Pour un calcul détaillé, on se reportera à l'annexe D de la présente annexe.

Si, dans le cas d'un chauffage central, il y a plus de 1 système d'émission dans le secteur énergétique, on tient compte du système ayant le plus mauvais rendement d'émission du Tableau [6]. Dans ce cas, il n'est plus possible d'utiliser l'annexe D de la présente annexe.

Si, dans un secteur énergétique, il devait y avoir plusieurs types de chauffage local, il faut obligatoirement affiner la subdivision en secteurs énergétiques, afin qu'il ne subsiste plus que 1 seul type dans chaque secteur : voir également 5.3.

**Tableau [6] : Valeurs de calcul pour le rendement d'émission**

<b>Chauffage central</b>		
régulation de la température intérieure	régulation de la température de départ de l'eau du circuit ou de l'air	
	valeur de consigne constante	valeur de consigne variable
commande de la température par local	0.87 (1)	0.89 (1)
Autres	0.85 (1)	0.87 (1)
<b>Chauffage local</b>		
poêle au bois		0.82
poêle au charbon		0.82
poêle au mazout		0.87
poêle au gaz		0.87
radiateur ou convecteur sans régulation électronique (par exemple avec bilame)		électrique, 0.90
radiateur ou convecteur avec régulation électronique		électrique, 0.96
chauffage électrique à accumulation, sans capteur externe (par exemple réglage manuel)		0.85
chauffage électrique à accumulation, avec capteur externe		0.92
chauffage électrique à résistance incorporé dans le plancher, le mur ou le plafond		0.87
<b>Chauffage collectif</b>		
Si plusieurs unités d'habitation disposent d'une installation de production de chaleur commune, les valeurs ci-dessus (relatives au chauffage central) doivent être diminuées comme suit:		

<ul style="list-style-type: none"> <li>• si un décompte individuel des coûts de chauffage est établi par unité d'habitation sur la base d'une mesure individuelle de la consommation réelle: on multiplie la valeur d'application ci-dessus par le facteur 0.95</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• si l'on n'effectue pas ce genre de décompte individualisé réel des coûts de chauffage: on multiplie la valeur d'application ci-dessus par le facteur 0.85</li> </ul>

(1) Si 1 ou plusieurs éléments d'émission de chaleur du secteur énergétique sont (partiellement) installés devant un vitrage, le rendement est diminué de 0.08.

Dans les systèmes de chauffage central, il faut établir une distinction selon la régulation de la température de départ dans le système de distribution<sup>6</sup> :

- soit la valeur de consigne est constante ;
- soit la valeur de consigne change automatiquement, par exemple avec la température extérieure.

Une régulation rentre dans la catégorie 'commande de la température par local' si l'émission de chaleur est régulée dans tous les locaux du secteur énergétique considéré de telle sorte que l'apport de chaleur se coupe automatiquement dès que la valeur de consigne de la température intérieure est atteinte. Cela peut se faire par exemple au moyen de vannes thermostatiques sur tous les éléments d'émission et/ou par une régulation thermostatique dans chaque pièce. Les vannes d'arrêt simples montées sur les radiateurs ne rentrent pas dans la catégorie 'pilotée par la température'.

### 9.2.2.3 Rendement de distribution

On prend comme approche simple du rendement mensuel de distribution les valeurs constantes du Tableau [7]. Pour un calcul détaillé, on consultera l'annexe E de la présente annexe.

Tableau [7] : Rendement de distribution

Installation de chauffage	$\eta_{distr,heat,sec i,m}$
Chauffage local	1.00
Chauffage central à eau chaude ou à air chaud, chauffage collectif	
- Toutes les conduites ou les gaines à l'intérieur de la couche d'isolation du volume protégé	1.00
- Une partie des conduites ou des gaines à l'extérieur de la couche d'isolation du volume protégé	0.95

### 9.2.2.4 Rendement du stockage

On prend comme approche simplifiée du rendement mensuel de stockage les valeurs constantes du Tableau [8].

Tableau [8] : Rendement de stockage

Stockage de chaleur pour le chauffage dans un (ou plusieurs) réservoir(s) tampon(s)	$\eta_{stor,heat,sec i,m}$
Absent	1.00
Présent	
- à l'intérieur du volume protégé	1.00

<sup>6</sup> Exemple : une valeur de consigne variable peut être réalisée à l'aide d'une régulation glissante de la température de la chaudière ou d'une vanne à trois voies immédiatement après la chaudière pour autant qu'elle soit équipée d'une régulation automatique à point de consigne variable.

### 9.3 Besoins mensuels bruts en énergie pour l'eau chaude sanitaire:

#### 9.3.1 Principe

Les besoins bruts mensuels en énergie pour l'eau chaude sanitaire sont obtenus en divisant le besoin net en énergie par le rendement mensuel moyen correspondant du système:

$$Q_{\text{water,bath } i,\text{gross,m}} = r_{\text{water,bath } i,\text{gross}} \times \frac{Q_{\text{water,bath } i,\text{net,m}}}{\eta_{\text{sys,bath } i,\text{m}}} \quad (\text{MJ})$$

$$Q_{\text{water,sink } i,\text{gross,m}} = r_{\text{water,sink } i,\text{gross}} \times \frac{Q_{\text{water,sink } i,\text{net,m}}}{\eta_{\text{sys,sink } i,\text{m}}} \quad (\text{MJ})$$

avec:

$Q_{\text{water,bath } i,\text{net,m}}$  les besoins mensuels nets en énergie pour l'eau chaude sanitaire d'une douche ou d'une baignoire  $i$ , en MJ, déterminés selon 7.3 ;

$Q_{\text{water,sink } i,\text{net,m}}$  les besoins mensuels nets en énergie pour l'eau chaude sanitaire d'un évier de cuisine  $i$ , en MJ, déterminés selon 7.3 ;

$\eta_{\text{sys,bath } i,\text{m}}$  le rendement mensuel moyen du système pour l'eau chaude sanitaire d'une douche ou d'une baignoire  $i$ , déterminé selon 9.3.2.2 (-) ;

$\eta_{\text{sys,sink } i,\text{m}}$  le rendement mensuel moyen du système pour l'eau chaude sanitaire d'un évier de cuisine  $i$ , déterminé selon 9.3.2.2 (-) ;

$r_{\text{water,bath } i,\text{gross}}$  un facteur de réduction pour l'effet du préchauffage de l'amenée d'eau froide vers le(s) appareil(s) producteur(s) de chaleur pour la préparation de l'eau chaude sanitaire destinée à une douche ou à une baignoire  $i$ , par récupération de la chaleur de l'évacuation, à déterminer selon des règles spécifiées par le Ministre (-) ;

$r_{\text{water,sink } i,\text{gross}}$  un facteur de réduction pour l'effet du préchauffage de l'amenée d'eau froide vers le(s) appareil(s) producteur(s) de chaleur pour la préparation de l'eau chaude sanitaire destinée à un évier de cuisine  $i$ , par récupération de la chaleur de l'évacuation, à déterminer selon des règles spécifiées par le Ministre (-).

Les facteurs de réduction  $r_{\text{water,gross}}$  ne peuvent pas être appliqués dans le cas où l'eau chaude sanitaire destinée à la douche, la baignoire ou l'évier de cuisine est soutirée à une conduite de circulation. Dans ce cas, il faut faire appel au principe d'équivalence.

### 9.3.2 Rendement du système pour l'eau chaude sanitaire

#### 9.3.2.1 Principe

Le rendement du système pour l'eau chaude sanitaire dépend du mode de distribution de l'eau chaude et du mode de puisage. A chaque prélèvement, de l'eau chaude refoule l'eau qui a refroidi entre-temps dans les conduites de puisage. De même, après cette évacuation initiale, l'eau chaude se refroidit lors de son passage dans les conduites de puisage. Les installations à conduite de circulation présentent une déperdition de chaleur proportionnelle à la longueur de la conduite. La conduite de circulation peut concerner aussi bien une 'unité PER' (par ex. une habitation individuelle) que plusieurs 'unités PER' (par exemple les différentes unités d'habitation d'un immeuble à appartements à production centrale collective d'eau chaude sanitaire).

La méthode de détermination du rendement d'un système dit " Combilus " est déterminée par le Ministre.

### 9.3.2.2 Règle de calcul

On détermine comme suit le rendement du système dans les salles de bains et les cuisines :

- sans conduite de circulation :

$$\eta_{\text{sys, bath } i, m} = \eta_{\text{tubing, bath } i}$$

$$\eta_{\text{sys, sink } i, m} = \eta_{\text{tubing, sink } i}$$

- avec conduite de circulation :

$$\eta_{\text{sys, bath } i, m} = \eta_{\text{tubing, bath } i} \eta_{\text{water, circ } k, m}$$

$$\eta_{\text{sys, sink } i, m} = \eta_{\text{tubing, sink } i} \eta_{\text{water, circ } k, m}$$

avec :

$\eta_{\text{tubing, bath } i}$  la contribution au rendement du système des conduites d'eau sanitaire vers une douche ou une baignoire  $i$ , telle que déterminée ci-dessous (-);

$\eta_{\text{tubing, sink } i}$  la contribution au rendement du système des conduites d'eau sanitaire vers un évier de cuisine  $i$ , telle que déterminée ci-dessous (-);

$\eta_{\text{water, circ } k, m}$  la contribution au rendement du système des déperditions mensuelles de la conduite de circulation  $k$ , telle que déterminée ci-dessous (-).

On détermine comme suit la contribution des conduites d'eau sanitaire:

-

$$\eta_{\text{tubing bath } i} = \frac{25}{25 + 1_{\text{tubing bath } i} / r_{\text{water bath } i, \text{net}}}$$

$$\eta_{\text{tubing sink } i} = \frac{9.5}{9.5 + 1_{\text{tubing sink } i} / r_{\text{water sink } i, \text{net}}}$$

avec :

$l_{\text{tubing, bath } i}$  la longueur des conduites vers une douche ou une baignoire  $i$ , en m. S'il n'y a pas de conduite de circulation: on prend la longueur égale à la somme des plus courtes distances à l'horizontale et à la verticale entre le point de raccordement de l'appareil producteur de chaleur concerné pour l'eau chaude sanitaire et le milieu du plancher de la salle de bains considérée. En alternative, on peut également prendre la longueur réelle de la conduite.

S'il y a une conduite de circulation: on prend la longueur égale à la somme des plus courtes distances à l'horizontale et à la verticale entre le point d'embranchement concerné de la conduite de circulation et le milieu du plancher de la salle de bains considérée. En alternative, on peut également prendre la longueur réelle de la conduite;

$r_{\text{water, bath } i, \text{net}}$  un facteur de réduction pour l'effet du préchauffage de l'amenée d'eau froide vers la douche ou la baignoire  $i$  par récupération de la chaleur de l'évacuation, à déterminer selon des règles spécifiées par le Ministre (-);

$l_{\text{tubing, sink } i}$  la longueur des conduites vers un évier de cuisine  $i$ , en m. S'il n'y a pas de conduite de circulation: on prend la longueur égale à la somme des plus courtes distances à l'horizontale et à la verticale entre l'appareil producteur de chaleur concerné pour l'eau chaude sanitaire et le milieu du plancher de la cuisine considérée. En alternative, on peut également prendre la longueur réelle de la conduite. S'il y a une conduite de circulation: on prend la longueur égale à la somme des plus courtes distances à

l'horizontale et à la verticale entre le point d'embranchement concerné de la conduite de circulation et le milieu du plancher de la cuisine considérée. En alternative, on peut également prendre la longueur réelle de la conduite;

$r_{\text{water,sink } i,\text{net}}$  un facteur de réduction pour l'effet du préchauffage de l'amenée d'eau froide vers l'évier de cuisine  $i$  par récupération de la chaleur de l'évacuation, à déterminer selon des règles spécifiées par le Ministre (-);

Comme valeurs par défaut, on utilise :

$l_{\text{tubing,bath } i} = 10 \text{ m}$

$l_{\text{tubing,sink } i} = 20 \text{ m}$

On détermine comme suit la contribution de la conduite de circulation  $k$  :

$$\eta_{\text{water,circ } k,m} = \frac{Q_{\text{water out,circ } k,m}}{Q_{\text{water out,circ } k,m} + t_m \sum_j \frac{l_{\text{circ } k,j} \cdot (60 - \theta_{\text{amb,m,j}})}{R_{1,j}}} \quad (-)$$

avec :

$$Q_{\text{water out,circ } k,m} = \sum_i \left( w_{\text{bath } i,\text{circ } k} \frac{Q_{\text{water,bath } i,\text{net},m}}{\eta_{\text{tubing,bath } i}} + w_{\text{sink } i,\text{circ } k} \frac{Q_{\text{water,sink } i,\text{net},m}}{\eta_{\text{tubing,sink } i}} \right) \quad (\text{MJ})$$

et :

$t_m$  la longueur du mois considéré, en Ms, voir Tableau [1] ;

$l_{\text{circ } k,j}$  la longueur du segment  $j$  de la conduite de circulation  $k$ , en m ;

$\theta_{\text{amb,m,j}}$  la température ambiante moyenne mensuelle du segment de conduite  $j$ , en °C:

- si le segment de conduite se trouve à l'intérieur du volume protégé, alors :  $\theta_{\text{amb,m,j}} = 18$  ;

- si le segment de conduite se trouve dans un espace adjacent non chauffé, alors :  $\theta_{\text{amb,m,j}} = 11 + 0.4 \theta_{e,m}$  ;

- si le segment de conduite se trouve à l'extérieur, alors:

$$\theta_{\text{amb,m,j}} = \theta_{e,m} ;$$

où :

$\theta_{e,m}$  la température extérieure moyenne mensuelle, en °C, selon le Tableau [1] ;

$R_{1,j}$  la résistance thermique linéaire du segment de conduite  $j$ , en mK/W, déterminée selon l'annexe E.3 de la présente annexe ;

$w_{\text{bath } i,\text{circ } k}$  un facteur qui prend en compte le fait que la douche ou la baignoire  $i$  est ou non desservie par une conduite de circulation  $k$ :

si oui, on a  $w_{\text{bath } i,\text{circ } k} = 1$  ;

si non, on a  $w_{\text{bath } i,\text{circ } k} = 0$  ;

$Q_{\text{water,bath } i,\text{net},m}$  les besoins mensuels nets en énergie pour l'eau chaude sanitaire d'une douche ou d'une baignoire  $i$ , déterminés selon 7.3, en MJ ;

$w_{\text{sink } i,\text{circ } k}$  un facteur qui prend en compte le fait que l'évier de cuisine  $i$  est ou non desservi par la conduite de circulation  $k$  :

si oui, on a  $w_{\text{sink } i,\text{circ } k} = 1$  ;

si non, on a  $w_{\text{sink } i,\text{circ } k} = 0$  ;

$Q_{\text{water,sink } i,\text{net},m}$  les besoins mensuels nets en énergie pour l'eau chaude sanitaire d'un évier de cuisine  $i$ , déterminés selon 7.3, en MJ.

Il faut effectuer une sommation sur tous les segments  $j$  de la conduite de circulation  $k$  et l'ensemble des douches, baignoires et éviers de cuisine  $i$ .



## 10 Consommation finale d'énergie pour le chauffage, l'eau chaude sanitaire et le refroidissement

### 10.1 Préambule

Les appareils de production de chaleur entrent en compte dans l'évaluation de la consommation finale d'énergie. Cela se fait généralement par le biais du rendement de production et, pour les pompes à chaleur, par le biais du facteur de performance saisonnier (FPS). Le cas échéant, on tient compte en même temps de la contribution utile des systèmes d'énergie solaire thermique. Une procédure spécifique s'applique au refroidissement.

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

- si l'extension est chauffée par un nouvel appareil de production de chaleur qui fonctionne indépendamment des appareils existants, on applique la procédure ci-dessous dans son entièreté.
- si on place de nouveaux appareils de production de chaleur qui fonctionnent en combinaison avec les appareils existants, il faut appliquer la procédure ci-dessous sans prendre les appareils existants en considération.
- si on ne place pas d'appareils supplémentaires, mais que l'on fait uniquement usage d'appareils existants, alors on applique la procédure aux appareils existants. Si toutes les informations nécessaires ne sont pas disponibles, on peut alors utiliser des valeurs par défaut.

### 10.2 Consommation finale mensuelle d'énergie pour le chauffage des locaux

#### 10.2.1 Principe

L'énergie nécessaire pour chauffer un secteur énergétique peut être fournie par 1 seul appareil de production ou par une combinaison d'appareils connectés en parallèle. Afin de traiter ce dernier cas, on introduit le formalisme d'un appareil connecté préférentiel et non préférentiel. Dans le cas (le plus courant) où il n'y a pas d'appareil parallèle, cela correspond à une part préférentielle de 100%. Les expressions ci-après donnent alors comme résultat une consommation nulle pour l'appareil non préférentiel.

Ce principe s'applique également aux pompe-à-chaleur équipée d'une résistance électrique intégrée, où la pompe-à-chaleur et la résistance électrique peuvent fonctionner comme des appareils de production connectés en parallèle. Le Ministre peut définir des spécifications complémentaires pour la prise en compte des pompe-à-chaleur équipée d'une résistance électrique intégrée.

#### 10.2.2 Règle de calcul

La consommation finale d'énergie pour le chauffage par mois et par secteur énergétique, sans compter l'énergie des auxiliaires, est donnée par:

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

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

où :

- $f_{\text{heat,m,pref}}$  la fraction mensuelle de la quantité totale de chaleur fournie par le(s) producteur(s) de chaleur préférentiel(s), tel que déterminée ci-dessous ;
- $f_{\text{as,heat,sec i,m}}$  la part des besoins thermiques totaux pour le chauffage d'un secteur énergétique  $i$ , couverte par le système d'énergie solaire thermique, déterminée selon 10.4 (-) ;
- $Q_{\text{heat,gross,sec i,m}}$  les besoins mensuels bruts en énergie pour le chauffage d'un secteur énergétique  $i$ , déterminés selon 9.2, en MJ ;
- $\eta_{\text{gen,heat,pref}}$  le rendement de production mensuel du/des producteur(s) de chaleur préférentiel(s), déterminé selon 10.2.3 (-) ;
- $\eta_{\text{gen,heat,npref}}$  le rendement de production mensuel du/des producteur(s) de chaleur non préférentiel(s), déterminé selon 10.2.3 (-) ;

En ce qui concerne le regroupement et la répartition de producteurs de chaleur préférentiels et non préférentiels, on applique les mêmes règles que celles spécifiées au 7.1, 7.2.1 et 7.3.1 de la méthode BSE au présent arrêté.

On détermine la fraction mensuelle de la quantité totale de chaleur fournie par le générateur préférentiel comme suit :

- s'il n'y a qu'un seul type de générateur de chaleur,  $f_{\text{heat,m,pref}} = 1$  ;
- si le générateur de chaleur préférentiel est une chaudière à eau chaude, un générateur d'air chaud, un chauffage électrique par résistance ou une pompe à chaleur, on reprendra les valeurs pour  $f_{\text{heat,m,pref}}$  dans le Tableau [9]. Pour déterminer la répartition de la puissance totale, on appliquera les mêmes règles que celles exposées au point 7.3.1 de la méthode BSE ;
- si le générateur de chaleur préférentiel est une installation de cogénération, on reprendra les valeurs pour  $f_{\text{heat,m,pref}}$  au Tableau [10].

**Tableau [9] : Valeurs de la fraction mensuelle en fonction de la part du système de production de chaleur préférentiel dans la puissance installée totale (cas où le système de production préférentiel n'est pas une cogénération)**

Part du producteur préférentiel dans la puissance installée totale	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai à Sept	Oct	Nov	Déc
<b>Chaudière à eau chaude, générateur d'air chaud ou chauffage électrique par résistance en tant que producteur préférentiel</b>								
< 0.2	0	0	0	0	0	0	0	0
0.2 - 0.3	0.44	0.46	0.55	0.72	1	0.89	0.54	0.42
0.3 - 0.4	0.68	0.74	0.88	1	1	1	0.87	0.67
> 0.4	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>Pompe à chaleur en tant que producteur préférentiel</b>								
< 0.1	0	0	0	0	0	0	0	0
0.1 - 0.2	0.42	0.44	0.53	0.70	1	0.86	0.52	0.40
0.2 - 0.3	0.69	0.73	0.86	1	1	1	0.86	0.66
0.3 - 0.4	0.81	0.86	1	1	1	1	1	0.78
0.4 - 0.6	0.85	0.90	1	1	1	1	1	0.81
0.6 - 0.8	0.86	0.91	1	1	1	1	1	0.82
> 0.8	1	1	1	1	1	1	1	1

**Tableau [10] : Valeurs de la fraction mensuelle  
(cas où le système de production préférentiel est une cogénération)**

<p><b>Cas: <math>V_{stor,cogen} &lt; V_{stor,30\ min}</math>:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>0 \leq x_m &lt; 0.3</math></li> <li>- <math>0.3 \leq x_m &lt; 0.9</math></li> <li>- <math>0.9 \leq x_m &lt; 1.3</math></li> <li>- <math>1.3 \leq x_m &lt; 8.9</math></li> <li>- <math>8.9 \leq x_m</math></li> </ul>	<p align="center">0</p> <p align="center"><math>\frac{2}{3} \cdot x_m - 0.2</math></p> <p align="center"><math>0.43 \cdot x_m + 0.013</math></p> <p align="center"><math>\frac{1.05 \cdot x_m - 0.245}{(x_m + 0.1)^2}</math></p> <p align="center"><math>\frac{1}{x_m}</math></p>
<p><b>Cas: <math>V_{stor,cogen} \geq V_{stor,30\ min}</math>:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>0 \leq x_m &lt; 0.05</math></li> <li>- <math>0.05 \leq x_m &lt; 0.35</math></li> <li>- <math>0.35 \leq x_m &lt; 0.9</math></li> <li>- <math>0.9 \leq x_m &lt; 8.9</math></li> <li>- <math>8.9 \leq x_m</math></li> </ul>	<p align="center">0</p> <p align="center"><math>1.66 \cdot x_m - 0.083</math></p> <p align="center"><math>0.36 \cdot x_m + 0.376</math></p> <p align="center"><math>\frac{1.05 \cdot x_m - 0.245}{(x_m + 0.1)^2}</math></p> <p align="center"><math>\frac{1}{x_m}</math></p>

Les symboles présents dans le tableau sont définis comme suit :

- $x_m$  une variable auxiliaire, tel que déterminé à la sous-annexe A.5 de la méthode BSE(-) ;
- $V_{stor,cogen}$  le volume d'eau du ballon, servant au stockage de chaleur fournie par l'installation de cogénération, en  $m^3$  ;
- $V_{stor,30\ min}$  le volume d'eau minimal du ballon afin de couvrir pendant 30 minutes la production de l'installation de cogénération sur site à pleine puissance, en  $m^3$ , tel que déterminé à la sous-annexe A.6 de la méthode BSE, en  $m^3$ .

### 10.2.3 Rendement de production pour le chauffage des locaux et l'humidification

#### 10.2.3.1 Principe

Le rendement de production pour le chauffage est défini comme le rapport entre la fourniture de chaleur par l'installation de production de chaleur au système de distribution de chaleur et l'énergie nécessaire pour générer cette chaleur. La consommation d'énergie électrique des auxiliaires pour les chaudières à eau chaude et les générateurs d'air chaud est calculée au 11.1.2. La consommation d'une veilleuse est, le cas échéant, calculée au 11.1.3.

La détermination du rendement de production, telle que décrite dans ce chapitre, est également d'application à la production de chaleur destinée à l'humidification, voir paragraphe 7.4.1 de la méthode BSE.

### 10.2.3.2 Rendement de production de corps de chauffe qui ne sont pas des pompes à chaleur électriques

On trouve le rendement de production dans le Tableau [11]. Pour la plupart des types d'appareil, des valeurs par défaut sont reprises dans la 3<sup>e</sup> colonne du tableau.

**Tableau [11] : Rendement de production pour le chauffage  
(à l'exception des pompes à chaleur électriques)**

Appareil de production de chaleur	Rendement de production $\eta_{gen,heat}$	
	Calcul détaillé	Valeurs par défaut
<b><u>Chauffage central</u></b>		
- chaudière à eau chaude à condensation (1)(2)	$f_{NCV/GCV} [\eta_{30\%} + 0.003(\theta_{30\%} - \theta_{ave,boiler})]$	0,73
- chaudière à eau chaude non à condensation (1)(2)	$f_{NCV/GCV} \eta_{30\%}$	0,73
- générateur d'air chaud (1)	$f_{NCV/GCV} \eta_{30\%}$	0,73
- cogénération sur site	$\epsilon_{cogen,th}$	- <sup>7</sup>
- fourniture de chaleur externe	$\eta_{equiv,heat,dh}$	- <sup>8</sup>
- chauffage électrique par résistance (1)	1.00	1,00
<b><u>Chauffage local (3)</u></b>		
- poêle au charbon	$f_{NCV/GCV}$	0,77
- poêle au bois	$f_{NCV/GCV}$	0,77
- poêle au mazout	$f_{NCV/GCV}$	0,80
- poêle au gaz	$f_{NCV/GCV}$	0,83
- chauffage électrique par résistance	1,00	
<b><u>Cas spéciaux</u></b>	équivalence (4)	

(1) Si l'appareil est installé en dehors du volume protégé, il faut diminuer le rendement obtenu de 0,02.

(2) Si la chaudière est équipée d'une régulation qui maintient la chaudière chaude en permanence, et donc aussi pendant les périodes sans demande de chaleur

<sup>7</sup> Le rendement de conversion thermique d'une cogénération est déterminé selon l'annexe A.2 de la méthode BSE. Vu que la performance d'une cogénération est déterminée sur base de rendements fixes déterminés en fonction de la puissance électrique, aucune valeur par défaut n'est spécifiée. Eventuellement, une méthode simplifiée pour la détermination de la puissance électrique pourrait être précisée à l'annexe A.2.1 de la méthode BSE.

<sup>8</sup> Le rendement d'une fourniture de chaleur externe est déterminé conformément aux règles spécifiées par le Ministre. Des méthodes simplifiées éventuelles et/ou des valeurs par défauts pourraient faire partie de ces spécifications.

<sup>9</sup> (c.-à-d.: entre 2 périodes de fonctionnement du brûleur, la chaudière ne peut pas se refroidir de manière illimitée, pour atteindre finalement la température ambiante), il faut diminuer le rendement obtenu de 0,05. Si on ne sait pas exactement comment la chaudière est contrôlée, il est supposé qu'un tel système de régulation existe (et que la chaudière ne peut pas se refroidir).

(3) Si le fabricant peut présenter, pour le rendement de production d'un corps de chauffe local, une valeur qui a été déterminée suivant des règles spécifiées par le Ministre, on peut utiliser cette valeur au lieu de la valeur par défaut ci-dessus

(4) Les dérogations par rapport aux catégories ci-dessus doivent être traitées sur base d'une demande d'équivalence ou, si elles existent, selon des règles spécifiées par le Ministre. A défaut, on peut également utiliser une valeur par défaut de 0,73.

Les symboles du tableau ont été définis comme suit :

$f_{NCV/GCV}$	est un facteur de multiplication égal au rapport du pouvoir calorifique inférieur sur le pouvoir calorifique supérieur du combustible utilisé, repris à l'annexe F de la présente annexe ;
$\eta_{30\%}$	le rendement à charge partielle pour une charge de 30%. Dans le cas de producteurs d'air chaud pour lesquels le rendement à 30% de charge ne peut pas être mesuré, on peut appliquer la valeur à 100% de charge ;
$\theta_{30\%}$	la température d'entrée de la chaudière à laquelle le rendement à charge partielle de 30% a été déterminé, en °C ;
$\theta_{ave,boiler}$	la température moyenne saisonnière de l'eau de la chaudière à appliquer, tel que déterminé ci-dessous, en °C ;
$\epsilon_{cogen,th}$	le rendement de conversion thermique pour une cogénération sur site, tel que déterminé à la sous-annexe A.2 de la méthode BSE au présent arrêté ;
$\eta_{equiv,heat,dh}$	le rendement pour une fourniture de chaleur externe, à déterminer selon des règles spécifiées par le Ministre ou, à défaut, sur base d'une demande d'équivalence.

Dans le cas de chaudières à condensation, on détermine la température moyenne saisonnière de l'eau de la chaudière par:

$$\theta_{ave,boiler} = 6.4 + 0.63 \times \theta_{return,design}$$

où:

$\theta_{ave,boiler}$	la température moyenne saisonnière de l'eau de la chaudière à utiliser, en °C;
$\theta_{return,design}$	la température de retour de conception du système d'émission de chaleur, en °C.

La valeur par défaut pour la température de retour de conception est de 45°C pour les systèmes de chauffage de surface (chauffage par le sol, par le mur ou par le plafond) et de 70°C pour tous les autres systèmes d'émission de chaleur. Si dans 1 secteur énergétique les deux types de système sont présents, c'est le système ayant la température de retour de conception la plus élevée qui est pris en considération<sup>10</sup>.

On peut introduire des valeurs meilleures conformément à des règles spécifiées par le Ministre ou, à défaut, sur base d'une demande d'équivalence.

---

<sup>9</sup> Peu importe que la température de la chaudière reste constante ou qu'elle puisse quand même baisser de manière limitée jusqu'à un niveau de température moins élevé (mais pas tout à fait jusqu'à la température ambiante).

<sup>10</sup> Il est toujours possible de diviser un secteur énergétique en différents secteurs énergétiques plus petits et pour chacun d'entre eux prendre en considération leur système d'émission de chaleur.

La méthode de détermination du rendement de production d'un système dit " Combilus " est déterminée par le Ministre.

Le Ministre peut définir des spécifications complémentaires pour la détermination du rendement d'une fourniture de chaleur externe.

### 10.2.3.3 Rendement de production des pompes à chaleur électriques

En présence de pompes à chaleur électriques, le rendement de production est assimilé au facteur de performance saisonnière moyen (FPS). Le facteur de performance saisonnière moyen exprime le rapport entre la chaleur que la pompe à chaleur fournit au cours de la saison de chauffe et l'énergie nécessaire à cette fin. Le facteur de performance saisonnière moyenne dépend de la température moyenne de l'évaporateur et de la température moyenne du condenseur pendant la période considérée, et de l'énergie nécessaire pour prélever la chaleur à la source et dégivrer l'évaporateur pendant cette période. Le facteur de performance saisonnière moyen diffère selon la source d'où la pompe à chaleur prélève la chaleur:

- Sol. La pompe à chaleur pompe un fluide caloporteur (généralement une solution antigel, par exemple un mélange eau-glycol) à travers un échangeur de chaleur enterré vertical ou horizontal. La chaleur prélevée dans le sol par ce fluide caloporteur est cédée à l'évaporateur. Dans une solution alternative, le fluide réfrigérant de la pompe à chaleur peut circuler directement dans des conduites enterrées et s'y évaporer;
- Nappe phréatique. L'eau de la nappe phréatique est pompée, cède sa chaleur à l'évaporateur et est réinjectée dans le sol;
- Air extérieur. L'air extérieur est amené jusqu'à l'évaporateur à l'aide d'un ventilateur et y cède sa chaleur;
- Air repris. L'air repris du système de ventilation est amené sur l'évaporateur et y cède sa chaleur.

Le Ministre peut définir des spécifications complémentaires pour la détermination du  $COP_{test}$  et du FPS.

#### REMARQUE

Dans le présent texte, on entend par pompes à chaleur des machines actives qui prélèvent de la chaleur à une source à basse température et qui émettent cette chaleur à une température plus élevée pour le chauffage des locaux, pour l'humidification ou pour la production d'eau chaude sanitaire. Une telle augmentation de température de la chaleur s'effectue forcément avec l'apport d'une (quantité moindre d') énergie valorisable.

Avec certains systèmes de ventilation, il est aussi possible de transférer la chaleur de l'air repris à l'air neuf (plus froid) à l'aide d'échangeurs de chaleur passifs. Le transfert de chaleur s'effectue dans ce cas de manière tout à fait naturelle de la température haute vers la température basse sans apport d'énergie supplémentaire (à part une petite quantité d'énergie auxiliaire supplémentaire, par exemple une petite consommation supplémentaire pour les ventilateurs afin de surmonter la perte de charge supplémentaire de l'échangeur de chaleur. Les appareils de ce genre se présentent sous différentes variantes (par exemple échangeurs de chaleur à plaques à flux croisé ou à contre-courant, roues thermiques, échangeurs de chaleur à faisceau tubulaire, systèmes régénérateurs, etc.) et sont désignés ici sous le terme général d'appareil de récupération de chaleur. L'évaluation énergétique des appareils de récupération de chaleur s'effectue lors du traitement des déperditions de ventilation dans 7.4.

Quand on utilise des pompes à chaleur pour l'air de ventilation, elles sont souvent combinées avec des appareils de récupération de chaleur. C'est normalement plus intéressant du point de vue énergétique. Pour éviter les doubles comptages, le coefficient de performance de la pompe à chaleur utilisé dans ce chapitre ne peut se rapporter qu'à la pompe à chaleur proprement dite sans intégrer l'effet de l'appareil de récupération de chaleur, puisque ce dernier est explicitement repris dans le calcul du chapitre concernant la ventilation. La combinaison de l'évaluation de la pompe à chaleur au sens strict dans le présent chapitre et de l'appareil de récupération de chaleur dans le chapitre ventilation donne une évaluation correcte du système combiné dans son ensemble lors de la détermination de la consommation d'énergie caractéristique.

La valeur par défaut pour  $\eta_{gen,heat}$  pour les pompes à chaleur utilisant l'air comme source de chaleur et comme fluide caloporteur est fixé à 1,25. Pour tous les

autres types de pompes à chaleur, la valeur par défaut pour  $\eta_{\text{gen,heat}}$  est fixée à 2. On peut également déterminer le rendement de production en détail selon la méthode suivante.

On suppose alors dans ce cas que le rendement de production des pompes à chaleur est égal au facteur de performance saisonnière moyen, FPS :

$$\eta_{\text{gen,heat}} = \text{FPS}$$

avec :

$$\text{FPS} = f_{\theta,\text{heat}} \cdot f_{\Delta\theta} \cdot f_{\text{pumps}} \cdot f_{\text{AHU}} \cdot \text{COP}_{\text{test}} \quad (-)$$

où :

$f_{\theta,\text{heat}}$  un facteur de correction pour l'écart entre la température de départ de conception vers le système d'émission de chaleur (ou le cas échéant le stockage de chaleur) et la température de sortie du condenseur dans l'essai selon la norme NBN EN 14511, en cas de transport de chaleur par l'eau ;

$f_{\Delta\theta}$  un facteur de correction pour l'écart dans la variation de température, d'une part, du système d'émission de chaleur dans des conditions de conception (ou le cas échéant le stockage de chaleur) et, d'autre part, de l'eau à travers le condenseur dans des conditions d'essai selon la norme NBN EN 14511, en cas de transport de chaleur par l'eau ;

$f_{\text{pumps}}$  un facteur de correction pour la consommation d'énergie d'une pompe sur le circuit vers l'évaporateur ;

$f_{\text{AHU}}$  un facteur de correction pour la différence entre le débit d'air de conception et le débit d'air lors de l'essai selon NBN EN 14511.  $f_{\text{AHU}}$  intervient uniquement pour les pompes à chaleur couplées à l'air de ventilation ;

$\text{COP}_{\text{test}}$  le coefficient de performance (coefficient of performance) de la pompe à chaleur selon la norme NBN EN 14511 dans les conditions d'essai décrites dans le tableau [12] ci-dessous :

**Tableau [12] : Conditions d'essai pour la détermination du  $\text{COP}_{\text{test}}$**

Source de chaleur	Emission de chaleur	Conditions de test
<b>sur base du tableau 3 de la NBN EN 14511-2</b>		
air extérieur, éventuellement en combinaison avec de l'air rejeté	air recyclé, éventuellement en combinaison avec de l'air extérieur	A2/A20
air extérieur, éventuellement en combinaison avec de l'air rejeté	uniquement de l'air extérieur, sans utilisation d'un appareil de récupération de chaleur	A2/A2
uniquement de l'air extérieur	uniquement de l'air extérieur, en utilisant un appareil de récupération de chaleur	A2/A20
uniquement de l'air rejeté, sans utilisation d'un appareil de récupération de chaleur	air recyclé, éventuellement en combinaison avec de l'air extérieur	A20/A20
uniquement de l'air rejeté, sans utilisation d'un appareil de récupération de chaleur	uniquement de l'air extérieur, sans utilisation d'un appareil de récupération de chaleur	A20/A2
uniquement de l'air rejeté, en utilisant un appareil de récupération de chaleur	air recyclé, éventuellement en combinaison avec de l'air extérieur	A2/A20

<b>sur base du tableau 5 de la NBN EN 14511-2</b>		
sol par l'intermédiaire d'un circuit hydraulique	air recyclé, éventuellement en combinaison avec de l'air extérieur	B0/A20
sol par l'intermédiaire d'un circuit hydraulique	uniquement de l'air extérieur, sans utilisation d'un appareil de récupération de chaleur	B0/A2
sol par l'intermédiaire d'un circuit hydraulique	uniquement de l'air extérieur, en utilisant un appareil de récupération de chaleur	B0/A20
sol par l'intermédiaire d'eau souterraine	air recyclé, éventuellement en combinaison avec de l'air extérieur	W10/A20
sol par l'intermédiaire d'eau souterraine	uniquement de l'air extérieur, sans utilisation d'un appareil de récupération de chaleur	W10/A2
sol par l'intermédiaire d'eau souterraine	uniquement de l'air extérieur, en utilisant un appareil de récupération de chaleur	W10/A20

<b>sur base du tableau 7 de la NBN EN 14511-2</b>		
sol par l'intermédiaire d'un circuit hydraulique	eau	B0/W35
sol par l'intermédiaire d'eau souterraine	eau	W10/W35
<b>sur base du tableau 12 de la NBN EN 14511-2</b>		
uniquement de l'air extérieur, éventuellement en combinaison avec de l'air rejeté, sans utilisation d'un appareil de récupération de chaleur	eau	A2/W35
uniquement de l'air rejeté, sans utilisation d'un appareil de récupération de chaleur	eau	A20/W35
où :		
A air comme vecteur (air). Le chiffre qui suit est la température d'entrée au bulbe sec, en °C.		
B fluide intermédiaire avec une température de congélation inférieure à celle de l'eau(brine). Le chiffre qui suit est la température d'entrée à l'évaporateur, en °C.		
W eau comme vecteur (water). Le chiffre qui suit est la température d'entrée à l'évaporateur ou la température de sortie au condenseur, en °C.		

NOTE : certaines conditions d'essai correspondent aux 'standard rating conditions' de la NBN EN 14511-2, d'autres correspondent aux 'application rating conditions'. La plupart des conditions d'essai pour le chauffage direct de l'air extérieur constituent un ajout : ces combinaisons spécifiques ou conditions de températures n'apparaissent pas telles quelles dans la norme.



*Facteur de correction  $f_{\theta,heat}$*

- L'air comme fluide caloporteur:  $f_{\theta,heat}=1$
- L'eau comme fluide caloporteur:  $f_{\theta,heat} = 1 + 0,01 \cdot (43 - \theta_{supply,design})$

avec :

$\theta_{supply,design}$  la température de départ vers le système d'émission de chaleur en °C dans les conditions de conception. Il faut tenir compte ici non seulement du système d'émission, mais aussi du dimensionnement d'un éventuel réservoir tampon (température maximum de stockage). On peut prendre comme valeur par défaut pour les systèmes de chauffage de surface (chauffage par le sol, le mur et le plafond)  $\theta_{supply,design} = 55^\circ\text{C}$  et, pour tous les autres systèmes d'émission,  $\theta_{supply,design} = 90^\circ\text{C}$ .

Si dans 1 secteur énergétique les deux types de système sont présents, c'est le système ayant la température de départ la plus élevée qui est pris en considération<sup>11</sup>.

On peut introduire des valeurs meilleures conformément à des règles spécifiées par le Ministre ou, à défaut, sur base d'une demande d'équivalence.

*Facteur de correction  $f_{\Delta\theta}$*

- L'air comme fluide caloporteur:  $f_{\Delta\theta} = 1$
- L'eau comme fluide caloporteur:  $f_{\Delta\theta} = 1 + 0,01(\Delta\theta_{design} - \Delta\theta_{test})$  avec  $\Delta\theta_{design}$ , l'écart de température en °C entre le départ et le retour du système d'émission (ou le cas échéant le stockage de chaleur) dans des conditions de conception, et  $\Delta\theta_{test}$ , l'augmentation de température de l'eau à travers le condenseur en °C, lors des essais selon la norme NBN EN 14511. On peut prendre  $f_{\Delta\theta} = 0,93$  comme valeur par défaut.

*Facteur de correction  $f_{pumps}$*

- Pas de pompe pour l'apport de chaleur vers l'évaporateur:  $f_{pumps}=1$  (c.-à-d. l'air comme source de chaleur ou évaporation directe dans le sol) ;
- Puissance électrique de la pompe inconnue:  $f_{pumps} = 5/6$  ;

- Puissance électrique de la pompe ( $P_{pumps}$ , en kW) connue:  $f_{pumps} = \frac{1}{1 + P_{pumps}/P_{HP}}$

avec  $P_{HP}$ , la puissance électrique (en kW) de la pompe à chaleur selon la norme NBN EN 14511 dans les mêmes conditions d'essai que pour la détermination de  $COP_{test}$ .

*Facteur de correction  $f_{AHU}$*

Ce facteur intervient uniquement quand on utilise l'alimentation de la ventilation et/ou l'évacuation de la ventilation.

- Air de ventilation repris comme seule source de chaleur (sans mélange préalable avec de l'air extérieur), air de ventilation fourni comme seul fluide caloporteur (sans recyclage de l'air du local).

$$f_{AHU} = \frac{0,51 + 0,7 \min(\dot{V}_{supply}, \dot{V}_{extr}) / \dot{V}_{max}}{0,51 + 0,7 \dot{V}_{test} / \dot{V}_{max}}$$

On peut prendre comme valeur par défaut:  $f_{AHU} = 0,51$

- Air de ventilation repris comme seule source de chaleur (sans mélange préalable avec l'air extérieur), l'émission de chaleur ne se faisant pas uniquement vers l'air de ventilation fourni:

$$f_{AHU} = \frac{0,75 + 0,35 \dot{V}_{extr} / \dot{V}_{max}}{0,75 + 0,35 \dot{V}_{test} / \dot{V}_{max}}$$

---

<sup>11</sup> Il est toujours possible de diviser un secteur énergétique en différents secteurs énergétiques plus petits et pour chacun d'entre eux prendre en considération leur système d'émission de chaleur.

On peut prendre comme valeur par défaut:  $f_{AHU} = 0.75$

- Air de ventilation fourni comme seul fluide caloporteur (sans recyclage de l'air du local), l'air de ventilation repris n'étant pas la seule source de chaleur:

$$f_{AHU} = \frac{0.75 + 0.35 \dot{V}_{supply} / \dot{V}_{max}}{0.75 + 0.35 \dot{V}_{test} / \dot{V}_{max}}$$

On peut prendre comme valeur par défaut:  $f_{AHU} = 0.75$

- Dans tous les autres cas:  $f_{AHU} = 1$ ;

Avec :

$\dot{V}_{max}$  le débit d'air maximal dans l'installation en m<sup>3</sup>/h, tel qu'indiqué par le fabricant. Si le fabricant indique une plage de débits, on prend alors la valeur la plus grande ;

$\dot{V}_{test}$  le débit d'air dans l'installation en m<sup>3</sup>/h lors de l'essai selon la norme NBN EN 14511 ;

$\dot{V}_{extr}$  le débit d'évacuation de conception dans l'installation en m<sup>3</sup>/h ;

$\dot{V}_{supply}$  le débit d'alimentation de conception dans l'installation en m<sup>3</sup>/h.

### 10.3 Consommation finale mensuelle d'énergie pour l'eau chaude sanitaire

#### 10.3.1 Principe

L'énergie nécessaire pour produire de l'eau chaude sanitaire peut être fournie par un seul appareil de production ou par une combinaison d'appareils connectés en parallèle. On peut éventuellement utiliser différents appareils (ou une combinaison d'appareils) pour les différents points de puisage de la salle de bains et de la cuisine. En raison du cas où plusieurs appareils sont montés en parallèle, on introduit le formalisme d'un appareil connecté préférentiel et non préférentiel, de manière tout à fait analogue au cas du chauffage. Dans le cas (le plus courant) où il n'y a pas d'appareil parallèle, cela correspond à une part préférentiel de 100%. Les expressions ci-après donnent alors comme résultat une consommation nulle pour l'appareil non préférentiel.

Ce principe s'applique également aux pompe-à-chaleur équipée d'une résistance électrique intégrée, où la pompe-à-chaleur et la résistance électrique peuvent fonctionner comme des appareils de production connectés en parallèle. Le Ministre peut définir des spécifications complémentaires pour la prise en compte des pompe-à-chaleur équipée d'une résistance électrique intégrée.

#### 10.3.2 Règle de calcul

La consommation finale d'énergie pour l'eau chaude sanitaire est donnée par mois par :

$$Q_{water\ bath\ i,\ final,\ m,\ pref} = \frac{f_{water\ bath\ i,\ m,\ pref} \times (1 - f_{as,\ water\ bath\ i,\ m}) \times Q_{water\ bath\ i,\ gross\ m}}{\eta_{gen,\ water\ bath\ i,\ m,\ pref}} \quad (MJ)$$

$$Q_{water\ bath\ i,\ final,\ m,\ npref} = \frac{(1 - f_{water\ bath\ i,\ m,\ pref}) \times (1 - f_{as,\ water\ bath\ i,\ m}) \times Q_{water\ bath\ i,\ gross\ m}}{\eta_{gen,\ water\ bath\ i,\ m,\ npref}} \quad (MJ)$$

$$Q_{water\ sink\ i,\ final,\ m,\ pref} = \frac{f_{water\ sink\ i,\ m,\ pref} \times (1 - f_{as,\ water\ sink\ i,\ m}) \times Q_{water\ sink\ i,\ gross\ m}}{\eta_{gen,\ water\ sink\ i,\ m,\ pref}} \quad (MJ)$$

$$Q_{\text{watersinkifinalmnpref}} = \frac{(1 - f_{\text{watersinkimnpref}}) \times (1 - f_{\text{aswatersinkim}}) \times Q_{\text{watersinkigrossm}}}{\eta_{\text{genwatersinkimnpref}}} \quad (\text{MJ})$$

avec :

$f_{\text{water,m,pref}}$	la fraction mensuelle de la fourniture totale de chaleur pour la préparation de l'eau chaude sanitaire par le(s) producteur(s) de chaleur préférentiel(s), avec l'indice 'bath i' ou 'sink i' selon le cas (-) ; * s'il y a seulement 1 appareil, on a: $f_{\text{water,m,pref}} = 1$ ; * s'il y a plusieurs producteurs de chaleur parallèles et que ces appareils assurent également le chauffage, on tire la valeur du Tableau [9] ou Tableau [10] en fonction des cas ; * s'il y a plusieurs producteurs de chaleur parallèles et que ces appareils assurent uniquement la préparation de l'eau chaude sanitaire, on pose que $f_{\text{water,m,pref}}$ est égal au rapport entre la puissance installée de l'appareil préférentiel et la puissance installée totale des appareils producteurs de chaleur pour l'eau chaude sanitaire ;
$f_{\text{as,m}}$	la part des besoins de chaleur totaux couverte par le système d'énergie solaire thermique, déterminée selon 10.4 Avec les indices 'water,bath i' et 'water,sink i' pour la préparation d'eau chaude sanitaire respectivement, soit pour la douche/baignoire, soit pour l'évier de cuisine, respectivement ;
$Q_{\text{water,bath i,gross,m}}$	les besoins mensuels bruts en énergie pour l'eau chaude sanitaire d'une douche ou d'une baignoire i, déterminés selon 9.3.1, en MJ ;
$Q_{\text{water,sink i,gross,m}}$	les besoins mensuels bruts en énergie pour l'eau chaude sanitaire d'un évier de cuisine i, déterminés selon 9.3.1, en MJ ;
$\eta_{\text{gen,water,bath i,m,pref}}$	le rendement de production mensuel du/des producteur(s) de chaleur préférentiel(s) pour la préparation de l'eau chaude sanitaire destinée à une douche ou une baignoire i, déterminé selon 10.3.3 (-) ;
$\eta_{\text{gen,water,bath i,m,npref}}$	le rendement de production mensuel du/des producteur(s) de chaleur non préférentiel(s) pour la préparation de l'eau chaude sanitaire destinée à une douche ou une baignoire i, déterminé selon 10.3.3 (-) ;
$\eta_{\text{gen,water,sink i,m,pref}}$	le rendement de production mensuel du/des producteur(s) de chaleur préférentiel(s) pour la préparation de l'eau chaude sanitaire destinée à un évier de cuisine i, déterminé selon 10.3.3 (-) ;
$\eta_{\text{gen,water,sink i,m,npref}}$	le rendement de production mensuel du/des producteur(s) de chaleur non préférentiel(s) pour la préparation de l'eau chaude sanitaire destinée à un évier de cuisine i, déterminé selon 10.3.3 (-).

### 10.3.3 Rendement de production pour l'eau chaude sanitaire

#### 10.3.3.1 Principe

Le rendement de production d'une installation de production de chaleur destinée à l'eau chaude sanitaire est défini comme le rapport entre la fourniture de chaleur utile à l'eau, mesurée au point de départ de la conduite d'eau chaude sanitaire (selon le cas à partir de l'appareil producteur ou du réservoir de stockage), et l'énergie nécessaire pour produire cette chaleur, y compris les déperditions de stockage et l'éventuelle énergie électrique des auxiliaires. La consommation d'une veilleuse est, le cas échéant, calculée dans 11.1.3.

### 10.3.3.2 Valeurs de calcul

On prend les valeurs du Tableau [13]. Ce tableau est valable tant pour les appareils producteurs qui réchauffent uniquement l'eau sanitaire, que pour les appareils qui assurent aussi bien le chauffage des locaux que l'approvisionnement en eau chaude sanitaire.

Les installations de production qui réchauffent l'eau instantanément, génèrent de la chaleur uniquement aux moments où l'on prélève de l'eau chaude sanitaire, sans qu'il y ait stockage de chaleur quelque part dans l'installation, sous une forme ou une autre. Dès que le puisage d'eau chaude cesse, la production de chaleur s'arrête aussi complètement dans ces installations et l'ensemble du système refroidit jusqu'à température ambiante.

Les installations de production avec stockage de chaleur tiennent une quantité de chaleur à disposition dans un réservoir de stockage, y compris aux moments où l'on ne prélève pas d'eau chaude. Le stockage de chaleur peut se faire aussi bien sous la forme de l'eau chaude sanitaire proprement dite, que sous la forme d'eau de chaudière; dans ce dernier cas, l'eau sanitaire est réchauffée par l'intermédiaire d'un échangeur de chaleur au moment précis des prélèvements. Les mêmes rendements de production restent d'application même si l'installation ne maintient pas de la chaleur à disposition en permanence, mais peut refroidir librement pendant certaines périodes (la nuit, p. ex).

Le rendement de production des systèmes collectifs<sup>12</sup> avec une puissance globale supérieure à 70 kW ou une capacité de stockage supérieure à 300 l, avec un ou plusieurs appareils de combustion, est déterminé selon 10.3.3.3.

**Tableau [13] : Valeurs de calcul pour le rendement de production  $\eta_{gen,water}$  pour la préparation d'eau chaude sanitaire**

	chauffage instantané	avec stockage de chaleur
appareil à combustion (1)(2)	0,50	0,45
chauffage électrique par résistance	0,75	0,70
pompe à chaleur électrique	1,45	1,40
cogénération sur site (1)	$\epsilon_{cogen,th}$	$\epsilon_{cogen,th} - 0,05$
fourniture de chaleur externe	$\eta_{equiv,water,dh}$	$\eta_{equiv,water,dh} - 0,05$
autres cas	équivalence (2)	

- (1) Ces chiffres indiquent déjà les rendements par rapport au pouvoir calorifique supérieur.
- (2) Il s'agit ici des appareils à combustion individuels ou des appareils à combustion collectifs dont la puissance est inférieure ou égale à 70 kW et la capacité de stockage est inférieure ou égale à 300 l.
- (3) Les dérogations par rapport aux catégories ci-dessus doivent être traitées, sur base d'une demande d'équivalence ou, si elles existent, selon des règles spécifiées par le Ministre.

Les symboles du tableau ont été définis comme suit:

$\epsilon_{cogen,th}$  le rendement de conversion thermique pour une cogénération sur site, tel que déterminé à la sous-annexe A.2 de l'annexe A2 au présent arrêté;

$\eta_{equiv,water,dh}$  le rendement à considérer pour une fourniture de chaleur externe pour la préparation d'eau chaude sanitaire, à déterminer selon des règles spécifiées par le Ministre ou, à défaut, sur base d'une demande d'équivalence.

Le Ministre peut définir des spécifications complémentaires pour la détermination du rendement d'une fourniture de chaleur externe.

<sup>12</sup> Dans le cas où plusieurs 'unités PER' sont desservies par ce système.

### 10.3.3 Rendement de production pour l'eau chaude sanitaire pour les systèmes de production collectifs

Le rendement de production pour un ou plusieurs ballons de stockage directement chauffés (au moyen d'un système de chauffage direct présent dans l'appareil lui-même) pour l'eau chaude sanitaire s'élève à 0,50 (-).

Le rendement de production pour un ou plusieurs ballons de stockage indirectement chauffés (avec utilisation d'un fluide intermédiaire) pour l'eau chaude sanitaire ou pour les installations sans ballon de stockage pour l'eau chaude sanitaire est déterminé au Tableau [14] :

**Tableau [14] : Rendements de production  $\eta_{\text{gen,water}}$  (par rapport au PCS) pour les installations collectives pour l'eau chaude sanitaire avec ballon(s) de stockage indirectement chauffé(s) ou pour les installations sans ballon de stockage**

	Installations sans ballon(s) de stockage	Installations avec isolation minimale de x mm autour du(des) ballon(s) de stockage pour l'eau chaude sanitaire		
		-	x = 20 mm	x = 10 mm
Chaudière non à condensation	0,75	0,67	0,60	0,37
Chaudière à condensation	0,85	0,76	0,68	0,42

### 10.4 Contribution énergétique utile mensuelle d'un système d'énergie solaire thermique

La contribution énergétique utile mensuelle d'un système d'énergie solaire thermique se détermine comme suit :

- si le système dessert le chauffage des locaux ainsi que l'eau chaude sanitaire, se reporter à 10.4.1 ;
- s'il dessert uniquement l'eau chaude sanitaire, se reporter à 10.4.2 ;
- si n'y a pas de système d'énergie solaire thermique qui dessert le secteur énergétique  $i$ ,  $f_{\text{as,heat,sec } i,m}$  est nul ;
- si un point de puisage particulier (baignoire / douche  $i$  ou évier de cuisine  $i$ ) n'est pas préchauffé par un système d'énergie solaire thermique, la valeur respective de  $f_{\text{as,water,bath } i,m}$  et/ ou  $f_{\text{as,water,sink } i,m}$  est nulle.

#### 10.4.1 Chauffage des locaux et eau chaude sanitaire

##### 10.4.1.1 Approche simple

On détermine la contribution énergétique utile mensuelle (comme part de la demande totale de chaleur) d'un système d'énergie solaire thermique destiné au chauffage et à la préparation d'eau chaude sanitaire comme suit<sup>13</sup>:

$$f_{\text{as,heatsec } i,m} = f_{\text{as,waterbath } i,m} = f_{\text{as,watersink } i,m} = \min\left(1, n_{\text{as,sh+wh } m} Q_{\text{as } m} / Q_{\text{demand,as,sh+wh } m}\right) \quad (-)$$

avec :

$$Q_{\text{as } m} = \sum_j (A_{\text{as } j} I_{\text{as } m, \text{shad } j}) \quad (\text{MJ})$$

$$Q_{\text{demand, as, sh+wh } m} = Q_{\text{demand, as, water } m} + \sum_i Q_{\text{heat, gross, sec } i,m} \quad (\text{MJ})$$

<sup>13</sup> Le terme anglais pour  $f$  est 'solar fraction', traduit par la suite par 'fraction solaire'. Elle peut théoriquement varier entre une valeur de 0 (contribution nulle de l'énergie solaire) et une valeur de 1 (couverture totale par l'énergie solaire).

$$Q_{\text{demand,as,water,m}} = \sum_i (Q_{\text{water,bath } i,\text{gross,m}} + Q_{\text{water,sink } i,\text{gross,m}}) \quad (\text{MJ})$$

et où :

$\eta_{\text{as,sh+wh,m}}$	le rendement mensuel moyen du système d'énergie solaire thermique ;
$Q_{\text{as,m}}$	l'ensoleillement mensuel du système d'énergie solaire thermique, compte tenu de l'ombrage, en MJ ;
$Q_{\text{demand,as,sh+wh,m}}$	la demande de chaleur totale à laquelle le système d'énergie solaire contribue, en MJ ;
$A_{\text{as,j}}$	la superficie d'entrée des capteurs à orientation j du système d'énergie solaire thermique, en m <sup>2</sup> ;
$I_{\text{as,m,shad,j}}$	l'ensoleillement de la surface des capteur à orientation j pour le mois considéré, compte tenu de l'ombrage, en MJ/m <sup>2</sup> , déterminé selon l'annexe C ;
$Q_{\text{demand,as,water,m}}$	la demande mensuelle de chaleur pour la préparation de l'eau chaude sanitaire, à laquelle le système d'énergie solaire contribue, en MJ ;
$Q_{\text{heat,gross,sec } i,\text{m}}$	les besoins mensuels bruts en énergie pour le chauffage d'un secteur énergétique i, déterminés selon 9.2.1, en MJ ;
$Q_{\text{water,bath } i,\text{gross,m}}$	les besoins mensuels bruts en énergie pour la préparation de l'eau chaude sanitaire destinée à une douche ou une baignoire i, déterminés selon 9.3.1, en MJ ;
$Q_{\text{water,sink } i,\text{gross,m}}$	les besoins mensuels bruts en énergie pour la préparation de l'eau chaude sanitaire destinée à un évier de cuisine i, déterminés selon 9.3.1, en MJ.

Il faut faire une sommation sur toutes les orientations j et tous les secteurs énergétiques i auxquels le système d'énergie solaire fournit de la chaleur pour le chauffage, et sur l'ensemble des douches, baignoires et éviers de cuisine i auxquels le système d'énergie solaire fournit de la chaleur pour la préparation de l'eau chaude sanitaire.

Le rendement mensuel moyen constant du système d'énergie solaire thermique est calculé comme suit :

$$\text{si } \sum_i Q_{\text{heat,gross,sec } i,\text{m}} > 0$$

$$\eta_{\text{as,sh+wh,m}} = \min \left\{ \max \left( 0, 0.16 + 0.2 \frac{Q_{\text{demand,as,water,a}}}{Q_{\text{as,a}}} + 0.015 \frac{\sum_i Q_{\text{heat,gross,sec } i,\text{m}}}{Q_{\text{as,m}}} \right), 0.8 \right\} \quad (-)$$

$$\text{si } \sum_i Q_{\text{heat,gross,sec } i,\text{m}} = 0$$

$$\eta_{\text{as,sh+wh,m}} = \min \left\{ \max \left( 0, 0.16 + 0.2 \frac{Q_{\text{demand,as,water,a}}}{Q_{\text{as,a}}} \right), 0.8 \right\} \quad (-)$$

avec :

$Q_{\text{demand,as,water,a}}$	la demande annuelle de chaleur pour la préparation de l'eau chaude sanitaire de l'installation, en MJ (égale à la somme des 12 besoins énergétiques mensuels bruts pour la préparation d'eau chaude sanitaire, $Q_{\text{demand,as,water,m}}$ , en MJ) ;
$Q_{\text{heat,gross,sec } i,\text{m}}$	les besoins mensuels bruts en énergie pour le chauffage d'un secteur énergétique i, déterminés selon 9.2.1, en MJ ;

$Q_{as,a}$  l'ensoleillement annuel du système d'énergie solaire thermique, en MJ (égal à la somme de l'ensoleillement de chacun des 12 mois, en MJ).

Il faut faire une sommation sur tous les secteurs énergétiques  $i$  auxquels le système d'énergie solaire fournit de la chaleur pour le chauffage.

#### 10.4.1.2 Calcul détaillé

Si l'on connaît la conception du système d'énergie solaire thermique et les caractéristiques de chacun des éléments, on peut déterminer sa contribution énergétique mensuelle utile (fraction solaire) à l'aide d'un programme de calcul approprié, préalablement approuvé par le Ministre. L'énergie des auxiliaires (par exemple pour un circulateur) doit, en outre, être multipliée par le facteur de conversion en énergie primaire pour l'électricité et soustraite lors de la détermination de la contribution énergétique mensuelle utile.

#### 10.4.2 Eau chaude sanitaire

##### 10.4.2.1 Méthode simple

On détermine la contribution mensuelle utile (égale à la part de la demande totale de chaleur de l'installation) d'un système d'énergie solaire thermique qui participe uniquement à la préparation de l'eau chaude sanitaire comme suit :

$$f_{as,water\ bath\ i,m} = f_{as,water\ sink\ i,m} = \min\left(1, \eta_{as,water,m} \cdot Q_{as,m} / Q_{demand,as,water,m}\right) \quad (-)$$

avec :

$\eta_{as,water,m}$  le rendement mensuel moyen du système d'énergie solaire thermique;  
 $Q_{as,m}$  l'ensoleillement mensuel du système d'énergie solaire thermique, compte tenu de l'ombrage, en MJ, déterminé selon 10.4.1.1 ;  
 $Q_{demand,as,water,m}$  la demande de chaleur mensuelle totale de l'installation pour la préparation d'eau chaude sanitaire, en MJ, déterminée selon 10.4.1.1.

Le rendement mensuel moyen du système d'énergie solaire thermique est calculé comme suit :

$$\eta_{as,water,m} = \min\left\{\max\left(0, 0.16 + 0.20 \frac{Q_{demand,as,water,a}}{Q_{as,a}}\right), 0.8\right\} \quad (-)$$

avec :

$Q_{demand,as,water,a}$  la demande annuelle de chaleur pour la préparation de l'eau chaude sanitaire à laquelle le système d'énergie solaire contribue, en MJ (égale à la somme des 12 besoins énergétiques mensuels bruts pour la préparation d'eau chaude sanitaire,  $Q_{demand,as,water,m}$ , en MJ);  
 $Q_{as,a}$  l'ensoleillement annuel du système d'énergie solaire thermique, en MJ (égal à la somme de l'ensoleillement de chacun des 12 mois, en MJ).

##### 10.4.2.2 Calcul détaillé

Si l'on connaît la conception du système d'énergie solaire et les caractéristiques de chacun des éléments, on peut déterminer leur contribution énergétique utile mensuelle (fraction solaire) à l'aide d'un programme de calcul approprié, préalablement approuvé par le Ministre. L'énergie des auxiliaires (par exemple pour un circulateur) doit, en outre, être multipliée par le facteur

de conversion en énergie primaire pour l'électricité et soustraite lors de la détermination de la contribution énergétique mensuelle utile.

#### 10.5 Consommation d'énergie mensuelle équivalente pour le refroidissement

S'il y a trop de gains de chaleur excédentaires, le risque de surchauffe est élevé. Même si on n'installe pas de refroidissement actif lors de la construction, il est possible qu'on en installe un par la suite. C'est pourquoi on tient compte également, dans ces cas, d'une consommation de refroidissement fictive équivalente, voir chapitre 8.

On détermine la consommation d'électricité mensuelle équivalente pour le refroidissement comme suit :

$$Q_{\text{cool,final,seci,m}} = \frac{Q_{\text{cool,net,seci,m}}}{8,1} \quad (\text{kWh})$$

avec :

$Q_{\text{cool,net,sec i,m}}$  les besoins mensuels nets en énergie pour le refroidissement d'un secteur énergétique  $i$ , calculés selon 8.4 ;  
8,1 le produit du rendement forfaitaire du système (0,9), d'un EER forfaitaire du système de refroidissement (2,5) et du facteur de conversion de MJ en kWh (3,6).



## 11 Consommation mensuelle d'énergie des auxiliaires

### 11.1 Consommation mensuelle d'énergie pour les fonctions auxiliaires

#### 11.1.1 Principe

La consommation conventionnelle d'énergie des fonctions auxiliaires est déterminée dans le présent chapitre. La conversion en consommation d'énergie primaire s'effectue au 13.5.

#### 11.1.2 Règle de calcul pour la consommation d'énergie électrique des auxiliaires pour le chauffage des locaux

On détermine la consommation d'électricité mensuelle pour les fonctions auxiliaires comme suit :

$$W_{\text{aux,heat},m} = \sum_j \left( \frac{\sum_i Q_{\text{heat,gross,sec } i,m}}{\sum_i Q_{\text{heat,gross,sec } i,a}} \right) W_{\text{aux,heat},j} \quad (\text{kWh})$$

avec :

$$Q_{\text{heat,gross,sec } i,a} = \sum_{m=1}^{12} Q_{\text{heat,gross,sec } i,m} \quad (\text{MJ})$$

et où :

$Q_{\text{heat,gross,sec } i,m}$  les besoins mensuels bruts en énergie pour le chauffage du secteur énergétique  $i$ , en MJ, calculés selon 9.2 ;

$W_{\text{aux,heat},j}$  la consommation d'électricité de la fonction auxiliaire, faisant partie de l'installation, en kWh, reprise au Tableau [15].

Il faut faire une sommation sur tous les appareils de type  $j$  qui desservent l' 'unité PER', et chaque fois sur tous les secteurs énergétiques  $i$  de l' 'unité PER' considérée, desservie par l'appareil de type  $j$ .

La consommation éventuelle d'énergie des auxiliaires par les appareils de chauffage locaux a déjà été prise en compte dans le rendement de production et n'est donc plus considéré à nouveau dans les calculs.

**Tableau [15] : Valeurs de calcul pour la consommation d'électricité des fonctions auxiliaires des installations de chauffage des locaux**  
( $V_{sec\ i}$ : volume du secteur énergétique i)

Appareil/composant	Variantes	Consommation d'énergie auxiliaire $W_{aux,heat,j}$ (kWh)
Circulateur par unité d'habitation	Sans régulation du circulateur	$0,70 \cdot \Sigma V_{sec\ i}$
	Avec régulation du circulateur	$0,35 \cdot \Sigma V_{sec\ i}$
Circulateur pour plusieurs unités d'habitation	En cas d'approvisionnement séparé en eau chaude sanitaire: circulateur uniquement pour le chauffage des locaux (fonctionnant uniquement pendant la saison de chauffe)	$0,35 \cdot \Sigma V_{sec\ i}$
	Le circulateur sert aussi pour l'approvisionnement en eau chaude sanitaire par l'intermédiaire d'un circuit de fourniture: en fonctionnement toute l'année	$0,70 \cdot \Sigma V_{sec\ i}$
Autres circulateurs	Circulateur supplémentaire en cas d'utilisation d'un réservoir de stockage pour le chauffage	$0,10 \cdot \Sigma V_{sec\ i}$
	Circulateur supplémentaire entre l'appareil de production de chaleur et les collecteurs/conduites de distribution	$0,10 \cdot \Sigma V_{sec\ i}$
	Circulateur supplémentaire pour un échangeur de chaleur dans une caisson de traitement d'air	$0,10 \cdot \Sigma V_{sec\ i}$
Chaudière/générateur	Ventilateur intégré	$0,30 \cdot \Sigma V_{sec\ i}$
Chaudière/générateur	ELECTRONIQUE	$0,20 \cdot \Sigma V_{sec\ i}$

Il faut effectuer une sommation sur le volume de tous les secteurs énergétiques i de l' 'unité PER' considérée desservis par l'appareil. Dans le cas d'un caisson de traitement d'air, il s'agit de tous les secteurs énergétiques dans lesquels de l'air réchauffé est amené.

### 11.1.3 Règle de calcul de la consommation d'énergie des veilleuses

La consommation mensuelle d'énergie auxiliaire des veilleuses est obtenue pour chacun des 12 mois de l'année<sup>14</sup> comme le produit de la durée du mois et de la somme des puissances de toutes les veilleuses:

$$Q_{pilot,m} = t_m \sum_j P_{pilot,j} \quad (MJ)$$

avec :

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

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

Il faut faire une sommation sur tous les appareils producteurs de chaleur j équipés d'une veilleuse, qu'ils servent au chauffage des locaux et/ou à la préparation d'eau chaude sanitaire. Seule exception: les appareils de chauffage

<sup>14</sup> On admet par convention que la veilleuse reste allumée dans tous les cas pendant les 12 mois de l'année.

locaux. Pour ces appareils, la consommation de la veilleuse a déjà été prise en compte dans le rendement de production.

Si un appareil avec veilleuse dessert plusieurs 'unités PER', la consommation de sa veilleuse est imputée à chacune des 'unités PER' au prorata de leur volume relatif.

## 11.2 Consommation mensuelle d'électricité des ventilateurs

### 11.2.1 Principe

La consommation mensuelle d'électricité des ventilateurs présents dans les systèmes de ventilation mécanique et/ou dans les systèmes de chauffage à air est calculée sur la base d'une valeur de calcul pour la puissance électrique des ventilateurs, suivant :

- 11.2.2 pour le(s) ventilateur(s) qui ser(ven)t uniquement pour une ventilation hygiénique ;
- 11.2.3 pour le(s) ventilateur(s) qui ser(ven)t au chauffage à air (en combinaison ou non avec une ventilation hygiénique).

La consommation totale mensuelle d'électricité est la somme des deux:

$$W_{\text{aux,fans,m}} = W_{\text{aux,fans,vent,m}} + W_{\text{aux,fans,heat,m}} \quad (\text{kWh})$$

### 11.2.2 Ventilateurs qui servent uniquement pour une ventilation hygiénique

#### 11.2.2.1 Règle de calcul

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

$$W_{\text{aux,fans,vent,m}} = t_m \left( \sum_j \Phi_{\text{fans,vent,j}} \right) / 3.6 \quad (\text{kWh})$$

avec:

- $t_m$  la longueur du mois considéré, en Ms, voir Tableau [1] ;
- $\Phi_{\text{fans,vent,j}}$  la valeur de calcul de la puissance électrique moyenne d'un ventilateur j déterminée selon 11.2.2.2, en W.

Il faut effectuer une sommation sur tous les ventilateurs j qui contribuent à la ventilation hygiénique de l' 'unité PER' (insufflation et/ou extraction et/ou recirculation) et qui ne servent pas au chauffage par air. (Ces derniers sont pris en compte dans 11.2.3). Dans le cas où l'on prend la valeur par défaut pour la puissance électrique moyenne, celle-ci équivaut immédiatement à la somme de tous les ventilateurs présents dans une zone de ventilation et il n'y a donc plus besoin de faire d'addition dans cette zone de ventilation.

#### 11.2.2.2 Détermination de la valeur de calcul pour la puissance électrique moyenne des ventilateurs (pour une ventilation hygiénique)

La valeur de calcul pour la puissance électrique moyenne des ventilateurs destinés à une ventilation hygiénique est déterminée, au choix, selon l'une des 3 méthodes suivantes :

- utilisation d'une valeur par défaut (11.2.2.2.1) ;
- utilisation d'une valeur de calcul basée sur la puissance installée (11.2.2.2.2) ;
- utilisation de la puissance en un point de fonctionnement représentatif (11.2.2.2.3).

Dans le cas où plusieurs ventilateurs sont présents dans une même zone de ventilation, on ne peut pas combiner la 1<sup>ère</sup> méthode avec la 2<sup>ème</sup> et la 3<sup>ème</sup> méthode. Par contre, on peut utiliser ensemble la 2<sup>ème</sup> et la 3<sup>ème</sup> méthode.

Si un ventilateur assure aussi l'insufflation ou l'extraction dans des locaux extérieurs à l' 'unité PER' considéré, dans le cas de la 2<sup>ème</sup> ou de la 3<sup>ème</sup> méthode, pour la puissance moyenne, on tient uniquement compte de la fraction de la valeur de calcul totale qui correspond au rapport du débit nominal d'insufflation ou d'extraction dans les locaux situés à l'intérieur de l' 'unité PER' considérée et du débit nominal total du/des ventilateur(s)<sup>15</sup>.

#### 11.2.2.2.1 Valeur de calcul par défaut pour la puissance électrique

On prend, comme valeur de calcul pour la puissance électrique de l'ensemble des ventilateurs qui desservent une zone de ventilation ventilée mécaniquement, les valeurs du Tableau [16].

**Tableau [16] : Valeurs de calcul par défaut pour la puissance électrique des ventilateurs pour la ventilation hygiénique**  
( $V_{sec\ i}$ : volume du secteur énergétique i)

Installation	Type de ventilateur	Puissance $\Phi_{fans,vent}$ (W)
MECANIQUE SIMPLE FLUX PAR INSUFFLATION OU EXTRACTION	ventilateur à courant alternatif	$0,125 \cdot \Sigma V_{sec\ i}$
	ventilateur à courant continu	$0,085 \cdot \Sigma V_{sec\ i}$
Mécanique double flux	ventilateur à courant alternatif	$0,235 \cdot \Sigma V_{sec\ i}$
	ventilateur à courant continu	$0,150 \cdot \Sigma V_{sec\ i}$
Mécanique simple flux par extraction avec utilisation de l'air repris comme source de chaleur pour une pompe à chaleur	ventilateur à courant alternatif	$0,145 \cdot \Sigma V_{sec\ i}$
	ventilateur à courant continu	$0,100 \cdot \Sigma V_{sec\ i}$
Mécanique double flux avec utilisation de l'air repris comme source de chaleur pour une pompe à chaleur	ventilateur à courant alternatif	$0,270 \cdot \Sigma V_{sec\ i}$
	ventilateur à courant continu	$0,185 \cdot \Sigma V_{sec\ i}$

Il faut faire une sommation sur le volume de tous les secteurs énergétiques i de la zone de ventilation considérée.

#### 11.2.2.2.2 Valeur de calcul basée sur la puissance électrique installée

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

- la moitié de la puissance électrique maximale du moteur électrique, y compris le cas échéant tous les éléments auxiliaires, en W ;
- la moitié de la puissance électrique maximale de la combinaison moteur électrique-ventilateur, y compris le cas échéant tous les éléments auxiliaires, en W.

Pour la définition de la puissance maximale électrique, se reporter au point 2 de la présente annexe.

#### 11.2.2.2.3 La puissance électrique moyenne en un point de fonctionnement représentatif

On considère par convention, comme point de fonctionnement représentatif pour la consommation moyenne du ventilateur dans le temps, un point de fonctionnement

<sup>15</sup> Si le ventilateur dessert aussi des destinations non résidentielles, il faut prendre en compte le débit de conception et non le débit nominal.

qui peut effectivement être réalisé (en fonction de la position de réglage du ventilateur) et avec :

- un débit égal au moins à 65% du débit nominal<sup>16</sup> qui doit être fourni par le ventilateur ;
- une différence de pression égale au moins à 50% de la différence de pression totale à travers le ventilateur en position nominale. Cela nécessite donc une mesure de pression en position nominale dans l'installation terminée (sauf indication contraire sur le commutateur, on considère la position maximales comme la position nominale).

On prend, comme valeur de calcul pour la puissance électrique moyenne, la puissance absorbée pour ce point de fonctionnement, y compris le cas échéant tous les éléments auxiliaires, en W.

### 11.2.3 Ventilateurs qui servent au chauffage par air (en combinaison ou non avec une ventilation hygiénique)

#### 11.2.3.1 Règle de calcul

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

$$W_{\text{aux,fans,heat,m}} = t_m \sum_j (f_{\text{heat,m,j}} \Phi_{\text{fans,heat,j}} + f_{\text{vent,m,j}} \Phi_{\text{fans,vent,j}}) / 3.6 \quad (\text{kWh})$$

avec :

- $t_m$  la longueur du mois considéré, en Ms, voir Tableau [1] ;
- $f_{\text{heat,m,j}}$  la fraction mensuelle du temps où le ventilateur j doit être en service pour le chauffage des locaux, tel que déterminé ci-dessous (-) ;
- $\Phi_{\text{fans,heat,j}}$  la valeur de calcul de la puissance électrique d'un ventilateur j en mode chauffage, déterminée selon 11.2.3.2, en W ;
- $f_{\text{vent,m,j}}$  la fraction mensuelle du temps où le ventilateur j doit assurer uniquement la ventilation, tel que déterminé ci-dessous (-) ;
- $\Phi_{\text{fans,vent,j}}$  la valeur de calcul de la puissance électrique d'un ventilateur j en mode ventilation, déterminée selon 11.2.2.2, en W.

Il faut faire une sommation sur tous les ventilateurs j qui servent au chauffage de l'air.

La fraction mensuelle du temps où un ventilateur j tourne en mode chauffage est donnée par :

$$f_{\text{heat,m,j}} = \min \left[ 1 ; \sum_i Q_{\text{heat,gross,sec i,m}} / (1000 \cdot P_{\text{nom,j}} \cdot t_m) \right]$$

avec :

- $Q_{\text{heat,gross,sec i,m}}$  les besoins mensuels bruts en énergie pour le chauffage d'un secteur énergétique i, déterminés selon 9.2.1, en MJ ;
- $P_{\text{nom,j}}$  la puissance nominale de l'unité de production d'air chaud <sup>17</sup>, en kW ;
- $t_m$  la longueur du mois considéré, en Ms, voir Tableau [1].

Il faut faire une sommation sur tous les secteurs énergétiques i qu'un ventilateur j approvisionne en chauffage à air.

<sup>16</sup> Dans le cas d'une destination non résidentielle : on considère le débit de conception.

<sup>17</sup> Si 1 ventilateur devait desservir plusieurs appareils producteurs d'air chaud, il faut prendre comme  $P_{\text{nom,j}}$  la somme des puissances nominales de tous ces appareils.

Si un ventilateur j chauffe également des locaux en-dehors de l' 'unité PER' considérée, le numérateur (c.-à-d. le besoin mensuel net en énergie) est multiplié par le rapport entre le volume total chauffé à l'aide du ventilateur j et le volume des secteurs énergétiques i situés à l'intérieur de l' 'unité PER' considérée chauffés à l'aide du ventilateur j.

La fraction mensuelle du temps où un ventilateur j tourne en mode ventilation est donnée par :

- si un ventilateur j sert uniquement au chauffage et n'assure pas une ventilation hygiénique :

$$f_{\text{vent},m,j} = 0$$

- si un ventilateur j sert uniquement au chauffage mais assure aussi une ventilation hygiénique :

$$f_{\text{vent},m,j} = 1 - f_{\text{heat},m,j}$$

### 11.2.3.2 Détermination de la valeur de calcul pour la puissance électrique des ventilateurs (pour le chauffage des locaux)

La valeur de calcul de la puissance électrique des ventilateurs servant pour le chauffage est déterminée, au choix, selon l'une des 2 méthodes suivantes :

- utilisation d'une valeur par défaut (11.2.3.2.1) ;
- utilisation d'une valeur de calcul basée sur la puissance installée (11.2.3.2.2).

Dans le cas où plusieurs ventilateurs chauffent l'air dans un même secteur énergétique, on ne peut pas combiner les 2 méthodes.

Si un ventilateur assure aussi le chauffage de locaux situés en-dehors de l' 'unité PER' considérée, on considère, dans le cas où l'on détermine la valeur de calcul sur base de la puissance électrique installée, la fraction de la valeur de calcul déterminée ci-dessous pour la puissance, qui correspond au rapport entre le débit maximum de conception dans les locaux intérieurs à l' 'unité PER' considérée et le débit maximal total de conception du/des ventilateur(s).

#### 11.2.3.2.1 Valeur de calcul par défaut pour la puissance électrique

On prend, comme valeur de calcul pour la puissance électrique de l'ensemble des ventilateurs qui servent au chauffage de l'air, les valeurs du Tableau [17].

**Tableau [17] : Valeurs de calcul par défaut pour la puissance électrique des ventilateurs qui assurent le chauffage des locaux**  
( $V_{\text{sec } i}$ : volume du secteur énergétique i)

Installation	Type de régulation du ventilateur	Puissance $\Phi_{\text{fans,heat}}$ (W)
Chauffage à air pulsé	Pas de régulation ou pas de régulation automatique	$0,780 \cdot \sum V_{\text{sec } i}$
	Régulation automatique	$0,525 \cdot \sum V_{\text{sec } i}$

Il faut additionner le volume de tous les secteurs énergétiques i de l' 'unité PER' chauffés par air.

### 11.2.3.2.2 Valeur de calcul de la puissance électrique installée

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

- la puissance maximale électrique de l'électromoteur, en W ;
- la puissance maximale électrique de l'ensemble électromoteur-ventilateur, en W.

Pour la définition de la puissance électrique maximale, se reporter au point 2 de la présente annexe.

### 11.3 Consommation mensuelle d'électricité pour le pré-refroidissement de l'alimentation en air

La consommation mensuelle d'électricité pour le pré-refroidissement de l'alimentation en air est donné par :

$W_{aux,precool,m} = W_{soil/water,m} + W_{evap,m}$		[kWh]
avec :		
$W_{soil/water,m}$	la consommation mensuelle d'électricité de l'échangeur de chaleur sol-eau, telle que définie au 11.3.1, en kWh ;	
$W_{evap,m}$	la consommation mensuelle d'électricité pour le refroidissement par évaporation, telle que définie au 11.3.2, en kWh.	

Pour d'autres technologies,  $W_{precool,m}$  sera déterminé selon des règles spécifiées par le Ministre.

#### 11.3.1 Consommation mensuelle d'électricité de l'échangeur sol-eau

On détermine la consommation mensuelle d'électricité de l'échangeur de chaleur sol-eau comme suit :

$W_{soil/water,m} = 0.278 \cdot t_m \cdot w_{soil/water,m} \cdot \left( \frac{\dot{V}_w}{3600} \cdot f \cdot \frac{L_{tube}}{D_{tube}} \cdot 500 \left( \frac{\dot{V}_w}{3600 n_{tube} \frac{\pi D_{tube}^2}{4}} \right)^2 + 150 \cdot \frac{\sum_i \dot{V}_{hyg,cool,sec i}}{3600} \right) \text{ [kWh]}$	
avec :	
$t_m$	la longueur du mois considéré en Ms, voir Tableau [1] ;
$w_{soil/water,m}$	un facteur mensuel qui tient compte du temps de fonctionnement de l'échangeur de chaleur sol-eau, déterminé selon l'annexe B.3 de la présente annexe (-) ;
$\dot{V}_w$	le débit d'eau qui traverse l'échangeur de chaleur sol-eau, en m <sup>3</sup> /h ;
f	un facteur de friction : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Si <math>Re &lt; 2300</math>: <math>f = \frac{64}{Re}</math></li> <li>- Dans tous les autres cas : <math>f = (1.58 \cdot \ln Re - 3.28)^{-2}</math></li> </ul> avec $Re$ : le nombre de Reynolds déterminé selon l'annexe B.3 de la présente annexe ;
$D_{tube}$	diamètre intérieur de la conduite dans le sol, en m ;
$L_{tube}$	longueur de la conduite dans le sol, en m ;
$n_{tube}$	le nombre de conduites en parallèle ;
$\dot{V}_{hyg,cool,sec i}$	le débit de ventilation hygiénique dans le secteur énergétique i, pour les calculs de refroidissement, déterminé selon 7.8.4, in m <sup>3</sup> /h.

Il faut faire une somme sur tous les secteurs énergétiques i de la zone de ventilation z qui sont reliés à l'échangeur de chaleur.

### 11.3.2 Consommation mensuelle d'électricité pour le refroidissement par évaporation

La consommation mensuelle d'électricité pour le refroidissement par évaporation est donné par :

$W_{\text{evap,m}} = 0.278 \cdot t_m \cdot 250 \cdot w_{\text{evap,m}} \frac{\sum_i \dot{V}_{\text{hyg,cool,seci}}}{3600}$		[kWh]
avec :		
$t_m$	la longueur du mois considéré en Ms, voir Tableau [1] ;	
$w_{\text{evap,m}}$	un facteur mensuel qui tient compte du temps de fonctionnement du refroidissement par évaporation, déterminé selon l'annexe B.3.3 de la présente annexe (-);	
$\dot{V}_{\text{hyg,cool,seci}}$	le débit de ventilation hygiénique dans le secteur énergétique i, pour les calculs de refroidissement, déterminé selon 7.8.4, in m <sup>3</sup> /h.	

Il faut faire une somme sur tous les secteurs énergétiques i de la zone de ventilation z qui sont reliés au système de refroidissement par évaporation.



## 12 Production mensuelle d'électricité de systèmes d'énergie solaire photovoltaïque sur site et de cogénération sur site

### 12.1 Systèmes d'énergie solaire photovoltaïque

#### 12.1.1 Principe

La production mensuelle d'électricité d'un système d'énergie solaire photovoltaïque sur site est déterminée en multipliant l'ensoleillement mensuel incident par le rendement de conversion. A part la détermination de la production, la méthode de calcul est comparable à celle utilisée pour les systèmes d'énergie solaire thermique. Mais l'incidence de l'ombrage est plus importante. Dès que différentes parties du système PV ont des orientations, des angles d'inclinaison ou un ombrage différents, il faut les calculer comme des systèmes différents.

Seuls les systèmes d'énergie solaire photovoltaïque installés sur la parcelle du bâtiment comprenant l'unité PER considérée sont pris en compte. Ce qui revient à dire que les panneaux sont placés sur le toit ou sur la façade du bâtiment principal ou d'un bâtiment secondaire ou directement installés au sol (ex : panneaux suiveurs).

Dans le cas d'habitations unifamiliales, la production totale du système (ou des systèmes) est attribuée à l'unité PER pour laquelle le niveau  $E_w$  est calculé. Dans tous les autres cas la production totale de tous les systèmes fixés au bâtiment est répartie de la façon suivante : la fraction attribuée à une unité PER considérée correspond au rapport entre le volume de l'unité considérée et le volume total du bâtiment, en ce compris tous les espaces non chauffés (par exemple les greniers non chauffés, serres, caves, parking souterrains,...).

#### 12.1.2 Règle de calcul

La production mensuelle d'électricité, en kWh, est calculée comme suit pour un système d'énergie solaire photovoltaïque  $i$ :

$$W_{pv,m,i} = \frac{P_{pv,i} \times RF_{pv,i} \times C_{pv,i} \times I_{s,m,i,shad}}{3600} \quad (\text{kWh})$$

avec :

- $P_{pv,i}$  la puissance de crête du système photovoltaïque  $i$  en W, pour un flux d'ensoleillement de  $1000 \text{ W/m}^2$ , déterminée selon NBN EN 60904-1 ;
- $RF_{pv,i}$  facteur de réduction du système d'énergie solaire photovoltaïque, dont la valeur est fixée à 0,75 (-) ;
- $C_{pv,i}$  le facteur de correction pour l'ombrage, calculé selon 12.1.3 ;
- $I_{s,m,i,shad}$  l'ensoleillement au niveau de la surface du système d'énergie solaire photovoltaïque  $i$  pour le mois considéré, compte tenu de l'ombrage, en  $\text{MJ/m}^2$ , déterminé selon l'annexe C au présent arrêté.

### 12.1.3 Facteur de correction pour l'ombrage

On détermine le facteur de correction pour l'ombrage comme suit :

$$C_{pv,i} = \max \left( 0 ; 1.26 \frac{I_{s,m,i,shad}}{I_{s,m,i,horshad}} - 0.26 \right)$$

avec :

$I_{s,m,i,shad}$  l'ensoleillement au niveau de la surface du système d'énergie solaire photovoltaïque  $i$  pour le mois considéré, compte tenu de l'ombrage des obstacles fixes, en MJ/m<sup>2</sup>, déterminé selon l'annexe C ;

$I_{s,m,i,horshad}$  l'ensoleillement de la surface du système d'énergie solaire photovoltaïque  $i$  pour le mois considéré, en prenant en compte uniquement l'ombrage de l'horizon, en MJ/m<sup>2</sup>, déterminé selon l'annexe C. Les autres obstacles (surplombs et écrans équivalents) ne sont donc pas pris en considération dans ce calcul.

Contrairement à la règle qui s'applique aux fenêtres et aux systèmes d'énergie solaire thermique, on ne peut pas calculer avec les valeurs par défaut  $F_s$  tel qu'indiqué à l'annexe C. Un rendu détaillé de l'ombrage est toujours obligatoire pour les systèmes d'énergie solaire photovoltaïque.

(S'il n'y a pas d'autres obstacles que l'horizon qui apportent de l'ombrage,  $I_{s,m,i,horshad} = I_{s,m,i,shad}$ ,  $C_{pv,i} = 1$ , et il n'y a donc pas de diminution de production.)

## 12.2 Cogénération

### 12.2.1 Principe

Une installation de cogénération produit simultanément de la chaleur et de l'électricité. La consommation d'énergie finale (c.à.d. la consommation de combustible) d'une installation de cogénération est calculée aux points 10.2.2 et 10.3.2. Dans ce chapitre, on détermine la production d'électricité par cogénération. Cette électricité est convertie en quantité d'énergie primaire épargnée au paragraphe 13.8.

### 12.2.2 Production d'électricité

On détermine la quantité d'électricité produite par l'installation de cogénération  $i$  sur site comme suit :

$$W_{cogen,i,m} = \frac{\epsilon_{cogen,elec}}{3.6} \times Q_{cogen,final,i,m} \quad (\text{kWh})$$

avec :

$\epsilon_{cogen,elec}$  le rendement de conversion électrique de l'installation de cogénération, tel que déterminé à la sous-annexe A.2 de la méthode BSE ;

$Q_{cogen,final,i,m}$  la consommation mensuelle finale d'énergie de l'installation de cogénération  $i$ , telle que déterminé ci-dessous, en MJ.

On détermine la consommation mensuelle finale d'énergie de l'installation de cogénération  $i$ , conformément à la quantité de chaleur utile que cette installation de cogénération peut fournir :

$$Q_{cogen,final,i,m} = \sum_i f_{heat,m,pref} \times (1 - f_{as,heat,sec,i,m}) \times Q_{heat,gross,sec,i,m} / \eta_{gen,heat,cogen}$$

$$\begin{aligned}
& + \sum_i f_{\text{water,bath } i, m, \text{pref}} \times (1 - f_{\text{as,water,bath } i, m}) \times Q_{\text{water,bath } i, \text{gross}, m} / \eta_{\text{gen,water,bath } i, m, \text{cogen}} \\
& + \sum_i f_{\text{water,sink } i, m, \text{pref}} \times (1 - f_{\text{as,water,sink } i, m}) \times Q_{\text{water,sink } i, \text{gross}, m} / \eta_{\text{gen,water,sink } i, m, \text{cogen}}
\end{aligned}$$

(MJ)

avec :

$f_{\text{heat}, m, \text{pref}}$	la part de la cogénération dans la fourniture de chaleur d'un secteur énergétique $i$ , déterminée selon 10.2.2 ;
$f_{\text{as}, m}$	la part du besoin de chaleur total couvert par le système d'énergie solaire thermique, déterminée selon 10.4. Avec les indices 'heat, sec $i$ ' pour les besoins de chaleur du secteur énergétique $i$ et 'water,bath $i$ ' et 'water,sink $i$ ' pour la préparation d'eau chaude sanitaire, soit pour la douche/baignoire $i$ , soit pour l'évier de cuisine $i$ , respectivement ;
$Q_{\text{heat}, \text{gross}, \text{sec } i, m}$	les besoins mensuels bruts en énergie pour le chauffage d'un secteur énergétique $i$ , déterminés selon 9.2.1, en MJ ;
$\eta_{\text{gen,heat}, \text{cogen}}$	le rendement de production mensuel de l'installation de cogénération, déterminé selon 10.2.3 (-) ;
$f_{\text{water,bath } i, m, \text{pref}}$	la part de la cogénération dans la fourniture de chaleur pour la préparation de l'eau chaude sanitaire destinée à une douche ou une baignoire $i$ , déterminée selon 10.3.2 ;
$Q_{\text{water,bath } i, \text{gross}, m}$	les besoins mensuels bruts en énergie pour l'eau chaude sanitaire d'une douche ou d'une baignoire $i$ , déterminés selon 9.3.1, en MJ ;
$\eta_{\text{gen,water,bath } i, m, \text{cogen}}$	le rendement de production mensuel de l'installation de cogénération pour la préparation de l'eau chaude sanitaire, pour la baignoire ou la douche $i$ , déterminé selon 10.3.3 (-) ;
$f_{\text{water,sink } i, m, \text{pref}}$	la part de la cogénération dans la fourniture de chaleur pour la préparation de l'eau chaude sanitaire destinée à un évier de cuisine $i$ , déterminée selon 10.3.2 ;
$Q_{\text{water,sink } i, \text{gross}, m}$	les besoins mensuels bruts en énergie pour l'eau chaude sanitaire destinée à un évier de cuisine $i$ , déterminés selon 9.3.1, en MJ ;
$\eta_{\text{gen,water,sink } i, m, \text{cogen}}$	le rendement de production mensuel de l'installation de cogénération pour la préparation de l'eau chaude sanitaire, pour l'évier de cuisine $i$ , déterminé selon 10.3.3 (-).

Il faut faire une sommation sur tous les secteurs énergétiques  $i$  de l' 'unité PER' chauffés au moyen de l'installation de cogénération  $i$ , et l'ensemble des douches, baignoires et éviers de cuisine  $i$  de l' 'unité PER' auxquels l'installation de cogénération  $i$  fournit de la chaleur pour la préparation de l'eau chaude sanitaire.

## 13 Consommation d'énergie primaire

### 13.1 Préambule

La conversion de la consommation d'énergie finale en consommation d'énergie primaire introduit les facteurs de conversion pour l'énergie primaire dans le bilan énergétique. Tous les sous-termes sont ensuite additionnés afin d'obtenir la consommation caractéristique annuelle d'énergie primaire. En ce qui concerne l'électricité produite par des installations photovoltaïques sur site ou par des installations de cogénération sur site, on introduit dans le calcul un bonus correspondant à l'économie de combustible dans les centrales électriques.

### 13.2 La consommation caractéristique annuelle d'énergie primaire

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

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

avec :

- $E_{p,\text{heat},m}$  la consommation mensuelle d'énergie primaire pour le chauffage des locaux, en MJ, déterminée selon 13.3 ;
- $E_{p,\text{water},m}$  la consommation mensuelle d'énergie primaire pour la préparation d'eau chaude sanitaire, en MJ, déterminée selon 13.4 ;
- $E_{p,\text{aux},m}$  la consommation mensuelle d'énergie primaire des auxiliaires, en MJ, déterminée selon 13.5 ;
- $E_{p,\text{cool},m}$  la consommation mensuelle d'énergie primaire équivalente pour le refroidissement, en MJ, déterminée selon 13.6 ;
- $E_{p,\text{pv},m}$  l'économie mensuelle d'énergie primaire résultant de la production d'électricité des systèmes d'énergie solaire photovoltaïque sur site, en MJ, déterminée selon 13.7 ;
- $E_{p,\text{cogen},m}$  l'économie mensuelle d'énergie primaire résultant de la production d'électricité d'une installation de cogénération sur site, en MJ, déterminée selon 13.8.

### 13.3 La consommation d'énergie primaire pour le chauffage des locaux

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

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

avec :

- $f_p$  le facteur de conversion conventionnel en énergie primaire de la source d'énergie de l'appareil producteur considéré, tel qu'établi à l'annexe F ;
- $Q_{\text{heat,final,sec } i,m,\text{pref}}$  la consommation finale mensuelle d'énergie de l'appareil producteur préférentiel destiné au chauffage des locaux d'un secteur énergétique  $i$ , à l'exception de l'énergie des auxiliaires, déterminée selon 10.2.2, en MJ ;
- $Q_{\text{heat,final,sec } i,m,\text{npref}}$  la consommation finale mensuelle d'énergie de l'appareil producteur non préférentiel destiné au chauffage des locaux d'un secteur énergétique  $i$ , à l'exception de l'énergie auxiliaire, déterminée selon 10.2.2, en MJ.

Il faut faire une sommation sur tous les secteurs énergétiques  $i$  de l' 'unité PER'.

### 13.4 La consommation d'énergie primaire pour la préparation d'eau chaude sanitaire

On détermine la consommation mensuelle d'énergie primaire de l' 'unité PER' pour la préparation d'eau chaude sanitaire comme suit :

$$E_{p,water,m} = \sum_i (f_p \times Q_{water,bath\ i,final,m,pref} + f_p \times Q_{water,bath\ i,final,m,npref}) + \sum_i (f_p \times Q_{water,sink\ i,final,m,pref} + f_p \times Q_{water,sink\ i,final,m,npref}) \quad (MJ)$$

avec :

$f_p$	le facteur de conversion conventionnel en énergie primaire de la source d'énergie de l'appareil producteur considéré, tel qu'établi à l'annexe F ;
$Q_{water,bath\ i,final,m,pref}$	la consommation finale mensuelle d'énergie de l'appareil producteur préférentiel pour la préparation de l'eau chaude sanitaire destinée à une douche ou une baignoire $i$ , déterminée selon 10.3.2, en MJ ;
$Q_{water,bath\ i,final,m,npref}$	la consommation finale mensuelle d'énergie de l'appareil producteur non préférentiel pour la préparation de l'eau chaude sanitaire destinée à une douche ou une baignoire $i$ , déterminée selon 10.3.2, en MJ ;
$Q_{water,sink\ i,final,m,pref}$	la consommation finale mensuelle d'énergie de l'appareil producteur préférentiel pour la préparation de l'eau chaude sanitaire destinée à un évier de cuisine $i$ , déterminée selon 10.3.2, en MJ ;
$Q_{water,sink\ i,final,m,npref}$	la consommation finale mensuelle d'énergie de l'appareil producteur non préférentiel pour la préparation de l'eau chaude sanitaire destinée à un évier de cuisine $i$ , déterminée selon 10.3.2, en MJ.

Il faut faire une sommation sur toutes les douches et toutes les baignoires  $i$  de l'unité PER et sur tous les éviers de cuisine  $i$  de l'unité PER.

### 13.5 La consommation d'énergie primaire des auxiliaires

On calcule la consommation d'énergie primaire auxiliaire comme suit:

$$E_{p,aux,m} = f_p \times 3.6 \times (W_{aux,fans,m} + W_{aux,heat,m} + W_{aux,precool,m}) + f_p \times Q_{pilot,m} \quad (MJ)$$

avec :

$f_p$	le facteur de conversion conventionnel en énergie primaire de la source d'énergie considérée, tel qu'établi à l'annexe F ;
$W_{aux,fans,m}$	la consommation mensuelle d'électricité pour les ventilateurs, déterminée selon 11.2.1, en kWh ;
$W_{aux,heat,m}$	la consommation mensuelle d'électricité pour les fonctions auxiliaires destinées au chauffage, déterminée selon 11.1.2, en kWh ;
$W_{aux,precool,m}$	la consommation mensuelle d'électricité pour le pré-refroidissement de l'alimentation en air, déterminée selon 11.3, en kWh ;
$Q_{pilot,m}$	la consommation mensuelle d'énergie des veilleuses des appareils producteurs qui contribuent au chauffage de l'unité PER et/ou à la production d'eau chaude sanitaire pour l'unité PER, déterminée selon 11.1.3, en MJ.

Il faut faire une sommation sur toutes les veilleuses  $i$  des générateurs contribuant au chauffage et/ou à la production d'eau chaude sanitaire de l'unité PER.

### 13.6 La consommation équivalente d'énergie primaire pour le refroidissement

On détermine la consommation mensuelle équivalente d'énergie pour le refroidissement comme suit :

$$E_{p,cool,m} = \sum_i (f_p \times 3.6 \times Q_{cool,final,sec\ i,m}) \quad (MJ)$$

avec :

$Q_{cool,final,sec\ i,m}$  la consommation mensuelle équivalente d'énergie pour le refroidissement, déterminée selon 10.5, en kWh ;

$f_p$  le facteur conventionnel de conversion en énergie primaire pour l'électricité, tel qu'établi à l'annexe F.

Il faut faire une sommation sur tous les secteurs énergétiques  $i$  de l'unité PER.

### 13.7 L'économie d'énergie primaire résultant de la production d'électricité d'une installation solaire photovoltaïque sur site

On détermine l'économie mensuelle équivalente d'énergie primaire résultant de la production d'électricité des systèmes d'énergie solaire photovoltaïque intégrés au bâtiment comme suit :

$$E_{p,pv,m} = \sum_i (f_p \times 3.6 \times W_{pv,m,i}) \quad (MJ)$$

avec :

$f_p$  le facteur conventionnel de conversion en énergie primaire pour l'électricité, tel qu'établi à l'annexe F ;

$W_{pv,m,i}$  la production mensuelle d'électricité du système d'énergie solaire photovoltaïque intégré au bâtiment  $i$ , déterminée selon 12.1.2, en kWh.

Il faut faire une sommation sur tous les systèmes d'énergie solaire photovoltaïque sur site  $i$ , tenant compte des règles de distribution telles que déterminées dans 12.1.1.

### 13.8 L'économie d'énergie primaire résultant de la production d'électricité d'une installation de cogénération sur site

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

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

avec :

$f_p$  le facteur conventionnel de conversion en énergie primaire pour l'électricité autoproduite par cogénération, tel qu'établi à l'annexe F ;

$W_{cogen,i,m}$  la quantité mensuelle d'électricité produite par l'installation de cogénération sur site  $i$ , déterminée selon 12.2.2, en kWh.

Il faut faire une sommation sur toutes les installations de cogénération sur site  $i$  de l'unité PER.

## 14 Emissions de CO<sub>2</sub>

### 14.1 Préambule

La consommation d'énergie finale se compose d'une quantité de combustibles consommée et d'une quantité d'électricité consommée. Ces éléments s'accompagnent de certaines émissions de CO<sub>2</sub>. L'électricité produite par des installations photovoltaïques et/ou de cogénération induit des émissions de CO<sub>2</sub> évitées lors de la production d'électricité conventionnelle et est déduite. Ces émissions de CO<sub>2</sub> peuvent être déterminées par consommation partielle et ensuite additionnées afin d'obtenir les émissions caractéristiques annuelles de CO<sub>2</sub>.

Les facteurs d'émission de CO<sub>2</sub> ( $f_{CO_2}$ ) des différents vecteurs énergétiques sont repris à l'annexe F de la présente annexe.

### 14.2 Emissions caractéristiques annuelles de CO<sub>2</sub>

On détermine les émissions caractéristiques annuelles de CO<sub>2</sub> résultant de la consommation d'énergie de l'unité PER comme suit :

$CO_{2,tot} = \sum_{m=1}^{12} (CO_{2,heat,m} + CO_{2,water,m} + CO_{2,aux,m} + CO_{2,cool,m} - CO_{2,PV,m} - CO_{2,cogen,m})$		[kg]
avec :		
$CO_{2,heat,m}$	les émissions mensuelles de CO <sub>2</sub> résultant du chauffage des locaux, déterminées selon 14.3, en kg ;	
$CO_{2,water,m}$	les émissions mensuelles de CO <sub>2</sub> résultant de la préparation d'eau chaude sanitaire, déterminées selon 14.4, en kg ;	
$CO_{2,aux,m}$	les émissions mensuelles de CO <sub>2</sub> résultant de la consommation d'énergie auxiliaire, déterminées selon 14.5, en kg ;	
$CO_{2,cool,m}$	les émissions mensuelles de CO <sub>2</sub> résultant du refroidissement, déterminées selon 14.6, en kg ;	
$CO_{2,PV,m}$	les émissions mensuelles de CO <sub>2</sub> évitées résultant de la production d'électricité au moyen d'une installation solaire photovoltaïque sur site, déterminées selon 14.7, en kg ;	
$CO_{2,cogen,m}$	les émissions mensuelles de CO <sub>2</sub> évitées résultant de la production d'électricité au moyen d'une installation de cogénération sur site, déterminées selon 14.8, en kg.	

### 14.3 Emissions mensuelles de CO<sub>2</sub> résultant du chauffage des locaux

On détermine les émissions mensuelles de CO<sub>2</sub> de l'unité PER résultant du chauffage des locaux comme suit :

$CO_{2,heat,m} = \sum_i (f_{CO_2} \cdot f_{NCV/GCV} \cdot Q_{heat,final,sec\ i,m,pref} + f_{CO_2} \cdot f_{NCV/GCV} \cdot Q_{heat,final,sec\ i,m,npref})$		[kg]
avec :		
$f_{CO_2}$	le facteur d'émissions de CO <sub>2</sub> du vecteur énergétique du générateur considéré, par rapport au pouvoir calorifique inférieur, tel que repris à l'annexe F de la présente annexe (kg/MJ) ;	
$f_{NCV/GCV}$	un facteur de multiplication égal au rapport du pouvoir calorifique inférieur sur le pouvoir calorifique supérieur du combustible utilisé, tel que repris à l'annexe F de la présente annexe (-) ;	
$Q_{heat,final,sec\ i,m,pref}$	la consommation finale mensuelle d'énergie de l'appareil producteur préférentiel destiné au chauffage des locaux du secteur énergétique i, à l'exception de l'énergie des auxiliaires, déterminée selon 10.2.2 (MJ) ;	
$Q_{heat,final,sec\ i,m,npref}$	la consommation finale mensuelle d'énergie de l'appareil producteur non préférentiel destiné au chauffage des locaux du secteur énergétique i, à l'exception de l'énergie auxiliaire, déterminée selon 10.2.2 (MJ).	

Il faut faire une sommation sur tous les secteurs énergétiques i de l'unité PER.

#### 14.4 Emissions mensuelles de CO<sub>2</sub> résultant de la préparation d'eau chaude sanitaire

On détermine les émissions mensuelles de CO<sub>2</sub> de l'unité PER résultant de la préparation d'eau chaude sanitaire comme suit :

$CO_{2,water,m} = \sum_i (f_{CO_2} \cdot f_{NCV/GCV} \cdot Q_{water,bath\ i,final,m,pref} + f_{CO_2} \cdot f_{NCV/GCV} \cdot Q_{water,bath\ i,final,m,npref})$ $+ \sum_i (f_{CO_2} \cdot f_{NCV/GCV} \cdot Q_{water,sink\ i,final,m,pref} + f_{CO_2} \cdot f_{NCV/GCV} \cdot Q_{water,sink\ i,final,m,npref})$		[kg]
avec :		
f <sub>CO<sub>2</sub></sub>	le facteur d'émissions de CO <sub>2</sub> du vecteur énergétique du générateur considéré, par rapport au pouvoir calorifique inférieur, tel que repris à l'annexe F de la présente annexe (kg/MJ) ;	
f <sub>NCV/GCV</sub>	un facteur de multiplication égal au rapport du pouvoir calorifique inférieur sur le pouvoir calorifique supérieur du combustible utilisé, tel que repris à l'annexe F de la présente annexe (-) ;	
Q <sub>water,bath i,final,m,pref</sub>	la consommation finale mensuelle d'énergie de l'appareil producteur préférentiel pour la préparation de l'eau chaude sanitaire destinée à une douche ou une baignoire i, déterminée selon 10.3.2, en MJ ;	
Q <sub>water,bath i,final,m,npref</sub>	la consommation finale mensuelle d'énergie de l'appareil producteur non préférentiel pour la préparation de l'eau chaude sanitaire destinée à une douche ou une baignoire i, déterminée selon 10.3.2, en MJ ;	
Q <sub>water,sink i,final,m,pref</sub>	la consommation finale mensuelle d'énergie de l'appareil producteur préférentiel pour la préparation de l'eau chaude sanitaire destinée à un évier de cuisine i, déterminée selon 10.3.2, en MJ ;	
Q <sub>water,sink i,final,m,npref</sub>	la consommation finale mensuelle d'énergie de l'appareil producteur non préférentiel pour la préparation de l'eau chaude sanitaire destinée à un évier de cuisine i, déterminée selon 10.3.2, en MJ.	

Il faut faire une sommation sur toutes les douches et toutes les baignoires i de l'unité PER et sur tous les éviers de cuisine i de l'unité PER.

#### 14.5 Emissions mensuelles de CO<sub>2</sub> résultant de la consommation d'énergie auxiliaire

On détermine les émissions mensuelles de CO<sub>2</sub> de l'unité PER résultant de la consommation d'énergie auxiliaire comme suit :

$CO_{2,aux,m} = f_{CO_2} \cdot f_{NCV/GCV} \cdot 3,6 \cdot (W_{aux,fans,m} + W_{aux,heat,m} + W_{aux,precool,m}) + f_{CO_2} \cdot f_{NCV/GCV} \cdot Q_{pilot,m}$		[kg]
avec :		
f <sub>CO<sub>2</sub></sub>	le facteur d'émissions de CO <sub>2</sub> du vecteur énergétique du générateur considéré, par rapport au pouvoir calorifique inférieur, tel que repris à l'annexe F de la présente annexe (kg/MJ) ;	
f <sub>NCV/GCV</sub>	un facteur de multiplication égal au rapport du pouvoir calorifique inférieur sur le pouvoir calorifique supérieur du combustible utilisé, tel que repris à l'annexe F de la présente annexe (-) ;	
W <sub>aux,fans,m</sub>	la consommation mensuelle d'électricité pour les ventilateurs, déterminée selon 11.2.1, en kWh ;	
W <sub>aux,heat,m</sub>	la consommation mensuelle d'électricité pour les fonctions auxiliaires destinées au chauffage, déterminée selon 11.1.2, en kWh ;	
W <sub>aux,precool,m</sub>	la consommation mensuelle d'électricité pour le pré-refroidissement de l'alimentation en air, déterminée selon 11.3, en kWh ;	
Q <sub>pilot,m</sub>	la consommation mensuelle d'énergie des veilleuses des appareils producteurs qui contribuent au chauffage de l'unité PER et/ou à la production d'eau chaude sanitaire pour l'unité PER, déterminée selon 11.1.3, en MJ.	



Il faut faire une sommation sur toutes les veilleuses  $i$  des générateurs contribuant au chauffage et/ou à la production d'eau chaude sanitaire de l'unité PER.

#### 14.6 Emissions mensuelles de CO<sub>2</sub> résultant du refroidissement

On détermine les émissions mensuelles de CO<sub>2</sub> de l'unité PER résultant du refroidissement comme suit :

$CO_{2,cool,m} = \sum_i (s_{cool,i} \cdot f_{CO_2} \cdot f_{NCV/GCV} \cdot 3,6 \cdot Q_{cool,final,sec\ i,m})$		[kg]
avec :		
$s_{cool,i}$	un facteur de multiplication déterminé par secteur énergétique $i$ et dont la valeur s'élève à : - 1, si un refroidissement actif est effectivement placé ; 0, si aucun refroidissement actif n'est placé ;	
$f_{CO_2}$	le facteur d'émissions de CO <sub>2</sub> du vecteur énergétique du générateur considéré, par rapport au pouvoir calorifique inférieur, tel que repris à l'annexe F de la présente annexe (kg/MJ) ;	
$f_{NCV/GCV}$	un facteur de multiplication égal au rapport du pouvoir calorifique inférieur sur le pouvoir calorifique supérieur du combustible utilisé, tel que repris à l'annexe F de la présente annexe (-) ;	
$Q_{cool,final,sec\ i,m}$	la consommation mensuelle équivalente d'énergie pour le refroidissement, déterminée selon 10.5, en kWh.	

Il faut faire une sommation sur tous les secteurs énergétiques  $i$  de l'unité PER.

#### 14.7 Emissions mensuelles de CO<sub>2</sub> évitées résultant de la production d'électricité d'une installation solaire photovoltaïque sur site

On détermine les émissions mensuelles de CO<sub>2</sub> de l'unité PER évitées résultant de la production d'électricité au moyen d'une installation solaire photovoltaïque sur site comme suit :

$CO_{2,PV,m} = \sum_i (f_{CO_2} \cdot f_{NCV/GCV} \cdot 3,6 \cdot W_{PV,m,i})$		[kg]
avec :		
$f_{CO_2}$	le facteur d'émissions de CO <sub>2</sub> du vecteur énergétique du générateur considéré, par rapport au pouvoir calorifique inférieur, tel que repris à l'annexe F de la présente annexe (kg/MJ) ;	
$f_{NCV/GCV}$	un facteur de multiplication égal au rapport du pouvoir calorifique inférieur sur le pouvoir calorifique supérieur du combustible utilisé, tel que repris à l'annexe F de la présente annexe (-) ;	
$W_{PV,m,i}$	la production mensuelle d'électricité du système d'énergie solaire photovoltaïque intégré au bâtiment $i$ , déterminée selon 12.1.2, en kWh.	

Il faut faire une sommation sur toutes les installations solaires photovoltaïques sur site  $i$  de l'unité PER, tenant compte des règles de distribution telles que déterminées dans 12.1.1.

#### 14.8 Emissions mensuelles de CO<sub>2</sub> évitées résultant de la production d'électricité d'une installation de cogénération sur site

On détermine les émissions mensuelles de CO<sub>2</sub> de l'unité PER évitées résultant de la production d'électricité au moyen d'une installation de cogénération sur site comme suit :

$CO_{2,PV,m} = \sum_i (f_{CO_2} \cdot f_{NCV/GCV} \cdot 3,6 \cdot W_{cogen,m,i})$		[kg]
avec :		
$f_{CO_2}$	le facteur d'émissions de CO <sub>2</sub> du vecteur énergétique du générateur considéré, par rapport au pouvoir calorifique inférieur, tel que repris à l'annexe F de la présente annexe (kg/MJ) ;	
$f_{NCV/GCV}$	un facteur de multiplication égal au rapport du pouvoir calorifique inférieur sur le pouvoir calorifique supérieur du combustible utilisé, tel que repris à l'annexe F de la présente annexe (-) ;	
$W_{cogen,i,m}$	la quantité mensuelle d'électricité produite par l'installation de cogénération sur site i, déterminée selon 12.2.2, en kWh.	

Il faut faire une sommation sur toutes les installations de cogénération sur site i de l'unité PER.

## **Annexe A : traitement des espaces adjacents non chauffés**

Un facteur de réduction  $b$  est déterminé pour les espaces adjacents non chauffés, voir norme NBN EN ISO 13789.

Quant au traitement des espaces adjacents non chauffés lors de la détermination de la performance énergétique, les deux possibilités simplifiées suivantes sont prévues de manière standard.

### **Possibilité 1**

Il est toujours permis de ne pas prendre en considération la géométrie extérieure des espaces adjacents non chauffés :

- pour la détermination des besoins nets en énergie pour le chauffage, on suppose que la température des espaces adjacents non chauffés est égale à la température extérieure (c.-à-d. que le facteur de réduction  $b = 1$ ). On considère qu'aucun rayonnement solaire n'atteint le volume protégé ;
- pour le calcul de l'indicateur du risque de surchauffe et la détermination des besoins nets en énergie pour le refroidissement, on suppose que l'espace adjacent non chauffé se trouve à la même température que le volume protégé (c.-à-d. que le facteur de réduction  $b = 0$ ). En d'autres termes, on ne tient pas compte de flux de chaleur par transmission du volume protégé vers l'espace adjacent non chauffé. Pour l'ensoleillement, on suppose que l'espace adjacent non chauffé ne constitue pas un obstacle.

### **Possibilité 2**

Cette possibilité s'applique uniquement si l'espace adjacent non chauffé jouxte 1 seul secteur énergétique et s'il n'y a pas de ventilation hygiénique entre l'espace adjacent non chauffé et le volume protégé.

Dans les cas où l'espace adjacent non chauffé jouxte plusieurs secteurs énergétiques, le Ministre peut éventuellement proposer des règles supplémentaires qui permettent de subdiviser l'espace adjacent non chauffé en plusieurs espaces adjacents non chauffés fictifs plus petits jouxtant chacun un seul secteur énergétique.

Quand plusieurs espaces adjacents non chauffés sont également adjacents entre eux, on admet par convention qu'il n'y a pas de transmission de chaleur ou d'échange d'air (volontaire ou par in/exfiltration) entre les espaces adjacents non chauffés. La paroi est également considérée comme opaque.

Dans les espaces adjacents non chauffés, les gains de chaleur internes sont supposés égaux à zéro.

Le facteur de réduction  $b$  est calculé selon la norme NBN EN ISO 13789. Pour le traitement des nœuds constructifs, on applique les mêmes règles que dans 7.4 (distinction entre, d'une part, les calculs relatifs au chauffage et, d'autre part, les calculs relatifs au refroidissement et à la surchauffe).

Les gains solaires indirects du secteur énergétique adjacent (voir 7.10.2) sont égaux à la fraction  $(1-b)$  des gains solaires absorbés dans les espaces adjacents non chauffés. Tant le facteur de réduction  $b$  que les gains solaires peuvent être différents au niveau, d'une part, des calculs relatifs au chauffage et, d'autre part, des calculs relatifs à l'indicateur du risque de surchauffe et au refroidissement, en raison d'une différence dans le taux de ventilation et/ou le facteur d'utilisation d'une éventuelle protection solaire.

L'ensoleillement direct via l'espace adjacent non chauffé n'est pris en considération que si le mur extérieur de l'espace adjacent non chauffé est également transparent/translucide perpendiculairement au centre de la fenêtre entre l'espace adjacent non chauffé et le volume protégé. La détermination des angles d'ombrage de la fenêtre entre l'espace adjacent non chauffé et le volume protégé tient compte de la géométrie de l'espace adjacent non chauffé (par exemple toit opaque). On déduit, de l'ensoleillement incident de la fenêtre séparant l'espace adjacent non chauffé et le volume protégé, le produit  $0.95 \times F_F \times g_g$  du mur extérieur transparent/translucide opposé. Pour déterminer les gains solaires absorbés dans l'espace adjacent non chauffé, on déduit la pénétration solaire directe de l'espace adjacent non chauffé des gains solaires totaux entrants de l'espace adjacent non chauffé.

## **Annexe B : le débit de ventilation hygiénique**

Un volume limité ayant une destination non-résidentielle peut faire partie d'une unité PER.

Pour la partie du bâtiment qui a une destination résidentielle, les installations de ventilation doivent respecter les exigences de l'annexe VHR. Celles-ci imposent des débits de conception minimums. Par débit exigé, on entend le débit défini dans les annexes VHR et VHN au présent arrêté.

Dans la suite du texte, on évalue différents termes des systèmes mécaniques à la position dite 'nominale' des ventilateurs. Sauf mention explicite contraire sur le panneau de commande, la position maximale est assimilée à la position nominale. En position nominale, l'insufflation mécanique ou l'extraction mécanique doivent être au moins égales, dans chaque pièce, au débit exigé.

La détermination du facteur de multiplication  $m$  et du facteur de réduction pour préchauffage  $r$  s'effectue par zone de ventilation. Les locaux de l' 'unité PER' auxquels aucune exigence n'est imposée en matière d'insufflation en air neuf, de transfert ou d'extraction vers l'extérieur, sont regroupés avec une zone de ventilation adjacente. Dans le cas où il y a plusieurs zones de ventilation adjacentes, ces locaux sont regroupés avec les zones avec lesquelles ils sont éventuellement en contact par des liaisons intérieures. S'il n'y a pas de liaison de ce genre, le choix est libre.

Conformément aux règles relatives à la subdivision d'un 'volume PER' en secteurs énergétiques tel qu'établi en 5.3, 1 secteur énergétique ne peut pas couvrir plusieurs zones de ventilation, puisqu'un secteur énergétique doit être équipé du même type de système de ventilation. Mais 1 secteur de ventilation peut se composer de plusieurs secteurs énergétiques, par exemple parce que les différentes parties ont des systèmes d'émission de chaleur différents (par exemple un logement avec 1 seul système de ventilation, mais des radiateurs au 1<sup>er</sup> étage et un chauffage par le sol au rez-de-chaussée).

Le Ministre détermine les règles à respecter pour les mesures des débits local par local, utilisées dans les calculs détaillés des facteur  $m$  et  $r_{preh}$ .

### B.1 Détermination du facteur de multiplication $m_{sec\ i}$ pour le débit

Le facteur de multiplication  $m_{sec\ i}$  d'un secteur énergétique  $i$  est égal au facteur de multiplication de la zone de ventilation  $z$  dont le secteur énergétique fait partie:

$$m_{sec\ i} = m_{zone\ z}$$

La détermination du facteur de multiplication de la zone de ventilation  $z$  s'effectue tel que décrit ci-dessous.

Remarque : l'application des règles ci-dessous entraîne, pour chacun des systèmes de ventilation, la valeur par défaut  $m_{zone\ z} = 1,5$ .

Chaque fois que dans ce paragraphe il est question de « débit d'insufflation d'air neuf exigé » ceci sous-entend le cas échéant également un « débit d'air de recirculation » dans la pièce d'habitation.

#### B.1.1 Ventilation naturelle

La détermination du facteur de multiplication  $m_{zone\ z}$  tient compte, pour ces systèmes, des aspects suivants :

- en ce qui concerne l'alimentation :
  - la mesure dans laquelle les bouches d'alimentation réglables sont autoréglables.
- en ce qui concerne l'évacuation :
  - la mesure dans laquelle les bouches d'évacuation sont autoréglables.
  - le manque d'étanchéité à l'air des gaines d'évacuation naturelle

On détermine  $m_{zone\ z}$  par zone de ventilation  $z$  comme suit :

$$m_{zone\ z} = 1.0 + 0.5 \left( \frac{r_{nat.\,supply,\,zone\ z} + r_{nat.\,exh,\,zone\ z} + r_{leak,\,stack,\,zone\ z}}{r_{nat.\,supply,\,zone\ z,\,def} + r_{nat.\,exh,\,zone\ z,\,def} + r_{leak,\,stack,\,zone\ z,\,def}} \right)$$

avec :

- |                                    |   |
|------------------------------------|---|
| $r_{nat.\,supply,\,zone\ z}$       | un facteur de correction prenant en compte le fait que les ouvertures d'alimentation réglables sont autoréglables dans la zone de ventilation $z$ , tel que déterminé ci-dessous (-); |
| $r_{nat.\,exh,\,zone\ z}$          | un facteur de correction prenant en compte le fait que les ouvertures d'évacuation réglables sont autoréglables dans la zone de ventilation $z$ , tel que déterminé ci-dessous (-);   |
| $r_{leak,\,stack,\,zone\ z}$       | un facteur de correction pour le manque d'étanchéité à l'air des gaines d'évacuation dans la zone de ventilation $z$ , tel que déterminé ci-dessous (-);                              |
| $r_{nat.\,supply,\,zone\ z,\,def}$ | la valeur par défaut pour $r_{nat.\,supply,\,zone\ z}$ , tel que déterminé ci-dessous (-);  |
| $r_{nat.\,exh,\,zone\ z,\,def}$    | la valeur par défaut pour $r_{nat.\,exh,\,zone\ z}$ , tel que déterminé ci-dessous (-);   |
| $r_{leak,\,stack,\,zone\ z,\,def}$ | la valeur par défaut pour $r_{leak,\,stack,\,zone\ z}$ , tel que déterminé ci-dessous (-);  |

**Facteur de correction  $r_{nat.\,supply,\,zone\ z}$**

Les ouvertures d'alimentation naturelle qui ont été testées conformément à la norme NBN EN 13141-1 peuvent être classées dans une catégorie donnée selon le Tableau [18]. On évalue à cet effet dans quelle mesure le débit reste constant en cas de variation de la différence de pression

On associe par convention le facteur de correction  $r_{\text{nat. supply, zone } z}$  de la zone de ventilation  $z$  au classement en catégories tel qu'indiqué au Tableau [19]. C'est l'ouverture d'alimentation réglable (OAR) ayant le facteur de correction le plus élevé qui détermine la valeur pour l'ensemble de la zone de ventilation. La valeur par défaut est de 0,20.

**Tableau [18] : Classe de réglage en fonction de la différence de pression**

Différence de pression P (Pa)	Débit en fonction du débit nominal à 2 Pa ( $q_N$ )				
	Classe P <sub>0</sub>	Classe P <sub>1</sub>	Classe P <sub>2</sub>	Classe P <sub>3</sub>	Classe P <sub>4</sub>
$0 \leq P < 2$ Pa		$\geq 0,8 \cdot \sqrt{P/2}$ et $\leq 1,2 \cdot q_N$	$\geq 0,8 \cdot \sqrt{P/2}$ et $\leq 1,2 \cdot q_N$	$\geq 0,8 \cdot \sqrt{P/2}$ et $\leq 1,2 \cdot q_N$	$\geq 0,8 \cdot \sqrt{P/2}$ et $\leq 1,2 \cdot q_N$
2 Pa	$q_N$	$q_N$	$q_N$	$q_N$	$q_N$
$2 < P < 5$ Pa	Ne satisfait pas à la classe P <sub>1</sub>	$\geq 0,8 \cdot q_N$ et $\leq 1,8 \cdot q_N$	$\geq 0,8 \cdot q_N$ et $\leq 1,8 \cdot q_N$	$\geq 0,8 \cdot q_N$ et $\leq 1,5 \cdot q_N$	$\geq 0,8 \cdot q_N$ et $\leq 1,2 \cdot q_N$
5 - 10 Pa		$\geq 0,7 \cdot q_N$ et $\leq 2,3 \cdot q_N$	$\geq 0,7 \cdot q_N$ et $\leq 2,0 \cdot q_N$	$\geq 0,7 \cdot q_N$ et $\leq 1,5 \cdot q_N$	$\geq 0,8 \cdot q_N$ et $\leq 1,2 \cdot q_N$
10 - 25 Pa		$\geq 0,5 \cdot q_N$ et $\leq 3,0 \cdot q_N$	$\geq 0,5 \cdot q_N$ et $\leq 2,0 \cdot q_N$	$\geq 0,5 \cdot q_N$ et $\leq 1,5 \cdot q_N$	$\geq 0,8 \cdot q_N$ et $\leq 1,2 \cdot q_N$
25 - 50 Pa		$\geq 0,3 \cdot q_N$ et $\leq 3,0 \cdot q_N$	$\geq 0,3 \cdot q_N$ et $\leq 2,0 \cdot q_N$	$\geq 0,3 \cdot q_N$ et $\leq 1,5 \cdot q_N$	$\geq 0,3 \cdot q_N$ et $\leq 1,5 \cdot q_N$
50 - 100 Pa		$\leq 3,0 \cdot q_N$	$\leq 2,0 \cdot q_N$	$\leq 2,0 \cdot q_N$	$\leq 2,0 \cdot q_N$
100 - 200 Pa		$\leq 4,0 \cdot q_N$	$\leq 3,0 \cdot q_N$	$\leq 3,0 \cdot q_N$	$\leq 3,0 \cdot q_N$

**Tableau [19] : Facteur de correction  $r_{\text{nat. supply, zone } z}$**

Classe OAR	$r_{\text{nat. supply, zone } z}$
P0	0.20
P1	0.18
P2	0.14
P3	0.08
P4	0.02

### **Facteur de correction $r_{nat.exh,zone z}$**

On affecte la valeur suivante aux bouches d'évacuation naturelles qui ne sont pas autorégulatrices:

$$r_{nat.exh,zone z} = 0.20$$

C'est également la valeur par défaut.

On peut déterminer des valeurs meilleures suivant des règles spécifiées par le Ministre.

### **Facteur de correction $r_{leak,stack,zone z}$**

On calcule par convention  $r_{leak,stack,zone z}$  de la zone de ventilation  $z$  comme suit:

$$r_{leak,stack,zone z} = \frac{\sum_k \dot{V}_{leak,stack,zone z,k}}{\dot{V}_{req,exh,zone z}}$$

avec:

$\dot{V}_{leak,stack,zone z,k}$  le débit de fuite conventionnel de la gaine d'évacuation naturelle  $k$  dans la zone de ventilation  $z$ , en  $m^3/h$ ;

$\dot{V}_{req,exh,zone z}$  le débit d'évacuation total exigé pour la zone de ventilation  $z$ , égal à la somme des débits d'évacuation vers l'extérieur exigés de chacun des locaux, en  $m^3/h$ .

Il faut faire une sommation sur toutes les gaines d'évacuation naturelle  $k$  présentes dans la zone de ventilation  $z$ . On détermine le débit de fuite  $\dot{V}_{leak,stack,zone z,k}$  d'une gaine d'évacuation naturelle  $k$  à l'aide d'une mesure, conformément aux procédures décrites dans la norme NBN EN 14134. La pression de service à prendre en considération est, par convention, de 2 Pa.

Dans le cas où ou aucun résultat de mesure n'est présenté:

$$r_{leak,stack,zone z} = 0.025$$

C'est la valeur par défaut.

### **B.1.2. Ventilation mécanique simple flux par insufflation**

La détermination du facteur de multiplication  $m_{zone z}$  tient compte, avec ces systèmes, des aspects suivants :

- en ce qui concerne l'insufflation :
  - la régulation éventuellement défectueuse des bouches d'alimentation ;
  - le manque d'étanchéité à l'air des gaines d'insufflation mécanique.
- en ce qui concerne l'évacuation :
  - la mesure dans laquelle les bouches d'évacuation sont autoréglables ;
  - le manque d'étanchéité à l'air des gaines d'évacuation naturelle.

On détermine  $m_{zone z}$  par zone de ventilation  $z$  comme suit :

$$m_{zone z} = 1.0 + 0.5 \left( \frac{r_{mech.supply,zone z} + r_{nat.exh,zone z} + r_{leak,stack,zone z}}{r_{mech.supply,zone z,def} + r_{nat.exh,zone z,def} + r_{leak,stack,zone z,def}} \right)$$



avec :

$r_{\text{mech. supply, zone } z}$	un facteur de correction pour la régulation éventuellement défectueuse des bouches d'alimentation dans chacun des locaux et le manque d'étanchéité à l'air des gaines d'insufflation mécanique dans la zone de ventilation $z$ , tel que déterminé ci-dessous (-);
$r_{\text{nat. exh, zone } z}$	un facteur de correction pour la mesure dans laquelle les bouches d'évacuation dans la zone de ventilation $z$ sont autoréglables, tel que déterminé au B.1.1 (-);
$r_{\text{leak, stack, zone } z}$	un facteur de correction pour le manque d'étanchéité à l'air des gaines d'extraction dans la zone de ventilation $z$ , tel que déterminé au B.1.1 (-);
$r_{\text{mech. supply, zone } z, \text{def}}$	la valeur par défaut pour $r_{\text{mech. supply, zone } z}$ , tel que déterminé ci-dessous (-);
$r_{\text{nat. exh, zone } z, \text{def}}$	la valeur par défaut pour $r_{\text{nat. exh, zone } z}$ , tel que déterminé au B.1.1 (-);
$r_{\text{leak, stack, zone } z, \text{def}}$	la valeur par défaut pour $r_{\text{leak, stack, zone } z}$ , tel que déterminé au B.1.1 (-);

**Facteur de correction  $r_{\text{mech. supply, zone } z}$**

On calcule  $r_{\text{mech. supply, zone } z}$  par zone de ventilation  $z$  comme suit:

$$r_{\text{mech. supply, zone } z} = r_{\text{adj. mech. supply zone } z} + \frac{\sum \dot{V}_{\text{leak, supplyduct, zone } z, l}}{\dot{V}_{\text{req, mech. supply, zone } z}}$$

avec :

$r_{\text{adj, mech. supply, zone } z}$  un facteur de correction pour la régulation éventuellement défectueuse des bouches d'alimentation dans la zone de ventilation  $z$ , tel que déterminé ci-dessous (-);

$\dot{V}_{\text{leak, supplyduct, zone } z, l}$  les pertes par les fuites des gaines d'insufflation  $l$  dans la zone de ventilation  $z$ , à la position nominale des ventilateurs, en  $\text{m}^3/\text{h}$ , tel que déterminé ci-dessous;

$\dot{V}_{\text{req, mech. supply, zone } z}$  le débit d'insufflation total exigé de la zone de ventilation  $z$ , égale à la somme des débits d'insufflation en air neuf exigés pour chacun des locaux, en  $\text{m}^3/\text{h}$ .

Dans le deuxième terme, il faut faire une sommation sur tous les réseaux de gaines d'insufflation  $l$  dans la zone de ventilation  $z$ .

On détermine le facteur de correction pour la régulation éventuellement défectueuse des bouches d'alimentation dans une zone de ventilation  $z$  comme suit:

- si, dans la zone de ventilation  $z$ , on n'a pas mesuré les débits (pour la position nominale des ventilateurs) de toutes les bouches d'alimentation mécanique, on a :

$$r_{\text{adj, mech. supply, zone } z} = 0.20$$

C'est la valeur par défaut.

- si, dans la zone de ventilation  $z$ , on a mesuré les débits (pour la position nominale des ventilateurs) de toutes les bouches d'alimentation mécanique, on a :

- si chacune des valeurs mesurées par local des débits d'insufflation mécanique se situe entre 100% et 120% de la valeur exigée pour le local considéré, on a :

$$r_{\text{adj, mech. supply, zone } z} = 0$$

- si chacune des valeurs mesurées par local des débits d'insufflation mécanique est égale à au moins 100% de la valeur exigée pour le local considéré, mais que 1 ou plusieurs valeurs dépassent 120% des valeurs exigées, on a :

$$r_{\text{adj, mech. supply, zone } z} = \max \left[ 0; \min \left\{ 0.20; \frac{\sum_j \dot{V}_{\text{meas, mech. supply, rm } j}}{\dot{V}_{\text{req, mech. supply, zone } z}} - 1.20 \right\} \right]$$

où il faut additionner les débits mécaniques mesurés par local ( $\dot{V}_{\text{meas, mech. supply, rm } j}$ , en  $\text{m}^3/\text{h}$ ), de tous les locaux d'alimentation  $j$  de la zone

de ventilation  $z$ .  $\dot{V}_{req,mech.supply,zone z}$  est le débit d'insufflation mécanique total exigé dans la zone de ventilation  $z$ ; c'est la somme des débits d'insufflation en air neuf exigés des locaux individuels, en  $m^3/h$ .

- sinon :

$$r_{adj,mech.supply,zone z} = 0.20$$

On détermine les pertes de fuite des réseaux de gaines d'insufflation dans la zone de ventilation  $z$  comme suit :

- en mesurant chacun des réseaux de gaines d'insufflation, conformément à la procédure décrite dans la norme NBN EN 14134. La pression de service à prendre en compte est la surpression statique mesurée immédiatement après le ventilateur lors du fonctionnement en position nominale ;
- la valeur par défaut est de :

$$\sum_k \dot{V}_{leak,supplyduct,zone z,k} = 0.18 \dot{V}_{req,mech.supply,zone z}$$

Cette valeur est d'application :

- si on n'a pas effectué de mesure antérieure pour tous les réseaux de gaines d'insufflation ;
- si les débits de fuite mesurés sont supérieurs à cette valeur par défaut.

### B.1.3. Ventilation mécanique simple flux par extraction

La détermination du facteur de multiplication  $m_{zone z}$  tient compte, avec ces systèmes, des aspects suivants:

- en ce qui concerne l'alimentation :
  - la mesure dans laquelle les bouches d'alimentation réglables sont autoréglables ;
- en ce qui concerne l'extraction :
  - la régulation éventuellement défectueuse des bouches d'extraction ;
  - le manque d'étanchéité à l'air des gaines d'extraction mécanique.

On détermine  $m_{zone z}$  par zone de ventilation  $z$  comme suit :

$$m_{zone z} = 1.0 + 0.5 \left( \frac{r_{nat.supply,zone z} + r_{mech.extr,zone z}}{r_{nat.supply,zone z,def} + r_{mech.extr,zone z,def}} \right)$$

avec :

$r_{nat.supply,zone z}$  un facteur de correction pour la mesure dans laquelle les bouches d'alimentation réglables dans la zone de ventilation  $z$  sont autoréglables, tel que déterminé au B.1.1 (-) ;

$r_{mech.extr,zone z}$  un facteur de correction pour la régulation éventuellement défectueuse des bouches d'extraction dans chacun des locaux et le manque d'étanchéité à l'air des gaines d'extraction mécanique dans la zone de ventilation  $z$ , tel que déterminé ci-dessous (-) ;

$r_{nat.supply,zone z,def}$  la valeur par défaut pour  $r_{nat.supply,zone z}$ , tel que déterminé au B.1.1 (-) ;

$r_{mech.extr,zone z,def}$  la valeur par défaut pour  $r_{mech.extr,zone z}$ , tel que déterminé ci-dessous (-).

### Facteur de correction $r_{\text{mech.extr,zone } z}$

On calcule  $r_{\text{mech.extr,zone } z}$  par zone de ventilation  $z$  comme suit:

$$r_{\text{mech.extr,zone } z} = r_{\text{adj,mech.extr,zone } z} + \frac{\sum_m \dot{V}_{\text{leak,extr,duct,zone } z,m}}{\dot{V}_{\text{req,mech.extr,zone } z}}$$

avec :

$r_{\text{adj,mech.extr,zone } z}$  un facteur de correction pour la régulation éventuellement défectueuse des bouches d'extraction dans la zone de ventilation  $z$ , tel que déterminé ci-dessous (-);

$\dot{V}_{\text{leak,extr,duct,zone } z,m}$  les pertes par les fuites du réseau de gaines d'extraction  $m$  dans la zone de ventilation  $z$ , à la position nominale des ventilateurs, en  $\text{m}^3/\text{h}$ , tel que déterminé ci-dessous;

$\dot{V}_{\text{req,mech.extr,zone } z}$  le débit d'extraction total exigé de la zone de ventilation  $z$ , égale à la somme des débits d'extraction vers l'extérieur exigés de chacun des locaux, en  $\text{m}^3/\text{h}$ .

Dans le deuxième terme, il faut additionner tous les réseaux de gaines d'extraction  $m$  présents dans la zone de ventilation  $z$ .

On détermine le facteur de correction pour la régulation éventuellement défectueuse des bouches d'extraction dans une zone de ventilation  $z$  comme suit:

- si, dans une zone de ventilation  $z$ , on n'a pas mesuré les débits (pour la position nominale des ventilateurs) de toutes les bouches d'extraction mécanique, on a :

$$r_{\text{adj,mech.extr,zone } z} = 0.20$$

C'est la valeur par défaut.

- si, dans une zone de ventilation  $z$ , on a mesuré les débits (pour la position nominale des ventilateurs) de toutes les bouches d'extraction mécanique, on a :

- si chacune des valeurs des débits d'extraction mécanique mesurées pour chaque local se situe entre 100% et 120% de la valeur exigée pour le local considéré, on a :

$$r_{\text{adj,mech.extr,zone } z} = 0$$

- si chacune des valeurs des débit d'extraction mécanique mesurées pour chaque local est égale à au moins 100% de la valeur exigée pour le local considéré, mais que 1 ou plusieurs valeurs dépassent 120% des valeurs exigées, on a :

$$r_{\text{adj,mech.extr,zone } z} = \max \left[ 0; \min \left\{ 0.20; \frac{\sum_j \dot{V}_{\text{meas,mech.extr,zm } j}}{\dot{V}_{\text{req,mech.extr,zone } z}} - 1.20 \right\} \right]$$

où il faut additionner les débits mécaniques mesurés pour chaque local ( $\dot{V}_{\text{meas,mech.extr,zm } j}$ , en  $\text{m}^3/\text{h}$ ) de tous les locaux d'extraction  $j$  de la zone de ventilation  $z$ .  $\dot{V}_{\text{req,mech.extr,zone } z}$  est le débit d'extraction mécanique total

exigé dans la zone de ventilation  $z$ ; c'est la somme des débits d'extraction vers l'extérieur exigés de chacun des locaux, en  $\text{m}^3/\text{h}$ .

- sinon :

$$F_{\text{adj, mech. extr, zone } z} = 0.20$$

On détermine les pertes de fuite des réseaux de gaines d'extraction dans la zone de ventilation  $z$  comme suit :

- en mesurant chacun des réseaux de gaines d'extraction, conformément à la procédure décrite dans NBN EN 14134. La pression de service à prendre en compte est la dépression statique mesurée immédiatement avant le ventilateur pour un fonctionnement en position nominale ;
- la valeur par défaut est de :

$$\sum_1 \dot{V}_{\text{leak, extr duct, zone } z, l} = 0.18 \dot{V}_{\text{req, mech. extr, zone } z}$$

Cette valeur est d'application :

- si on n'a pas effectué de mesure antérieure pour tous les réseaux de gaines d'extraction ;
- si les débits de fuite mesurés sont supérieurs à cette valeur par défaut.

#### **B.1.4 Ventilation mécanique double flux**

La détermination du facteur de multiplication  $m_{\text{zone } z}$  tient compte, avec ces systèmes, des aspects suivants:

- en ce qui concerne l'insufflation :
  - la régulation éventuellement défectueuse des bouches d'alimentation ;
  - le manque d'étanchéité à l'air des gaines d'insufflation mécanique ;
- en ce qui concerne l'extraction :
  - la régulation éventuellement défectueuse des bouches d'extraction ;
  - le manque d'étanchéité à l'air des gaines d'extraction mécanique.

On détermine  $m_{zone z}$  par zone de ventilation  $z$  comme suit :

$$m_{zone z} = 1.0 + 0.5 \frac{r_{all\ mech,zone z}}{r_{all\ mech,zone z,def}}$$

avec :

$r_{all\ mech,zone z}$  un facteur de correction pour le manque d'étanchéité à l'air des gaines d'insufflation et d'extraction; et la régulation éventuellement défectueuse des bouches d'alimentation et d'extraction dans chacun des locaux de la zone de ventilation  $z$ , tel que déterminé ci-dessous (-);

$r_{all\ mech,zone z,def}$  la valeur par défaut pour  $r_{all\ mech,zone z}$ , tel que déterminé ci-dessous (-);

**Facteur de correction  $r_{all\ mech,zone z}$**

On calcule  $r_{all\ mech,zone z}$  par zone de ventilation  $z$  comme suit :

$$r_{all\ mech,zone z} = \frac{\max(\dot{V}_{calc,mech, supply,zone z}; \dot{V}_{calc,mech, extr,zone z})}{\max(\dot{V}_{req,mech, supply,zone z}; \dot{V}_{req,mech, extr,zone z})}$$

avec :

$$\dot{V}_{calc,mech, supply,zone z} = r_{adj,mech, supply,zone z} \times \dot{V}_{req,mech, supply,zone z} + \sum_1 \dot{V}_{leak, supplyduct,zone z,l}$$

$$\dot{V}_{calc,mech, extr,zone z} = r_{adj,mech, extr,zone z} \times \dot{V}_{req,mech, extr,zone z} + \sum_m \dot{V}_{leak, extrduct,zone z,m}$$

avec :

$r_{adj,mech, supply,zone z}$  un facteur de correction pour la réglabilité éventuellement défectueuse des bouches d'alimentation dans la zone de ventilation  $z$ , tel que déterminé au B.1.2 (-) ;

$\dot{V}_{leak, supplyduct,zone z,l}$  les pertes de fuite du réseau de gaines d'insufflation  $l$  dans la zone de ventilation  $z$ , pour la position nominale des ventilateurs, en  $m^3/h$ , tel que déterminé au B.1.2 (-) ;

$\dot{V}_{req,mech, supply,zone z}$  le débit d'extraction total exigé pour la zone de ventilation  $z$ , égale à la somme des débits d'insufflation en air neuf exigés des locaux individuels, en  $m^3/h$  (-);

$r_{adj,mech, extr,zone z}$  un facteur de correction pour la réglabilité éventuellement défectueuse des bouches d'extraction dans la zone de ventilation  $z$ , tel que déterminé au B.1.3 (-) ;

$\dot{V}_{leak, extrduct,zone z,m}$  les pertes de fuite du réseau de gaines d'extraction  $m$  dans la zone de ventilation  $z$ , pour la position nominale des ventilateurs, en  $m^3/h$ , tel que déterminé au B.1.3 ;

$\dot{V}_{req,mech, extr,zone z}$  le débit d'extraction total exigé de la zone de ventilation  $z$ , en tant que somme des débits d'extraction vers l'extérieur exigés des locaux individuels, en  $m^3/h$ .

Il faut faire une sommation sur tous les réseaux de gaines d'insufflation  $l$  et tous les réseaux de gaines d'extraction  $m$  dans la zone de ventilation  $z$ .

## B.2 Facteur de réduction pour préchauffage

Chaque fois que dans ce paragraphe il est question de "débits d'insufflation en air neuf exigés", cela signifie le cas échéant le débit total d'insufflation en air neuf exigé (on considère donc par convention qu'il n'y a aucune recirculation d'air dans l'espace de séjour).

Si l'appareil de récupération de chaleur alimente plusieurs unités PEB, il ne faut pas tenir compte des débits des autres unités PEB pour la détermination du facteur de réduction pour préchauffage.

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

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

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

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

La détermination du facteur de réduction pour préchauffage de la zone de ventilation  $z$  à l'aide d'un appareil de récupération de chaleur s'effectue tel que décrit ci-après. Les règles pour le traitement du préchauffage par passage à travers un espace adjacent non chauffé et/ou à travers une gaine d'amenée souterraine sont déterminées par le Ministre ou, à défaut, sur base d'une demande d'équivalence.

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

La présente annexe ne traite pas des pompes à chaleur utilisant l'air repris comme source de chaleur :

- si la pompe à chaleur sert au chauffage, le calcul s'effectue selon 10.2.3.3 ;
- si la pompe à chaleur sert à la préparation d'eau chaude sanitaire, le calcul s'effectue selon 10.3.3.2.

### **Appareil de récupération de chaleur dans le cas d'une ventilation mécanique double flux**

Dans une zone de ventilation  $z$  avec de la ventilation mécanique double flux, il est possible de préchauffer dans une plus ou moins grande mesure l'alimentation en air neuf à l'aide d'un échangeur de chaleur qui soustrait de la chaleur à l'air rejeté vers l'extérieur. L'air fourni provenant de l'extérieur peut éventuellement être introduit dans la zone de ventilation  $z$  via différentes entrées d'air. Dans ce cas, il se peut éventuellement que toutes les alimentations en air ne soient pas préchauffées. Inversement, l'extraction mécanique vers l'extérieur peut éventuellement se faire par différentes sorties d'air et il se peut qu'il n'y ait pas de récupération de chaleur pour certains de ces flux d'air. Si, en fin de compte, le débit total d'insufflation mécanique diffère du débit total d'extraction mécanique dans la zone de ventilation  $z$ , un flux d'air supplémentaire incontrôlé (vers l'intérieur ou l'extérieur) se produira forcément à travers l'enveloppe <sup>18</sup>.

---

<sup>18</sup> Par souci de simplification, on ne tient pas compte par convention, tout comme en 7.8.2, de l'interaction possible entre le terme d'in/exfiltration et le terme de ventilation hygiénique.

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

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

avec :

$e_{\text{heat,hr,p}}$  un facteur adimensionnel qui indique l'importance de la récupération de chaleur à l'endroit p, déterminé comme suit :

- si le flux d'insufflation en air neuf p n'est pas préchauffé, on a

$$e_{\text{heat,hr,p}} = 0$$

- si le flux d'insufflation en air neuf p est préchauffé à l'aide d'un appareil de récupération de chaleur, on a  $e_{\text{heat,hr,p}} = r_p \cdot \eta_{\text{test,p}}$

Le facteur  $r_p$  est déterminé tel que décrit ci-dessous. Le rendement thermique  $\eta_{\text{test,p}}$  de l'appareil de récupération de chaleur à l'endroit p est déterminé tel que décrit à l'annexe G. Une valeur de rendement thermique peut être utilisée à la condition que ni  $\dot{V}_{\text{in,p}}$  ni  $\dot{V}_{\text{out,p}}$  ne soit supérieur au débit volumique pendant le test tel que défini à l'annexe G ;

$\dot{V}_{\text{in,p}}$  le débit d'air entrant à l'endroit p, en m<sup>3</sup>/h, déterminé tel que décrit ci-dessous ;

$\dot{V}_{\text{out,p}}$  le débit d'air sortant à l'endroit p, en m<sup>3</sup>/h, déterminé tel que décrit ci-dessous.

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



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

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

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

où on considère la valeur de consigne du débit à l'endroit p pour la position nominale du ventilateur, en m<sup>3</sup>/h ;

- dans tous les autres cas, on a :

$$\dot{V}_{in,p} = \dot{V}_{mechsupply,p} + \dot{V}_{leak,supplyduct,p}$$

Pour la détermination des pertes de fuite du réseau de gaines d'insufflation ( $\dot{V}_{leak,supplyduct,p}$ , en m<sup>3</sup>/h), les mêmes règles s'appliquent que pour la ventilation mécanique simple flux par insufflation (voir B.1.2). Si aucune valeur de mesure des pertes de fuite n'est disponible, leur valeur est supposée égale à zéro. Si les débits d'insufflation pour la position nominale du ventilateur sont effectivement mesurés dans tous les locaux alimentés en air neuf via l'endroit p, on utilise alors pour  $\dot{V}_{mechsupply,p}$  la somme de ces valeurs mesurées. Dans l'autre cas,  $\dot{V}_{mechsupply,p}$  est supposé égal à la somme des débits d'insufflation en air neuf exigés par local.

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

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

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

où l'on considère la valeur de consigne du débit à l'endroit p pour la position nominale du ventilateur, en m<sup>3</sup>/h ;

- dans tous les autres cas, on a :

$$\dot{V}_{out,p} = \dot{V}_{mechextr,p} + \dot{V}_{leak,extrduct,p}$$

En ce qui concerne la détermination des pertes de fuite du réseau de gaines d'extraction ( $\dot{V}_{leak,extrduct,p}$ , en m<sup>3</sup>/h), les mêmes règles que pour la ventilation mécanique simple flux par extraction (voir B.1.3) s'appliquent. Si aucune valeur de mesure des pertes de fuite n'est disponible, leur valeur est supposée égale à zéro. Si les débits d'extraction pour la position nominale du ventilateur sont effectivement mesurés dans tous les locaux d'où de l'air est aspiré vers l'extérieur via l'endroit p, on utilise alors pour  $\dot{V}_{mechextr,p}$  la somme de ces valeurs mesurées. Dans l'autre cas,  $\dot{V}_{mechextr,p}$  est supposé égal à la somme des débits d'extraction vers l'extérieur exigés.

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

- si une mesure continue du débit entrant ainsi que du débit sortant s'effectue dans l'appareil de récupération de chaleur et si, sur base de ces mesures, une adaptation continue et automatique aux valeurs de consigne s'effectue de telle sorte que le débit entrant et le débit sortant ne varient pas de plus de 5% de leur valeur de consigne respective pour aucune des positions du ventilateur, on a :

$$r_p = 0.95$$

- dans tous les autres cas, on a :

$$r_p = 0.85$$

On détermine le facteur de réduction pour le calcul du risque de surchauffe et des besoins nets en énergie pour le refroidissement comme suit :

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

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

- si l'appareil de récupération de chaleur p est équipé d'un by-pass grâce auquel le passage à travers l'échangeur de chaleur est totalement interrompu, ou si il peut être totalement inactivé d'une autre façon (par exemple arrêt d'une roue thermique rotative), on a :

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

- si l'appareil de récupération de chaleur p est équipé d'un by-pass mais que le passage à travers l'échangeur de chaleur n'est pas totalement interrompu pour autant ou s'il n'est pas totalement inactivé d'une autre façon, on a :

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

- dans tous les autres cas :

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

### B.3 Pré-refroidissement de l'air de ventilation

#### B.3.1 Règle de calcul

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

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

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

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

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

$r_{\text{precool,zone } z,m} = 1 - e_{\text{precool,m}} \frac{\theta_{\text{precool,ref,max,m}} - (\theta_{e,m} + \Delta\theta_{e,m})}{23 - (\theta_{e,m} + \Delta\theta_{e,m})}$		[-]
avec :		
$e_{\text{precool,m}}$	l'efficacité mensuelle du système de pré-refroidissement concerné (-) ;	
$\theta_{\text{precool,ref,max,m}}$	la température de référence pour l'abaissement de température maximal, en °C ;	
$\theta_{e,m}$	la température extérieure moyenne mensuelle, en °C, selon le Tableau [1] ;	
$\Delta\theta_{e,m}$	une hausse de la température extérieure moyenne mensuelle pour le calcul du besoin net en énergie pour le refroidissement, égale par hypothèse à 1°C.	

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

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

### B.3.2 Echangeur de chaleur sol-eau

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

#### B.3.2.1 Efficacité $e_{\text{precool,m}}$ du système de pré-refroidissement

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

$e_{\text{precool,m}} = 0.7 \cdot w_{\text{soil/water,m}}$		[-]
avec :		
$w_{\text{soil/water,m}}$	un facteur mensuel qui tient compte du temps de fonctionnement de l'échangeur de chaleur sol-eau (-) : si $\theta_{e,m} - \theta_{\text{soil,m}} \leq 0$ alors $w_{\text{soil/water,m}} = 0$ si $0 < \theta_{e,m} - \theta_{\text{soil,m}} \leq 2$ alors $w_{\text{soil/water,m}} = 0,5$ si $\theta_{e,m} - \theta_{\text{soil,m}} > 2$ alors $w_{\text{soil/water,m}} = 1$	
où :		
$\theta_{e,m}$	la température extérieure moyenne mensuelle, en °C, selon le Tableau [1] ;	
$\theta_{\text{soil,m}}$	la température moyenne mensuelle du sol définie en fonction de la profondeur des conduites, telle que déterminée au B.3.2.2, en °C.	

#### B.3.2.2 Température de référence pour l'abaissement de température maximal $\theta_{\text{precool,ref,max,m}}$

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

$$\theta_{\text{precool,ref,max,m}} = \frac{1}{1 - \frac{0.34 \sum \dot{V}_{\text{hyg,cool,seci}}}{1160 \dot{V}_w} + \frac{1}{e_{\text{wt}} - 1}} \left( \frac{e_{\text{wt}} \theta_{\text{soil,m}}}{e_{\text{wt}} - 1} - \frac{0.34 \sum \dot{V}_{\text{hyg,cool,seci}}}{1160 \dot{V}_w} (\theta_{e,m} + \Delta\theta_{e,m}) \right)$$

		[°C]
avec :		
$\dot{V}_{\text{hyg,cool,seci}}$	le débit de ventilation hygiénique du secteur énergétique i, pour les calculs de refroidissement, tels que définis au 7.8.4, en m <sup>3</sup> /h ;	
$\dot{V}_w$	le débit d'eau à travers l'échangeur de chaleur sol-eau, en m <sup>3</sup> /h ;	
$e_{wt}$	l'efficacité de l'échangeur de chaleur sol-eau, telle que déterminée ci-dessous ;	
$\theta_{\text{soil,m}}$	la température moyenne mensuelle du sol définie en fonction de la profondeur des conduites, telle que déterminée ci-dessous, en °C ;	
$\theta_{e,m}$	la température extérieure moyenne mensuelle, en °C, selon le Tableau [1] ;	
$\Delta\theta_{e,m}$	une hausse de la température extérieure moyenne mensuelle pour le calcul du besoin net en énergie pour le refroidissement, égale par hypothèse à 1°C.	

Il faut faire la somme sur tous les secteurs énergétiques i de la zone de ventilation z qui sont reliés à l'échangeur de chaleur.

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

- conduites horizontales : déduire la température moyenne mensuelle du sol du Tableau [20] ;
- conduites verticales : déterminer la température moyenne mensuelle du sol suivant la formule suivante :

$$\theta_{\text{soil,m}} = \frac{\theta_{\text{soil,1m,m}} + \theta_{\text{soil,2m,m}} + \theta_{\text{soil,3m,m}} + \theta_{\text{soil,4m,m}} + \theta_{\text{soil,5m,m}} \cdot (L_{\text{soil/water}} - 4)}{L_{\text{soil/water}}} \quad [^{\circ}\text{C}]$$

avec :		
$\theta_{\text{soil,1m,m}}$ , $\theta_{\text{soil,2m,m}}$ $\theta_{\text{soil,3m,m}}$ , $\theta_{\text{soil,4m,m}}$ $\theta_{\text{soil,5m,m}}$	la température moyenne mensuelle du sol à respectivement 1, 2, 3, 4 et 5 m de profondeur, déduite du Tableau [20], en °C ;	
$L_{\text{soil/water}}$	la profondeur maximale de la conduite dans le sol, en m.	

**Tableau [20] : Température moyenne du sol pour la détermination du  $\theta_{\text{soil,m}}$**

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

Pour les profondeurs intermédiaires, le tableau est interpolé.

L'efficacité de l'échangeur de chaleur sol-eau est donnée par :		
$e_{wt} = 1 - e^{-\frac{\alpha_{wt} A_{wt}}{1160 \dot{V}_w}}$		[-]
avec :		
$\alpha_{wt}$	le coefficient de transmission thermique des conduites dans l'échangeur de chaleur sol-eau, tel que déterminé ci-dessous, en W/m <sup>2</sup> .K ;	
$A_{wt}$	la surface d'échange des conduites, telle que déterminée ci-dessous, en m <sup>2</sup> ;	
$\dot{V}_w$	le débit d'eau à travers l'échangeur de chaleur sol-eau, en m <sup>3</sup> /h.	

Le coefficient de transmission thermique des conduites  $\alpha_{wt}$  est déterminé suivant :

$\alpha_{wt} = \left( \frac{1}{\alpha_i} + \frac{\ln\left(\frac{D_{tube} + 2t_{tube}}{D_{tube}}\right)}{2\lambda_{tube}/D_{tube}} + \frac{\ln\left(\frac{D_{tube} + 2t_{soil}}{D_{tube} + 2t_{tube}}\right)}{2\lambda_{soil}/D_{tube}} \right)^{-1}$		[W/m <sup>2</sup> .K]
avec :		
$\alpha_i$	le coefficient de convection interne de l'écoulement dans la conduite de l'échangeur de chaleur pour le pré-refroidissement, tel que déterminé ci-dessous, en W/m <sup>2</sup> .K ;	
$t_{soil}$	l'épaisseur du massif de terre autour de la conduite considérée, telle que déterminée ci-dessous, en m ;	
$D_{tube}$	le diamètre intérieur de la conduite, en m ;	
$t_{tube}$	l'épaisseur de la paroi de la conduite, en m ;	
$\lambda_{tube}$	la conductivité thermique de la conduite, en W/m.K ;	
$\lambda_{soil}$	la conductivité thermique du sol, considérée égale à 2, en W/m.K.	

Le coefficient de convection interne est donné par :

<p>Pour l'eau :</p> $\alpha_i = 0.58 \frac{Nu}{D_{tube}}$ <p>Pour une solution eau/glycol (tous les types) :</p> $\alpha_i = 0.43 \frac{Nu}{D_{tube}}$	[W/m <sup>2</sup> .K]
avec :	
$Nu = \left( Nu_{lam}^5 + Nu_{turb}^5 \right)^{1/5}$	
et	
$Nu_{lam} = \left[ 3.66^3 + 1.61^3 \cdot \left( \frac{Re \cdot Pr \cdot D_{tube}}{L_{tube}} \right) \right]^{1/3}$	
$Nu_{turb} = \frac{f_{turb} \cdot (Re - 1000) \cdot Pr}{2 \cdot \left( 1 + 12.7 \cdot \sqrt{\frac{f_{turb}}{2}} \cdot (Pr^{2/3} - 1) \right)}$	
$f_{turb} = (1.58 \cdot \ln Re - 3.28)^{-2}$	

<p>Pour l'eau :</p> $Re = 996200 \frac{4}{3600\pi n_{tube} D_{tube}} \frac{\dot{V}_w}{D_{tube}}$ <p>Pr = 7</p> <p>Pour une solution eau/glycol (tous les types) :</p> $Re = 624200 \frac{4}{3600\pi n_{tube} D_{tube}} \frac{\dot{V}_w}{D_{tube}}$ <p>Pr = 12.5</p>
---

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

$t_{soil} = \frac{p_{tube} - D_{tube}}{2}$	si $p_{tube} - D_{tube} < 0.5$
$t_{soil} = 0.25$	si $p_{tube} - D_{tube} \geq 0.5$

avec :	
$P_{\text{tube}}$	la distance entre les conduites parallèles, en m ;
$D_{\text{tube}}$	le diamètre intérieur de la conduite, en m.

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

$A_{wt} = \pi D_{\text{tube}} L_{\text{tube}} n_{\text{tube}}$	[m <sup>2</sup> ]
avec :	
$D_{\text{tube}}$	le diamètre intérieur de la conduite, en m ;
$L_{\text{tube}}$	la longueur de la conduite, en m ;
$n_{\text{tube}}$	le nombre de conduites en parallèle (-).

### B.3.3. Refroidissement par évaporation

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

Si de l'eau ordinaire est injectée dans l'air de ventilation amené ou l'air de ventilation extrait, alors la méthode suivante peut être appliquée. Pour tous les autres systèmes plus complexes, le facteur  $r_{\text{precool,zone } z,m}$  devra être déterminé sur base du principe d'équivalence.

#### B.3.3.1 Efficacité $e_{\text{precool,m}}$ du système de pré-refroidissement

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

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

Il faut faire la somme sur tous les secteurs énergétiques i de la zone de ventilation z qui sont reliés au refroidissement par évaporation.

#### B.3.3.2 Température de référence pour l'abaissement de température maximal $\theta_{\text{precool,ref,max,m}}$

Si de l'eau ordinaire est injectée dans l'air de ventilation amené ou l'air de ventilation extrait, alors la température de référence est la température humide du débit d'air concerné. La valeur par défaut de  $\theta_{\text{precool,ref,max,m}}$  est égale à la température moyenne mensuelle humide, donnée au Tableau [21].

Tableau [21] : Température mensuelle moyenne humide

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

## **Annexe C : l'ensoleillement mensuel**

### **C.1 Introduction**

La présente annexe décrit les algorithmes de calcul de l'ensoleillement mensuel d'une surface quelconque  $j$ . L'ensoleillement est calculé pour les fenêtres, les systèmes d'énergie solaire passive, les capteurs solaires thermiques et les installations photovoltaïques. Pour l'utilisateur, seul le § C.2, où l'on définit comment l'ombrage est caractérisé, est intéressant.

La pente  $\theta_j$  du plan  $j$  est l'angle, exprimé en degrés, entre la verticale et la normale au plan  $j$ . Pour une surface horizontale, la pente est de  $0^\circ$ , pour une surface verticale, elle est de  $90^\circ$ .

L'orientation  $\phi_j$  du plan  $j$  est l'angle, exprimé en degrés, entre le sud et la projection horizontale de la normale sur le plan  $j$ . En direction de l'ouest, l'orientation est positive tandis qu'elle est négative en direction de l'est.

### **C.2 Schématisation de l'ombrage**

#### **Généralités**

Une surface ensoleillée  $j$  peut être ombragée par des éléments environnants étrangers au bâtiment, appelés obstacles, et par des éléments liés au bâtiment, appelés saillies horizontales et verticales. Les obstacles font écran au rayonnement solaire direct si le soleil descend en dessous d'une hauteur déterminée. Les saillies horizontales font écran au rayonnement solaire direct si le soleil se trouve au-dessus d'une hauteur déterminée et les saillies latérales font écran au rayonnement solaire direct si l'angle horaire est inférieur ou supérieur à une valeur déterminée. Les obstacles comprennent les bâtiments, arbres et collines environnants. Les saillies comprennent les débords de toiture, balcons, auvents horizontaux et prolongements de murs latéraux.

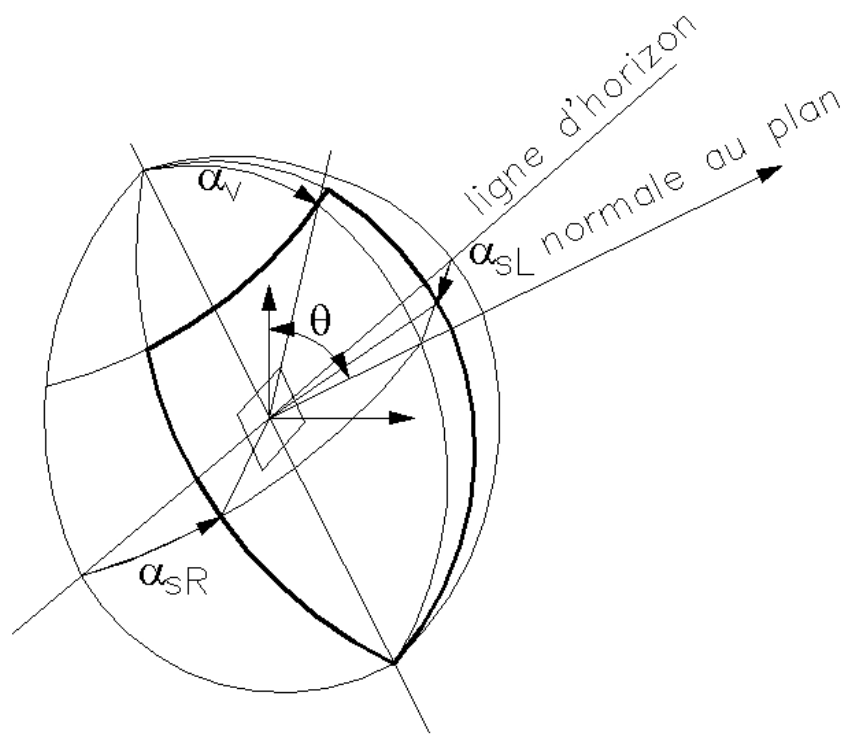
#### **Géométrie d'un obstacle**

Les obstacles sont schématisés par un seul plan appelé plan d'obstacle vertical. L'angle d'obstruction  $\alpha_h$  est l'angle entre l'horizontal et la ligne reliant le point central de la surface ensoleillée au bord supérieur du plan d'obstacle vertical.

#### **Géométrie des saillies**

Les saillies sont schématisées par 1 saillie horizontale et 2 saillies verticales définies à l'aide d'un angle de saillie dans le plan vertical  $\alpha_v$  ( $0^\circ$  en l'absence de saillie horizontale, valeur maximale  $180^\circ$ ), à l'aide d'un angle de saillie à gauche  $\alpha_{sL}$  ( $0^\circ$  en l'absence de saillie à gauche, valeur maximale  $180^\circ$ ) et à l'aide d'un angle de saillie à droite  $\alpha_{sR}$  ( $0^\circ$  en l'absence de saillie à droite, valeur maximale  $180^\circ$ ) tel qu'indiqué à la figure ci-dessous.

Explication: les limites des saillies horizontales et verticales forment un rectangle sur une photo prise au grand angle (fish-eye) depuis le centre du plan considéré dans la direction normale à celui-ci. Ce rectangle, appelé plan de ciel, correspond à la partie du ciel visible à partir du plan.



### Valeurs par défaut

Lorsqu'elles sont utilisées, les valeurs par défaut doivent s'appliquer à l'ensemble des angles de la surface ensoleillée (fenêtre ou capteur).

Les valeurs par défaut à utiliser pour les angles relatifs aux obstacles sont les suivantes :

- pour les calculs de chauffage et pour les capteurs solaires :
  - o angle d'obstruction  $\alpha_h$  :  $25^\circ$
  - o angle de saillie à gauche  $\alpha_{sL}$ , à droite  $\alpha_{sR}$  et verticale  $\alpha_v$  :  $0^\circ$
- pour les besoins de refroidissement et l'indicateur du risque de surchauffe :
  - o angle d'obstruction  $\alpha_h$  :  $15^\circ$
  - o angle de saillie à gauche  $\alpha_{sL}$ , à droite  $\alpha_{sR}$  et verticale  $\alpha_v$  :  $0^\circ$

Pour rappel, pour des installations photovoltaïques, le calcul par défaut ne s'applique pas et il est obligatoire de toujours indiquer l'ombrage de manière détaillée (voir 12.1).



### C.3 Ensoleillement mensuel d'un plan non ombragé

#### Ensoleillement total

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

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

avec :

$I_{s,dir,m,j,unshad}$  l'ensoleillement direct pour le mois considéré sur le plan j, en MJ/m<sup>2</sup> ;

$I_{s,dif,m,j,unshad}$  l'ensoleillement diffus pour le mois considéré sur le plan j, en MJ/m<sup>2</sup> ;

$I_{s,refl,m,j,unshad}$  l'ensoleillement réfléchi pour le mois considéré sur le plan j, en MJ/m<sup>2</sup> ;

Les différents termes sont calculés aux paragraphes suivants.

#### Ensoleillement direct

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

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

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

avec :

$I_{s,tot,m,hor}$  l'ensoleillement mensuel d'un plan horizontal non ombragé pour l'année de référence à Uccle en MJ/m<sup>2</sup>, voir Tableau [1] ;

$I_{s,dif,m,hor}$  l'ensoleillement mensuel diffus d'un plan horizontal non ombragé pour l'année de référence à Uccle en MJ/m<sup>2</sup>, voir Tableau [1] ;

$Q_{s,dir,char,j}$  l'ensoleillement direct journalier d'un plan non ombragé j pour le jour caractéristique du mois considéré, en J/(m<sup>2</sup>.jour) ;

$Q_{s,dir,char,hor}$  l'ensoleillement direct journalier d'un plan horizontal non ombragé j pour le jour caractéristique du mois considéré, en J/(m<sup>2</sup>.jour) ;

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

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

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

avec :

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

$\omega$	l'angle horaire (180° à minuit, 90° à 6 h, 0° à midi, -90° à 18 h) ;
$\Delta\omega$	le pas dans l'angle horaire en ° (1 heure =15°) ;
$\omega_1$	le plus petit angle horaire (le matin) pour lequel $\cos\chi_{s,hor}$ et $\cos\chi_{s,j}$ sont supérieurs à zéro ;
$\omega_2$	le plus grand angle horaire (le soir) pour lequel $\cos\chi_{s,hor}$ et $\cos\chi_{s,j}$ sont encore supérieurs à zéro ;
$\omega_3$	le plus petit angle horaire (le matin) pour lequel $\cos\chi_{s,hor}$ est supérieur à zéro ;
$\omega_4$	le plus grand angle horaire (le soir) pour lequel $\cos\chi_{s,hor}$ est encore supérieur à zéro ;
$\chi_{s,j}$	l'angle d'incidence par pas $\Delta\omega$ du soleil sur le plan j, en °, tel que calculé ci-dessous ;
$\chi_{s,hor}$	l'angle d'incidence par pas $\Delta\omega$ du soleil sur le plan horizontal, en °, tel que calculé ci-dessous ;
240	facteur de conversion de l'angle horaire en s.

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

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

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

avec :

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

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

$d_R$  le chemin optique en m ;

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

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

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

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

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

avec :

$\beta$  l'angle d'élévation du soleil en ° ;

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

Cet angle d'élévation du soleil est égal à :

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

avec :

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

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

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

avec :

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

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

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

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

### Ensoleillement diffus

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

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

avec :

$I_{s,dif,m,hor}$  l'ensoleillement mensuel diffus d'un plan horizontal non ombragé pour l'année de référence à Uccle en MJ/m<sup>2</sup>, voir Tableau [1] ;

$c_m$  un facteur de correction pour le caractère anisotrope du rayonnement diffus, voir Tableau [22] ci-dessous.

**Tableau [22] - Facteur de correction  $c_m$  pour le caractère anisotrope du rayonnement diffus**

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

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

### Ensoleillement réfléchi

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

$$I_{s,refl,m,j,unshad} = 0.2 I_{s,tot,m,hor} \left( \frac{1 - \cos \theta_j}{2} \right) \quad (\text{MJ/m}^2)$$

avec :

$I_{s,tot,m,hor}$  l'ensoleillement mensuel total d'un plan horizontal non ombragé pour l'année de référence à Uccle en MJ/m<sup>2</sup>, voir Tableau [1].

### C.4 Ensoleillement mensuel d'un plan ombragé

#### C.4.1 Pour un angle d'obstruction $\alpha_h \leq 60^\circ$

### Ensoleillement total

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

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

avec:

$I_{s,dir,m,j,shad}$  l'ensoleillement direct pour le mois considéré sur le plan j, en MJ/m<sup>2</sup>;

$I_{s,dif,m,j,shad}$  l'ensoleillement diffus pour le mois considéré sur le plan j, en MJ/m<sup>2</sup>;

$I_{s,refl,m,j,shad}$  l'ensoleillement réfléchi pour le mois considéré sur le plan j, en MJ/m<sup>2</sup>;

Les différents termes sont calculés aux paragraphes suivants.

### Ensoleillement direct

On détermine l'ensoleillement mensuel direct du plan ombragé ( $I_{s,dir,m,j,shad}$ ) de la même manière que pour un plan non ombragé. On applique les règles suivantes pour le calcul de l'ensoleillement direct journalier du plan considéré pour le jour caractéristique du mois considéré pour chaque angle horaire où le soleil se trouve au-dessus de l'horizon:

- Pour les angles horaires compris entre  $\omega_1$  et  $\omega_2$ , pour lesquels l'élévation du soleil  $\beta$  est inférieure à l'angle d'obstacle  $\alpha_h$ , on suppose l'ensoleillement direct égal à zéro;
- Pour les autres angles horaires, on pratique une transformation des coordonnées sphériques pour l'angle azimutal du soleil  $\gamma_s$  et la hauteur du soleil  $\beta$  en un système d'axes pour lequel les obstacles sont définis. On obtient comme résultat les angles transformée  $\gamma_s'$  et  $\beta'$ ;
- Si le point ( $\gamma_s'$ ,  $\beta'$ ) tombe en-dehors du plan du ciel, l'ensoleillement direct est supposé égal à zéro. Sinon, l'ensoleillement direct est supposé égal à la valeur non ombragée.

L'angle azimutal du soleil  $\gamma_s$  est donné par:

$$\gamma_s = -\text{signe}(\omega) \arccos \left( \frac{\cos \chi_{s,hor} \sin \varphi - \sin \delta}{\sin \chi_{s,hor} \cos \varphi} \right)$$

### Ensoleillement diffus

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

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

$$c_n = \frac{\left( \frac{180 - \theta_j}{90} (1 - \sin \alpha_h) - (1 - \cos \alpha_v) \right) (180 - \alpha_{sL} - \alpha_{sR})}{2(180 - \theta_j)}$$

avec :

$I_{s,dif,m,hor}$  l'enselement mensuel diffus d'un plan horizontal non ombragé à Uccle, en MJ/m<sup>2</sup>, voir Tableau [1] ;

Si la formule pour la détermination de  $c_n$  conduit à une valeur négative, alors  $c_n = 0$ .

### Ensoleillement réfléchi

On calcule l'enselement réfléchi mensuel d'un plan quelconque comme suit :

$$I_{s,refl,m,j,shad} = 0.2 I_{s,tot,m,hor} \left( \frac{1 - \cos \theta_j}{2} \right) \quad (\text{MJ/m}^2)$$

avec :

$I_{s,tot,m,hor}$  l'enselement mensuel total d'un plan horizontal non ombragé à Uccle, en MJ/m<sup>2</sup>, voir Tableau [1].

### C.4.2 Pour un angle d'obstruction $\alpha_h > 60^\circ$

Pour un angles d'obstruction  $\alpha_h > 60^\circ$ , une distinction est faite entre obstacles liés au bâtiment et obstacles environnants.

L'enselement mensuel d'un plan ombragé  $j$  se calcule alors suivant la relation suivante :

$$I_{s,m,j,shad} = F_{s,m,j,env\ obst} \cdot I_{s,m,j,shad,obst\ from\ build}$$

avec :

$F_{s,m,j,env\ obst}$  le facteur d'ombrage dû aux obstacles environnants [-] ;

$I_{s,m,j,shad,obst\ from\ build}$  l'enselement de la fenêtre  $j$  pour le mois considéré, compte tenu de l'ombrage dû aux obstacles liés au bâtiment [MJ/m<sup>2</sup>].

### Ensoleillement $I_{s,m,j,shad,obst\ from\ build}$

L'enselement  $I_{s,m,j,shad,obst\ from\ build}$  de la fenêtre  $j$  pour le mois considéré, compte tenu de l'ombrage dû aux obstacles liés au bâtiment, se calcule comme ci-dessous :

On suppose donc l'enselement  $I_{s,m,j,shad,obst\ from\ build}$  égal à la somme des ensoleillements mensuels directs, diffus et réfléchis mais en ne prenant en compte que les obstacles liés au bâtiment (angle d'obstruction  $\alpha_h = 0^\circ$ ):

$$I_{s,m,j,shad,obst\ from\ build} = I_{s,dir,m,j,shad} + I_{s,dif,m,j,shad} + I_{s,refl,m,j,shad}$$

avec :

$I_{s,dir,m,j,shad}$  l'enselement direct pour le mois considéré sur le plan  $j$ , en MJ/m<sup>2</sup> ;

$I_{s,dif,m,j,shad}$  l'enselement diffus pour le mois considéré sur le plan  $j$ , en MJ/m<sup>2</sup> ;

$I_{s,refl,m,j,shad}$  l'enselement réfléchi pour le mois considéré sur le plan  $j$ , en MJ/m<sup>2</sup>.

### Facteur d'ombrage

Le facteur d'ombrage  $F_{s,m,j,env\ obst}$  est calculé par interpolation linéaire par la relation suivante :

$$F_{s,m,j,env\ obst} = F_{s,m,j,env\ obst,60^\circ} \cdot (90 - \alpha_h)/30$$

où  $F_{s,m,j,env\ obst,60^\circ}$  est le facteur d'ombrage dû aux obstacles environnants d'angle d'obstruction de  $60^\circ$ . Les valeurs de  $F_{s,m,j,env\ obst,60^\circ}$  sont reprises dans les tableaux C0, en fonction de l'orientation et de l'inclinaison de la surface vitrée.

**Facteur d'ombrage dû aux obstacles environnants d'angle d'obstruction de 60°**

Ce paragraphe contient les tableaux C0 reprenant les valeurs mensuelles des facteurs d'ombrage  $F_{s,m,j,env\ obst,60^\circ}$  pour une série d'orientations et d'inclinaisons de surface vitrées.

Les valeurs sont données pour l'angle d'obstruction de 60°, angle à partir duquel le mode de prise en compte détaillé de l'ombrage est modifié.

Pour les orientations et les inclinaisons non reprises dans les tableaux, il faut faire une interpolation linéaire, en premier lieu suivant l'orientation, ensuite suivant l'inclinaison.

Pour les inclinaisons supérieures à 90°, les valeurs pour un angle d'inclinaison de 90° sont d'application.

**Tableaux C0 : Facteurs d'ombrage - Angle d'obstruction de 60°**

Tableau C0 / Orientation $\phi = 0^\circ$ (SUD)					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,08	0,05	0,04	0,04	0,04
Février	0,06	0,04	0,04	0,04	0,04
Mars	0,06	0,05	0,04	0,04	0,05
Avril	0,06	0,05	0,05	0,05	0,07
Mai	0,08	0,08	0,08	0,08	0,10
Juin	0,21	0,21	0,22	0,22	0,20
Juillet	0,11	0,11	0,12	0,12	0,12
Août	0,06	0,05	0,05	0,06	0,07
Septembre	0,06	0,05	0,05	0,05	0,06
Octobre	0,05	0,04	0,03	0,03	0,03
Novembre	0,08	0,05	0,04	0,04	0,04
Décembre	0,09	0,06	0,05	0,05	0,05

Tableau C0 / Orientation $\phi = 45^\circ$ (SUD-OUEST)					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,08	0,05	0,05	0,04	0,05
Février	0,06	0,05	0,04	0,04	0,04
Mars	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05
Avril	0,06	0,05	0,05	0,05	0,06
Mai	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
Juin	0,21	0,21	0,20	0,18	0,14
Juillet	0,11	0,12	0,12	0,11	0,11
Août	0,06	0,05	0,05	0,06	0,07
Septembre	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05
Octobre	0,05	0,03	0,03	0,03	0,03
Novembre	0,08	0,05	0,04	0,04	0,04
Décembre	0,09	0,06	0,06	0,05	0,05

Tableau C0 / Orientation $\phi = 90^\circ$ (OUEST)					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,08	0,07	0,07	0,07	0,07
Février	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Mars	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07
Avril	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07
Mai	0,08	0,08	0,08	0,07	0,07
Juin	0,21	0,14	0,12	0,11	0,08
Juillet	0,11	0,10	0,10	0,09	0,09
Août	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07
Septembre	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Octobre	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04
Novembre	0,08	0,07	0,06	0,06	0,06
Décembre	0,09	0,09	0,09	0,08	0,09

Tableau C0 / Orientation $\phi = 135^\circ$ (NORD-OUEST)					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,08	0,12	0,12	0,12	0,12
Février	0,06	0,11	0,11	0,11	0,11
Mars	0,06	0,09	0,09	0,09	0,10
Avril	0,06	0,08	0,08	0,08	0,09
Mai	0,08	0,07	0,07	0,07	0,08
Juin	0,21	0,09	0,08	0,08	0,09
Juillet	0,11	0,09	0,09	0,09	0,10
Août	0,06	0,08	0,08	0,08	0,09
Septembre	0,06	0,09	0,09	0,09	0,09
Octobre	0,05	0,08	0,08	0,08	0,08
Novembre	0,08	0,11	0,11	0,11	0,11
Décembre	0,09	0,13	0,13	0,13	0,13



Tableau C0 / Orientation $\phi = 180^\circ$ (NORD)					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,08	0,13	0,13	0,13	0,13
Février	0,06	0,12	0,12	0,12	0,12
Mars	0,06	0,12	0,12	0,12	0,12
Avril	0,06	0,11	0,11	0,12	0,12
Mai	0,08	0,10	0,10	0,10	0,11
Juin	0,21	0,11	0,11	0,11	0,12
Juillet	0,11	0,11	0,11	0,11	0,12
Août	0,06	0,11	0,11	0,11	0,11
Septembre	0,06	0,12	0,12	0,12	0,12
Octobre	0,05	0,12	0,12	0,12	0,12
Novembre	0,08	0,13	0,13	0,13	0,13
Décembre	0,09	0,13	0,13	0,13	0,13

Tableau C0 / Orientation $\phi = -135^\circ$ (NORD-EST)					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,08	0,12	0,12	0,12	0,12
Février	0,06	0,11	0,11	0,11	0,12
Mars	0,06	0,10	0,10	0,10	0,11
Avril	0,06	0,09	0,09	0,10	0,10
Mai	0,08	0,08	0,08	0,08	0,09
Juin	0,21	0,09	0,09	0,09	0,11
Juillet	0,11	0,09	0,09	0,09	0,10
Août	0,06	0,09	0,09	0,09	0,10
Septembre	0,06	0,10	0,10	0,10	0,11
Octobre	0,05	0,11	0,11	0,11	0,11
Novembre	0,08	0,13	0,13	0,13	0,13
Décembre	0,09	0,13	0,13	0,13	0,13

Tableau C0 / Orientation $\phi = -90^\circ$ (EST)					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,08	0,09	0,09	0,09	0,09
Février	0,06	0,08	0,07	0,07	0,08
Mars	0,06	0,07	0,07	0,07	0,08
Avril	0,06	0,07	0,07	0,07	0,08
Mai	0,08	0,06	0,06	0,06	0,07
Juin	0,21	0,15	0,14	0,13	0,11
Juillet	0,11	0,10	0,09	0,09	0,09
Août	0,06	0,07	0,07	0,07	0,08
Septembre	0,06	0,07	0,07	0,07	0,08
Octobre	0,05	0,07	0,07	0,07	0,08
Novembre	0,08	0,10	0,09	0,09	0,10
Décembre	0,09	0,10	0,10	0,10	0,10

Tableau C0 / Orientation $\phi = -45^\circ$ (SUD - EST)					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,08	0,06	0,05	0,05	0,06
Février	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05
Mars	0,06	0,05	0,05	0,05	0,06
Avril	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07
Mai	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
Juin	0,21	0,22	0,21	0,20	0,17
Juillet	0,11	0,12	0,11	0,11	0,11
Août	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07
Septembre	0,06	0,06	0,05	0,06	0,07
Octobre	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05
Novembre	0,08	0,06	0,06	0,06	0,06
Décembre	0,09	0,07	0,06	0,06	0,06

### C.5 Facteur d'utilisation $a_{c,m,j}$ : tableaux

Cette annexe contient les tableaux reprenant les valeurs mensuelles des facteurs d'utilisation  $a_{c,m,j}$  des protections solaires pour une série d'orientations et d'inclinaisons de surfaces ensoleillées.

Pour les orientations et les inclinaisons non reprises dans les tableaux, il faut faire une interpolation linéaire, en premier lieu suivant l'orientation, ensuite suivant l'inclinaison.

Pour les inclinaisons supérieures à 90°, les valeurs pour un angle d'inclinaison de 90° sont d'application.

**Tableaux C1 : Facteurs d'utilisation - Commande manuelle (résidentiel et non-résidentiel) - Commande automatique (non-résidentiel, pour calculs de chauffage)**

Tableau C1 / Orientation $\phi = 0^\circ$ (SUD)					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,00	0,31	0,46	0,51	0,53
Février	0,10	0,53	0,58	0,62	0,59
Mars	0,46	0,64	0,67	0,68	0,62
Avril	0,57	0,67	0,67	0,65	0,53
Mai	0,67	0,68	0,69	0,68	0,45
Juin	0,70	0,70	0,71	0,67	0,42
Juillet	0,66	0,68	0,66	0,63	0,33
Août	0,63	0,70	0,70	0,67	0,46
Septembre	0,49	0,65	0,66	0,67	0,56
Octobre	0,33	0,65	0,71	0,73	0,72
Novembre	0,00	0,34	0,45	0,51	0,49
Décembre	0,00	0,21	0,36	0,44	0,42

Tableau C1 / Orientation $\phi = 30^\circ$					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,00	0,31	0,43	0,48	0,51
Février	0,10	0,49	0,59	0,62	0,61
Mars	0,46	0,66	0,67	0,69	0,63
Avril	0,57	0,67	0,68	0,66	0,57
Mai	0,67	0,71	0,69	0,66	0,51
Juin	0,70	0,72	0,70	0,66	0,47
Juillet	0,66	0,68	0,66	0,60	0,34
Août	0,63	0,70	0,70	0,65	0,52
Septembre	0,49	0,66	0,69	0,68	0,61
Octobre	0,33	0,68	0,73	0,75	0,76
Novembre	0,00	0,36	0,47	0,51	0,54
Décembre	0,00	0,20	0,27	0,34	0,35

Orientation $\phi = 45^\circ$ (SUD-OUEST)					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,00	0,29	0,39	0,47	0,45
Février	0,10	0,45	0,56	0,59	0,60
Mars	0,46	0,63	0,67	0,67	0,61
Avril	0,57	0,67	0,66	0,68	0,60
Mai	0,67	0,70	0,70	0,67	0,53
Juin	0,70	0,71	0,71	0,68	0,51
Juillet	0,66	0,68	0,67	0,63	0,37
Août	0,63	0,70	0,69	0,66	0,54
Septembre	0,49	0,65	0,68	0,69	0,63
Octobre	0,33	0,68	0,73	0,76	0,75
Novembre	0,00	0,33	0,47	0,52	0,52
Décembre	0,00	0,18	0,24	0,27	0,29

Orientation $\phi = 60^\circ$					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,00	0,20	0,33	0,40	0,42
Février	0,10	0,43	0,53	0,56	0,57
Mars	0,46	0,63	0,61	0,62	0,57
Avril	0,57	0,64	0,68	0,65	0,59
Mai	0,67	0,71	0,68	0,66	0,57
Juin	0,70	0,72	0,70	0,66	0,55
Juillet	0,66	0,69	0,66	0,60	0,40
Août	0,63	0,68	0,68	0,64	0,54
Septembre	0,49	0,65	0,67	0,66	0,62
Octobre	0,33	0,66	0,70	0,73	0,71
Novembre	0,00	0,32	0,43	0,50	0,49
Décembre	0,00	0,15	0,18	0,22	0,22

Tableau C1 / Orientation $\phi = 90^\circ$ (OUEST)					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,00	0,04	0,08	0,18	0,12
Février	0,10	0,28	0,35	0,38	0,32
Mars	0,46	0,50	0,51	0,49	0,44
Avril	0,57	0,61	0,61	0,59	0,51
Mai	0,67	0,66	0,64	0,62	0,54
Juin	0,70	0,67	0,68	0,66	0,56
Juillet	0,66	0,64	0,60	0,50	0,38
Août	0,63	0,63	0,62	0,57	0,50
Septembre	0,49	0,57	0,59	0,59	0,52
Octobre	0,33	0,55	0,59	0,61	0,64
Novembre	0,00	0,19	0,26	0,30	0,37
Décembre	0,00	0,00	0,03	0,06	0,03

Tableau C1 / Orientation $\phi = 120^\circ$					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Février	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00
Mars	0,46	0,34	0,31	0,30	0,17
Avril	0,57	0,52	0,50	0,45	0,33
Mai	0,67	0,62	0,59	0,52	0,41
Juin	0,70	0,65	0,64	0,58	0,47
Juillet	0,66	0,59	0,47	0,40	0,29
Août	0,63	0,55	0,50	0,47	0,37
Septembre	0,49	0,40	0,40	0,36	0,28
Octobre	0,33	0,26	0,32	0,35	0,32
Novembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03
Décembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Orientation $\phi = 135^\circ$ (NORD-OUEST)					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Février	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00
Mars	0,46	0,13	0,06	0,07	0,04
Avril	0,57	0,47	0,38	0,30	0,20
Mai	0,67	0,58	0,51	0,46	0,34
Juin	0,70	0,62	0,57	0,52	0,40
Juillet	0,66	0,54	0,39	0,33	0,23
Août	0,63	0,49	0,41	0,36	0,25
Septembre	0,49	0,30	0,19	0,17	0,11
Octobre	0,33	0,05	0,06	0,07	0,10
Novembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Décembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Orientation $\phi = 150^\circ$					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Février	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00
Mars	0,46	0,01	0,00	0,00	0,00
Avril	0,57	0,36	0,18	0,13	0,06
Mai	0,67	0,54	0,43	0,33	0,25
Juin	0,70	0,60	0,48	0,40	0,30
Juillet	0,66	0,50	0,31	0,23	0,15
Août	0,63	0,41	0,29	0,20	0,08
Septembre	0,49	0,09	0,05	0,04	0,01
Octobre	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00
Novembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Décembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tableau C1 / Orientation $\phi = 180^\circ$ (NORD)					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Février	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00
Mars	0,46	0,00	0,00	0,00	0,00
Avril	0,57	0,15	0,00	0,00	0,00
Mai	0,67	0,49	0,00	0,00	0,00
Juin	0,70	0,55	0,11	0,00	0,00
Juillet	0,66	0,44	0,06	0,01	0,00
Août	0,63	0,21	0,00	0,00	0,00
Septembre	0,49	0,00	0,00	0,00	0,00
Octobre	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00
Novembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Décembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tableau C1 / Orientation $\phi = -150^\circ$					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Février	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00
Mars	0,46	0,00	0,00	0,00	0,00
Avril	0,57	0,28	0,07	0,01	0,00
Mai	0,67	0,51	0,36	0,26	0,08
Juin	0,70	0,57	0,46	0,30	0,10
Juillet	0,66	0,46	0,33	0,25	0,09
Août	0,63	0,34	0,15	0,10	0,03
Septembre	0,49	0,06	0,00	0,00	0,00
Octobre	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00
Novembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Décembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Orientation $\phi = -135^\circ$ (NORD-EST)					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Février	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00
Mars	0,46	0,08	0,00	0,00	0,00
Avril	0,57	0,37	0,23	0,14	0,03
Mai	0,67	0,57	0,47	0,38	0,25
Juin	0,70	0,61	0,52	0,43	0,28
Juillet	0,66	0,52	0,43	0,35	0,20
Août	0,63	0,42	0,32	0,26	0,13
Septembre	0,49	0,20	0,07	0,04	0,00
Octobre	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00
Novembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Décembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Orientation $\phi = -120^\circ$					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Février	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00
Mars	0,46	0,23	0,18	0,15	0,04
Avril	0,57	0,44	0,38	0,31	0,16
Mai	0,67	0,60	0,53	0,47	0,36
Juin	0,70	0,64	0,56	0,54	0,40
Juillet	0,66	0,57	0,48	0,44	0,32
Août	0,63	0,49	0,39	0,35	0,26
Septembre	0,49	0,29	0,24	0,18	0,09
Octobre	0,33	0,02	0,01	0,00	0,00
Novembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Décembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tableau C1 / Orientation $\phi = -90^\circ$ (EST)					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,00	0,02	0,05	0,08	0,09
Février	0,10	0,26	0,31	0,33	0,29
Mars	0,46	0,44	0,43	0,40	0,33
Avril	0,57	0,55	0,51	0,49	0,37
Mai	0,67	0,66	0,63	0,59	0,46
Juin	0,70	0,67	0,65	0,61	0,49
Juillet	0,66	0,62	0,58	0,53	0,42
Août	0,63	0,58	0,56	0,50	0,39
Septembre	0,49	0,49	0,46	0,43	0,33
Octobre	0,33	0,28	0,28	0,30	0,18
Novembre	0,00	0,02	0,04	0,04	0,00
Décembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tableau C1 / Orientation $\phi = -60^\circ$					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,00	0,15	0,22	0,24	0,28
Février	0,10	0,39	0,45	0,46	0,48
Mars	0,46	0,56	0,57	0,58	0,48
Avril	0,57	0,62	0,59	0,58	0,47
Mai	0,67	0,69	0,68	0,64	0,50
Juin	0,70	0,70	0,69	0,66	0,53
Juillet	0,66	0,66	0,64	0,59	0,45
Août	0,63	0,63	0,63	0,60	0,43
Septembre	0,49	0,59	0,59	0,60	0,46
Octobre	0,33	0,48	0,53	0,54	0,46
Novembre	0,00	0,14	0,18	0,21	0,16
Décembre	0,00	0,02	0,09	0,17	0,17

Orientation $\phi = -45^\circ$ (SUD-EST)					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,00	0,18	0,26	0,32	0,33
Février	0,10	0,41	0,46	0,48	0,51
Mars	0,46	0,59	0,62	0,60	0,53
Avril	0,57	0,63	0,64	0,60	0,49
Mai	0,67	0,69	0,68	0,65	0,49
Juin	0,70	0,70	0,68	0,67	0,50
Juillet	0,66	0,66	0,64	0,60	0,42
Août	0,63	0,66	0,65	0,61	0,44
Septembre	0,49	0,61	0,64	0,61	0,50
Octobre	0,33	0,55	0,58	0,60	0,54
Novembre	0,00	0,20	0,26	0,30	0,27
Décembre	0,00	0,05	0,28	0,31	0,28

Orientation $\phi = -30^\circ$					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,00	0,21	0,36	0,40	0,39
Février	0,10	0,46	0,53	0,56	0,51
Mars	0,46	0,62	0,63	0,64	0,59
Avril	0,57	0,66	0,65	0,64	0,50
Mai	0,67	0,69	0,70	0,67	0,47
Juin	0,70	0,70	0,69	0,66	0,46
Juillet	0,66	0,67	0,66	0,60	0,40
Août	0,63	0,67	0,66	0,63	0,46
Septembre	0,49	0,63	0,64	0,66	0,55
Octobre	0,33	0,58	0,64	0,65	0,62
Novembre	0,00	0,26	0,33	0,36	0,34
Décembre	0,00	0,12	0,32	0,35	0,38

**Tableaux C2 : Facteurs d'utilisation - Commande automatique (résidentiel)**

Tableau C2 / Orientation $\phi = 0^\circ$ (SUD)					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	$0^\circ$	$30^\circ$	$45^\circ$	$60^\circ$	$90^\circ$
Janvier	0,04	0,56	0,62	0,65	0,68
Février	0,34	0,70	0,72	0,73	0,74
Mars	0,64	0,77	0,78	0,78	0,75
Avril	0,74	0,79	0,78	0,76	0,65
Mai	0,79	0,80	0,79	0,75	0,59
Juin	0,81	0,81	0,79	0,75	0,59
Juillet	0,82	0,81	0,79	0,76	0,55
Août	0,78	0,81	0,82	0,78	0,62
Septembre	0,68	0,78	0,79	0,78	0,72
Octobre	0,56	0,76	0,79	0,81	0,81
Novembre	0,10	0,50	0,60	0,62	0,64
Décembre	0,00	0,41	0,52	0,58	0,56

Tableau C2 / Orientation $\phi = 30^\circ$					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	$0^\circ$	$30^\circ$	$45^\circ$	$60^\circ$	$90^\circ$
Janvier	0,04	0,50	0,59	0,62	0,63
Février	0,34	0,65	0,69	0,72	0,71
Mars	0,64	0,76	0,77	0,78	0,74
Avril	0,74	0,79	0,78	0,77	0,68
Mai	0,79	0,81	0,79	0,78	0,63
Juin	0,81	0,81	0,79	0,77	0,62
Juillet	0,82	0,81	0,79	0,75	0,53
Août	0,78	0,81	0,81	0,78	0,64
Septembre	0,68	0,77	0,77	0,79	0,73
Octobre	0,56	0,77	0,81	0,82	0,82
Novembre	0,10	0,51	0,58	0,63	0,64
Décembre	0,00	0,36	0,50	0,58	0,58

Tableau C2 / Orientation $\phi = 45^\circ$ (SUD-OUEST)					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	$0^\circ$	$30^\circ$	$45^\circ$	$60^\circ$	$90^\circ$
Janvier	0,04	0,46	0,54	0,57	0,60
Février	0,34	0,60	0,67	0,69	0,68
Mars	0,64	0,74	0,76	0,76	0,70
Avril	0,74	0,78	0,77	0,75	0,67
Mai	0,79	0,80	0,80	0,75	0,65
Juin	0,81	0,80	0,80	0,74	0,61
Juillet	0,82	0,81	0,79	0,73	0,51
Août	0,78	0,81	0,79	0,77	0,65
Septembre	0,68	0,77	0,77	0,77	0,72
Octobre	0,56	0,74	0,78	0,81	0,82
Novembre	0,10	0,50	0,57	0,61	0,62
Décembre	0,00	0,23	0,41	0,52	0,42

Tableau C2 / Orientation $\phi = 60^\circ$					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	$0^\circ$	$30^\circ$	$45^\circ$	$60^\circ$	$90^\circ$
Janvier	0,04	0,37	0,48	0,54	0,54
Février	0,34	0,55	0,61	0,64	0,64
Mars	0,64	0,73	0,75	0,71	0,67
Avril	0,74	0,76	0,75	0,72	0,66
Mai	0,79	0,79	0,77	0,75	0,64
Juin	0,81	0,81	0,79	0,77	0,68
Juillet	0,82	0,79	0,77	0,72	0,52
Août	0,78	0,80	0,78	0,76	0,62
Septembre	0,68	0,75	0,76	0,74	0,69
Octobre	0,56	0,75	0,79	0,79	0,80
Novembre	0,10	0,48	0,55	0,59	0,62
Décembre	0,00	0,21	0,28	0,34	0,33

Tableau C2 / Orientation $\phi = 90^\circ$ (OUEST)					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	$0^\circ$	$30^\circ$	$45^\circ$	$60^\circ$	$90^\circ$
Janvier	0,04	0,14	0,25	0,30	0,27
Février	0,34	0,41	0,46	0,50	0,49
Mars	0,64	0,63	0,63	0,62	0,55
Avril	0,74	0,71	0,69	0,65	0,60
Mai	0,79	0,78	0,75	0,71	0,62
Juin	0,81	0,80	0,77	0,75	0,64
Juillet	0,82	0,78	0,73	0,67	0,50
Août	0,78	0,76	0,74	0,69	0,59
Septembre	0,68	0,70	0,69	0,68	0,62
Octobre	0,56	0,68	0,71	0,72	0,70
Novembre	0,10	0,30	0,38	0,44	0,43
Décembre	0,00	0,02	0,09	0,10	0,09

Tableau C2 / Orientation $\phi = 120^\circ$					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	$0^\circ$	$30^\circ$	$45^\circ$	$60^\circ$	$90^\circ$
Janvier	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00
Février	0,34	0,09	0,03	0,04	0,00
Mars	0,64	0,45	0,39	0,38	0,30
Avril	0,74	0,65	0,59	0,55	0,41
Mai	0,79	0,73	0,67	0,64	0,51
Juin	0,81	0,78	0,71	0,68	0,55
Juillet	0,82	0,75	0,67	0,56	0,38
Août	0,78	0,71	0,64	0,55	0,45
Septembre	0,68	0,60	0,55	0,51	0,40
Octobre	0,56	0,45	0,47	0,51	0,46
Novembre	0,10	0,00	0,06	0,15	0,16
Décembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tableau C2 / Orientation $\phi = 135^\circ$ (NORD-OUEST)					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00
Février	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00
Mars	0,64	0,36	0,25	0,17	0,07
Avril	0,74	0,60	0,52	0,44	0,31
Mai	0,79	0,72	0,63	0,56	0,41
Juin	0,81	0,76	0,69	0,60	0,47
Juillet	0,82	0,73	0,62	0,45	0,31
Août	0,78	0,69	0,55	0,44	0,34
Septembre	0,68	0,51	0,39	0,28	0,22
Octobre	0,56	0,16	0,17	0,16	0,14
Novembre	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00
Décembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tableau C2 / Orientation $\phi = 150^\circ$					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00
Février	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00
Mars	0,64	0,13	0,03	0,02	0,01
Avril	0,74	0,55	0,38	0,24	0,12
Mai	0,79	0,69	0,57	0,43	0,29
Juin	0,81	0,74	0,65	0,53	0,34
Juillet	0,82	0,73	0,54	0,34	0,21
Août	0,78	0,65	0,43	0,30	0,18
Septembre	0,68	0,38	0,08	0,07	0,06
Octobre	0,56	0,03	0,00	0,00	0,00
Novembre	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00
Décembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tableau C2 / Orientation $\phi = 180^\circ$ (NORD)					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00
Février	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00
Mars	0,64	0,00	0,00	0,00	0,00
Avril	0,74	0,42	0,00	0,00	0,00
Mai	0,79	0,72	0,36	0,04	0,00
Juin	0,81	0,74	0,62	0,07	0,00
Juillet	0,82	0,73	0,46	0,03	0,01
Août	0,78	0,58	0,02	0,00	0,00
Septembre	0,68	0,10	0,00	0,00	0,00
Octobre	0,56	0,00	0,00	0,00	0,00
Novembre	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00
Décembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tableau C2 / Orientation $\phi = -150^\circ$					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00
Février	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00
Mars	0,64	0,13	0,00	0,00	0,00
Avril	0,74	0,53	0,31	0,09	0,00
Mai	0,79	0,72	0,58	0,42	0,22
Juin	0,81	0,76	0,64	0,51	0,27
Juillet	0,82	0,74	0,60	0,44	0,19
Août	0,78	0,63	0,40	0,25	0,08
Septembre	0,68	0,29	0,06	0,00	0,00
Octobre	0,56	0,00	0,00	0,00	0,00
Novembre	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00
Décembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tableau C2 / Orientation $\phi = -135^\circ$ (NORD-EST)					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00
Février	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00
Mars	0,64	0,32	0,17	0,05	0,00
Avril	0,74	0,59	0,46	0,35	0,16
Mai	0,79	0,72	0,63	0,51	0,34
Juin	0,81	0,75	0,68	0,60	0,40
Juillet	0,82	0,75	0,65	0,53	0,31
Août	0,78	0,67	0,55	0,39	0,25
Septembre	0,68	0,43	0,24	0,13	0,04
Octobre	0,56	0,00	0,00	0,00	0,00
Novembre	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00
Décembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tableau C2 / Orientation $\phi = -120^\circ$					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00
Février	0,34	0,13	0,08	0,06	0,04
Mars	0,64	0,47	0,35	0,30	0,16
Avril	0,74	0,63	0,53	0,45	0,29
Mai	0,79	0,74	0,66	0,59	0,43
Juin	0,81	0,76	0,70	0,64	0,50
Juillet	0,82	0,76	0,70	0,61	0,40
Août	0,78	0,71	0,61	0,51	0,33
Septembre	0,68	0,56	0,43	0,36	0,20
Octobre	0,56	0,11	0,07	0,04	0,00
Novembre	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00
Décembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tableau C2 / Orientation $\phi = -90^\circ$ (EST)					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,04	0,16	0,18	0,19	0,13
Février	0,34	0,39	0,40	0,42	0,38
Mars	0,64	0,59	0,58	0,54	0,46
Avril	0,74	0,71	0,67	0,58	0,47
Mai	0,79	0,76	0,75	0,68	0,56
Juin	0,81	0,78	0,74	0,71	0,60
Juillet	0,82	0,79	0,75	0,68	0,50
Août	0,78	0,75	0,73	0,66	0,47
Septembre	0,68	0,65	0,62	0,57	0,45
Octobre	0,56	0,48	0,45	0,42	0,35
Novembre	0,10	0,09	0,12	0,11	0,04
Décembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tableau C2 / Orientation $\phi = -60^\circ$					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,04	0,28	0,38	0,40	0,43
Février	0,34	0,52	0,56	0,55	0,55
Mars	0,64	0,69	0,67	0,67	0,63
Avril	0,74	0,73	0,72	0,71	0,57
Mai	0,79	0,78	0,78	0,75	0,61
Juin	0,81	0,81	0,78	0,73	0,61
Juillet	0,82	0,81	0,78	0,73	0,55
Août	0,78	0,78	0,76	0,74	0,53
Septembre	0,68	0,73	0,71	0,69	0,61
Octobre	0,56	0,64	0,65	0,65	0,57
Novembre	0,10	0,26	0,35	0,39	0,38
Décembre	0,00	0,22	0,31	0,35	0,32

Tableau C2 / Orientation $\phi = -45^\circ$ (SUD-EST)					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,04	0,37	0,46	0,48	0,46
Février	0,34	0,61	0,63	0,62	0,60
Mars	0,64	0,71	0,73	0,70	0,66
Avril	0,74	0,75	0,75	0,71	0,61
Mai	0,79	0,80	0,78	0,75	0,64
Juin	0,81	0,81	0,78	0,74	0,63
Juillet	0,82	0,81	0,79	0,75	0,57
Août	0,78	0,79	0,77	0,73	0,58
Septembre	0,68	0,76	0,75	0,71	0,66
Octobre	0,56	0,67	0,70	0,71	0,67
Novembre	0,10	0,35	0,42	0,47	0,48
Décembre	0,00	0,33	0,40	0,44	0,46

Tableau C2 / Orientation $\phi = -30^\circ$					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,04	0,45	0,56	0,59	0,54
Février	0,34	0,66	0,70	0,71	0,69
Mars	0,64	0,75	0,76	0,75	0,69
Avril	0,74	0,79	0,75	0,75	0,64
Mai	0,79	0,79	0,77	0,74	0,62
Juin	0,81	0,79	0,79	0,74	0,58
Juillet	0,82	0,81	0,80	0,75	0,55
Août	0,78	0,81	0,78	0,75	0,61
Septembre	0,68	0,76	0,76	0,76	0,69
Octobre	0,56	0,73	0,77	0,78	0,72
Novembre	0,10	0,45	0,53	0,56	0,54
Décembre	0,00	0,38	0,47	0,51	0,51

**Tableaux C3 : Facteurs d'utilisation - Commande automatique (non-résidentiel)**

Tableau C3 / Orientation $\phi = 0^\circ$ (SUD)					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,06	0,59	0,64	0,68	0,69
Février	0,39	0,71	0,74	0,75	0,75
Mars	0,70	0,79	0,81	0,82	0,76
Avril	0,77	0,81	0,82	0,79	0,68
Mai	0,81	0,82	0,82	0,78	0,65
Juin	0,84	0,85	0,82	0,78	0,61
Juillet	0,84	0,84	0,82	0,79	0,63
Août	0,84	0,85	0,84	0,82	0,68
Septembre	0,75	0,82	0,82	0,81	0,74
Octobre	0,62	0,77	0,81	0,83	0,83
Novembre	0,14	0,56	0,66	0,69	0,69
Décembre	0,00	0,46	0,57	0,62	0,65

Tableau C3 / Orientation $\phi = 30^\circ$					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,06	0,56	0,63	0,68	0,70
Février	0,39	0,69	0,74	0,75	0,73
Mars	0,70	0,78	0,80	0,80	0,77
Avril	0,77	0,81	0,80	0,80	0,72
Mai	0,81	0,82	0,82	0,80	0,66
Juin	0,84	0,84	0,81	0,80	0,65
Juillet	0,84	0,84	0,82	0,80	0,62
Août	0,84	0,86	0,83	0,82	0,70
Septembre	0,75	0,82	0,83	0,82	0,76
Octobre	0,62	0,79	0,83	0,84	0,83
Novembre	0,14	0,57	0,64	0,67	0,67
Décembre	0,00	0,42	0,56	0,59	0,62

Tableau C3 / Orientation $\phi = 45^\circ$ (SUD-OUEST)					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,06	0,51	0,58	0,64	0,63
Février	0,39	0,65	0,70	0,72	0,72
Mars	0,70	0,77	0,78	0,79	0,74
Avril	0,77	0,80	0,81	0,78	0,70
Mai	0,81	0,82	0,81	0,78	0,68
Juin	0,84	0,84	0,82	0,78	0,68
Juillet	0,84	0,83	0,81	0,77	0,62
Août	0,84	0,84	0,83	0,80	0,68
Septembre	0,75	0,81	0,81	0,79	0,75
Octobre	0,62	0,78	0,81	0,82	0,84
Novembre	0,14	0,55	0,60	0,63	0,65
Décembre	0,00	0,35	0,50	0,55	0,55

Tableau C3 / Orientation $\phi = 60^\circ$					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,06	0,45	0,53	0,60	0,60
Février	0,39	0,61	0,65	0,67	0,67
Mars	0,70	0,75	0,77	0,76	0,69
Avril	0,77	0,80	0,78	0,78	0,67
Mai	0,81	0,80	0,81	0,78	0,66
Juin	0,84	0,82	0,83	0,79	0,68
Juillet	0,84	0,82	0,80	0,76	0,58
Août	0,84	0,84	0,81	0,79	0,66
Septembre	0,75	0,80	0,78	0,78	0,73
Octobre	0,62	0,76	0,80	0,81	0,83
Novembre	0,14	0,53	0,58	0,61	0,64
Décembre	0,00	0,23	0,31	0,38	0,40

Tableau C3 / Orientation $\phi = 90^\circ$ (OUEST)					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,06	0,29	0,30	0,34	0,37
Février	0,39	0,48	0,52	0,53	0,54
Mars	0,70	0,70	0,66	0,64	0,60
Avril	0,77	0,76	0,74	0,69	0,62
Mai	0,81	0,79	0,78	0,75	0,63
Juin	0,84	0,82	0,79	0,76	0,65
Juillet	0,84	0,81	0,78	0,72	0,53
Août	0,84	0,80	0,77	0,74	0,60
Septembre	0,75	0,75	0,73	0,70	0,64
Octobre	0,62	0,70	0,72	0,74	0,71
Novembre	0,14	0,38	0,44	0,49	0,50
Décembre	0,00	0,08	0,17	0,22	0,18

Tableau C3 / Orientation $\phi = 120^\circ$					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00
Février	0,39	0,23	0,16	0,10	0,03
Mars	0,70	0,54	0,46	0,41	0,35
Avril	0,77	0,70	0,64	0,57	0,46
Mai	0,81	0,77	0,72	0,65	0,53
Juin	0,84	0,80	0,74	0,69	0,58
Juillet	0,84	0,79	0,74	0,60	0,41
Août	0,84	0,76	0,70	0,62	0,49
Septembre	0,75	0,66	0,60	0,54	0,43
Octobre	0,62	0,54	0,53	0,53	0,49
Novembre	0,14	0,06	0,12	0,16	0,20
Décembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tableau C3 / Orientation $\phi = 135^\circ$ (NORD-OUEST)					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00
Février	0,39	0,00	0,00	0,00	0,00
Mars	0,70	0,39	0,29	0,25	0,15
Avril	0,77	0,65	0,56	0,49	0,32
Mai	0,81	0,75	0,69	0,59	0,44
Juin	0,84	0,78	0,72	0,65	0,48
Juillet	0,84	0,78	0,69	0,54	0,32
Août	0,84	0,72	0,64	0,52	0,38
Septembre	0,75	0,60	0,47	0,41	0,27
Octobre	0,62	0,28	0,23	0,21	0,22
Novembre	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00
Décembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tableau C3 / Orientation $\phi = 150^\circ$					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00
Février	0,39	0,00	0,00	0,00	0,00
Mars	0,70	0,22	0,06	0,02	0,01
Avril	0,77	0,61	0,46	0,29	0,15
Mai	0,81	0,73	0,62	0,50	0,31
Juin	0,84	0,78	0,68	0,57	0,37
Juillet	0,84	0,76	0,66	0,42	0,23
Août	0,84	0,70	0,53	0,36	0,22
Septembre	0,75	0,48	0,23	0,12	0,06
Octobre	0,62	0,08	0,00	0,00	0,01
Novembre	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00
Décembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tableau C3 / Orientation $\phi = 180^\circ$ (NORD)					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00
Février	0,39	0,00	0,00	0,00	0,00
Mars	0,70	0,03	0,00	0,00	0,00
Avril	0,77	0,55	0,03	0,00	0,00
Mai	0,81	0,74	0,58	0,07	0,01
Juin	0,84	0,78	0,72	0,12	0,02
Juillet	0,84	0,78	0,66	0,12	0,01
Août	0,84	0,68	0,10	0,00	0,00
Septembre	0,75	0,21	0,00	0,00	0,00
Octobre	0,62	0,00	0,00	0,00	0,00
Novembre	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00
Décembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tableau C3 / Orientation $\phi = -150^\circ$					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00
Février	0,39	0,00	0,00	0,00	0,00
Mars	0,70	0,18	0,00	0,00	0,00
Avril	0,77	0,60	0,40	0,16	0,03
Mai	0,81	0,75	0,64	0,45	0,22
Juin	0,84	0,78	0,70	0,57	0,32
Juillet	0,84	0,79	0,70	0,50	0,22
Août	0,84	0,72	0,54	0,31	0,14
Septembre	0,75	0,41	0,09	0,02	0,00
Octobre	0,62	0,00	0,00	0,00	0,00
Novembre	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00
Décembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tableau C3 / Orientation $\phi = -135^\circ$ (NORD-EST)					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00
Février	0,39	0,02	0,00	0,00	0,00
Mars	0,70	0,41	0,25	0,13	0,02
Avril	0,77	0,65	0,54	0,39	0,19
Mai	0,81	0,76	0,69	0,58	0,35
Juin	0,84	0,79	0,74	0,62	0,42
Juillet	0,84	0,80	0,73	0,61	0,35
Août	0,84	0,74	0,64	0,46	0,26
Septembre	0,75	0,50	0,34	0,21	0,07
Octobre	0,62	0,08	0,00	0,00	0,00
Novembre	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00
Décembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tableau C3 / Orientation $\phi = -120^\circ$					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00
Février	0,39	0,16	0,15	0,11	0,08
Mars	0,70	0,51	0,40	0,35	0,19
Avril	0,77	0,69	0,60	0,50	0,31
Mai	0,81	0,75	0,71	0,64	0,47
Juin	0,84	0,80	0,75	0,67	0,52
Juillet	0,84	0,81	0,75	0,66	0,45
Août	0,84	0,77	0,69	0,58	0,36
Septembre	0,75	0,62	0,53	0,38	0,25
Octobre	0,62	0,24	0,14	0,06	0,03
Novembre	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00
Décembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00



Tableau C3 / Orientation $\phi = -90^\circ$ (EST)					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,06	0,20	0,26	0,26	0,21
Février	0,39	0,43	0,43	0,42	0,40
Mars	0,70	0,64	0,59	0,56	0,46
Avril	0,77	0,74	0,71	0,66	0,50
Mai	0,81	0,80	0,77	0,72	0,59
Juin	0,84	0,80	0,78	0,74	0,62
Juillet	0,84	0,83	0,79	0,74	0,57
Août	0,84	0,80	0,76	0,71	0,53
Septembre	0,75	0,72	0,65	0,61	0,48
Octobre	0,62	0,55	0,50	0,47	0,38
Novembre	0,14	0,17	0,16	0,14	0,10
Décembre	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00

Tableau C3 / Orientation $\phi = -60^\circ$					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,06	0,39	0,43	0,44	0,45
Février	0,39	0,60	0,59	0,60	0,56
Mars	0,70	0,73	0,71	0,69	0,64
Avril	0,77	0,79	0,76	0,74	0,59
Mai	0,81	0,81	0,80	0,77	0,65
Juin	0,84	0,83	0,79	0,76	0,63
Juillet	0,84	0,83	0,82	0,76	0,62
Août	0,84	0,84	0,81	0,77	0,61
Septembre	0,75	0,79	0,76	0,72	0,63
Octobre	0,62	0,68	0,68	0,67	0,61
Novembre	0,14	0,34	0,43	0,45	0,43
Décembre	0,00	0,31	0,37	0,41	0,42

Tableau C3 / Orientation $\phi = -45^\circ$ (SUD-EST)					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,06	0,43	0,50	0,53	0,49
Février	0,39	0,66	0,67	0,66	0,63
Mars	0,70	0,76	0,76	0,73	0,68
Avril	0,77	0,80	0,78	0,76	0,62
Mai	0,81	0,83	0,79	0,77	0,65
Juin	0,84	0,84	0,80	0,77	0,64
Juillet	0,84	0,84	0,82	0,79	0,63
Août	0,84	0,84	0,82	0,78	0,64
Septembre	0,75	0,80	0,80	0,75	0,68
Octobre	0,62	0,72	0,71	0,73	0,68
Novembre	0,14	0,42	0,54	0,58	0,56
Décembre	0,00	0,39	0,43	0,52	0,47

Tableau C3 / Orientation $\phi = -30^\circ$					
Mois	Inclinaison $\theta$				
	Horizontal				Vertical
	0°	30°	45°	60°	90°
Janvier	0,06	0,54	0,61	0,63	0,62
Février	0,39	0,68	0,72	0,73	0,72
Mars	0,70	0,78	0,77	0,78	0,71
Avril	0,77	0,81	0,79	0,77	0,65
Mai	0,81	0,82	0,81	0,78	0,65
Juin	0,84	0,84	0,81	0,78	0,63
Juillet	0,84	0,83	0,82	0,79	0,62
Août	0,84	0,85	0,84	0,79	0,65
Septembre	0,75	0,82	0,81	0,79	0,71
Octobre	0,62	0,75	0,78	0,79	0,74
Novembre	0,14	0,49	0,58	0,62	0,63
Décembre	0,00	0,45	0,54	0,56	0,58

## Annexe D : le rendement d'émission

La méthode de calcul de détaillée donné ici s'applique uniquement aux secteurs énergétiques qui n'ont qu'un seul système d'émission de chaleur composé de radiateurs, d'un chauffage par le sol ou d'un chauffage mural.

Les éléments calculés de manière plus détaillée sont les déperditions de chaleur supplémentaires à travers la paroi extérieure située derrière ou sous les systèmes d'émission de chaleur.

Dans la présente annexe, on établit à plusieurs reprises une distinction entre une valeur de consigne variable et une valeur de consigne constante de la température de départ de l'eau du circuit : voir 9.2.2.2 pour une description plus détaillée de cette distinction.

### D.1 Temps de fonctionnement conventionnel du système d'émission de chaleur

On détermine le temps de fonctionnement mensuel conventionnel du système d'émission de chaleur d'un secteur énergétique  $i$  comme suit :

- Si la valeur de consigne de la température de départ de l'eau du circuit est variable, on a :

$$t_{\text{heat,sec } i,m} = \frac{Q_{\text{heat,net,sec } i,m}}{[29(H_{T,\text{sec } i,m} + 0.27V_{\text{sec } i}) + 10V_{\text{sec } i}](18 - \theta_{e,m})/29} \quad (\text{Ms})$$

- Si la valeur de consigne de la température de départ de l'eau du circuit est constante, on a :

$$t_{\text{heat,sec } i,m} = \frac{Q_{\text{heat,net,sec } i,m}}{29(H_{T,\text{sec } i,m} + 0.27V_{\text{sec } i}) + 10V_{\text{sec } i}} \quad (\text{Ms})$$

Dans les deux formules:

- $Q_{\text{heat,net,sec } i,m}$  les besoins mensuels nets en énergie pour le chauffage du secteur énergétique  $i$ , en MJ, déterminés selon 7.2 ;
- $H_{T,\text{heat,sec } i}$  le coefficient de transfert thermique par transmission du secteur énergétique  $i$  à la température extérieure de base, en W/K ;
- $V_{\text{sec } i}$  le volume du secteur énergétique  $i$ , en  $\text{m}^3$  ;
- $\theta_{e,m}$  la température extérieure moyenne mensuelle, voir Tableau [1].

## D.2 Température moyenne de l'eau dans le circuit d'émission

On détermine, pour chaque mois de la saison de chauffe, la température moyenne de l'eau dans le circuit d'émission du secteur énergétique  $i$  pendant le temps de fonctionnement comme suit :

- si la valeur de consigne de la température de départ de l'eau du circuit est variable, on a :

$$\theta_{c,sec\ i,m} = 21 + (\theta_{c,sec\ i,\theta_{eb}} - 21) \left[ \frac{21 - \theta_{e,m}}{29} \right]^{0.75} \quad (^\circ\text{C})$$

- si la valeur de consigne de la température de départ de l'eau du circuit est constante, on a :

$$\theta_{c,sec\ i,m} = \theta_{c,sec\ i,\theta_{eb}} \quad (^\circ\text{C})$$

mais en présence d'une chaudière standard sans post-mélange à l'aide d'une vanne à trois voies, il faut toujours calculer avec  $\theta_{c,sec\ i,m} = 80^\circ\text{C}$ , indépendamment de la température de conception du circuit d'émission.

avec :

$\theta_{c,sec\ i,\theta_{eb}}$  la température moyenne de l'eau dans le circuit d'émission pour la température extérieure de base, tel que déterminé ci-dessous, en  $^\circ\text{C}$ ;

$\theta_{e,m}$  la température extérieure moyenne mensuelle, voir Tableau [1].

On détermine la température moyenne de l'eau dans le circuit d'émission pour une température extérieure de base (c.-à-d. pour les conditions de conception), comme suit:

$$\theta_{c,sec\ i,\theta_{eb}} = 0.5 (\theta_{design,supply,sec\ i} + \theta_{design,return,sec\ i})$$

avec :

$\theta_{design,supply,sec\ i}$  la température de départ de conception de l'eau dans le circuit d'émission du secteur énergétique  $i$  (pour la température extérieure de base), en  $^\circ\text{C}$ ;

$\theta_{design,return,sec\ i}$  la température de retour de conception de l'eau dans le circuit d'émission du secteur énergétique  $i$  (à la température extérieure de base), en  $^\circ\text{C}$ ;

On peut prendre comme valeurs par défaut :

- pour le chauffage par le sol et le chauffage mural :

$$\theta_{\text{design, supply, sec } i} = 55^{\circ}\text{C}$$

$$\theta_{\text{design, return, sec } i} = 45^{\circ}\text{C}$$

- pour des radiateurs :

$$\theta_{\text{design, supply, sec } i} = 90^{\circ}\text{C}$$

$$\theta_{\text{design, return, sec } i} = 70^{\circ}\text{C}$$

De meilleures valeurs peuvent être adoptées conformément à des règles spécifiées par le Ministre.

### D.3 Radiateurs

- On calcule les déperditions de chaleur mensuelles supplémentaires ( $\Delta Q_{\text{rad, sec } i, m}$ ) pour les radiateurs du secteur énergétique  $i$ , à travers les parois situées derrière les radiateurs, comme suit :

$$\Delta Q_{\text{rad, sec } i, m} = t_{\text{heat, sec } i, m} \sum_j \{U_j A_{\text{rad, } j} \max(0, w\theta_{c, \text{sec } i, m} + (1-w)\theta_{e, m} - 18)\} \quad (\text{MJ})$$

avec :

$\theta_{c, \text{sec } i, m}$  la température moyenne de l'eau dans le circuit d'émission du secteur énergétique  $i$  pendant le temps de fonctionnement conventionnel pour le mois considéré, déterminée selon D.2, en  $^{\circ}\text{C}$ ;

$\theta_{e, m}$  la température extérieure mensuelle moyenne, voir Tableau [1] ;

$t_{\text{heat, sec } i, m}$  le temps de fonctionnement mensuel conventionnel du système d'émission de chaleur dans le secteur énergétique  $i$ , déterminé selon D.1, en Ms;

$w$  un facteur de pondération. Il est de 0.4 dans le cas où un écran réfléchissant possédant un facteur d'émissivité inférieur à 0.2 est présent derrière un radiateur  $j$  et de 0.8 dans tous les autres cas, (-);

$U_j$  la valeur  $U$  des parois extérieures situées derrière le radiateur  $j$ , en  $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ ;

$A_{\text{rad, } j}$  la surface projetée du radiateur  $j$ , en  $\text{m}^2$ .

Il faut faire une sommation sur tous les radiateurs  $j$  du secteur énergétique  $i$  qui sont placés contre une paroi extérieure.

- Le rendement d'émission mensuel du secteur énergétique  $i$  ( $\eta_{em,heat,sec i,m}$ ) est égal à :

$$\eta_{em,heat,sec i,m} = \eta \frac{Q_{heat,net,sec i,m}}{Q_{heat,net,sec i,m} + \Delta Q_{rad,sec i,m}} \quad (-)$$

avec :

$\eta$  le multiplicateur repris au Tableau [23]. Ce multiplicateur tient compte des déperditions supplémentaires de régulation et des déperditions résultant de la stratification de la température ;

$Q_{heat,net,sec i,m}$  les besoins mensuels nets en énergie pour le chauffage d'un secteur énergétique  $i$ , en MJ, déterminés selon 7.2 ;

$\Delta Q_{rad,sec i,m}$  la déperdition de chaleur supplémentaire mensuelle derrière les radiateurs du secteur énergétique  $i$ , en MJ.

**Tableau [23] : Multiplicateur  $\eta$**

Chauffage central à eau chaude		
	régulation de la température de départ de l'eau du circuit	
régulation de la température intérieure	valeur de consigne constante	valeur de consigne variable
commande de la température par local	0,92	0,94
autre	0,90	0,92

#### D.4 Chauffage par le sol

- On calcule la déperdition de chaleur mensuelle supplémentaire à travers les planchers du secteur énergétique  $i$  ( $\Delta Q_{fl.h,sec i,m}$ ) comme suit :

$$\Delta Q_{fl.h,sec i,m} = (\theta_{c,sec i,m} - 18) \cdot t_{heat,sec i,m} \sum_j (U_{f,j}^* \cdot A_{f,j}) \quad (MJ)$$

avec :

$\theta_{c,sec i,m}$  la température moyenne de l'eau dans le circuit d'émission du secteur énergétique  $i$  pendant le temps de fonctionnement conventionnel pour le mois considéré, déterminée selon D.2, en °C;

$t_{heat,sec i,m}$  le temps de fonctionnement mensuel conventionnel du système d'émission de chaleur dans le secteur énergétique  $i$ , déterminé selon D.1, en Ms;

$A_{f,j}$  la surface de plancher occupée par le chauffage par le sol  $j$ , au prorata de la part de ce plancher à travers lequel surviennent des déperditions par transmission, en m<sup>2</sup>;

$U_{f,j}^*$  la valeur  $U$  équivalente du plancher sous le chauffage par le sol  $j$ , égale à :

- dans le cas de planchers sur terre-plein:

$$\frac{1}{U_{f,j}^*} = \frac{1}{U_{f,j}} + 0.75 \quad (m^2K/W)$$

avec :

$U_{f,j}$  la valeur  $U$  du plancher, calculée à partir de l'environnement intérieur jusqu'à la surface de séparation avec le sol, en W/m<sup>2</sup>K.

- dans le cas de planchers au-dessus d'une cave ou d'un vide sanitaire:

$$\frac{1}{U_{f,j}^*} = \frac{1}{U_{f,j}} - 0.25 + \frac{1}{U_{g,j} + U_{x,j}} \quad (m^2K/W)$$

Où  $U_{f,j}$ ,  $U_{g,j}$  et  $U_{x,j}$  sont calculées selon les spécifications du DRT, en W/(m<sup>2</sup>.K).

- dans le cas de planchers en contact avec l'air extérieur:

$$\frac{1}{U_{f,j}^*} = \frac{1}{U_{f,j}} - 0.25 \quad (m^2K/W)$$

avec  $U_{f,j}$ , le coefficient de transmission thermique du plancher de l'environnement intérieur jusqu'à l'air extérieur, calculé selon les spécifications fournies dans l'annexe B1 du présent arrêté, en W/(m<sup>2</sup>K).

Il faut faire une sommation sur tous les chauffages par le sol  $j$  du secteur énergétique  $i$  qui sont intégrés dans des parois délimitant le volume protégé.

- On suppose que le rendement d'émission mensuel du secteur énergétique  $i$  ( $\eta_{em,heat,sec\ i,m}$ ) est égal à :

$$\eta_{em,heat\ sec\ i,m} = \eta \frac{Q_{heat\ net\ sec\ i,m}}{Q_{heat\ net\ sec\ i,m} + \Delta Q_{fl.h,sec\ i,m}} \quad (-)$$

avec :

- $\eta$  le multiplicateur repris au Tableau [23] ;
- $Q_{heat,net,sec\ i,m}$  les besoins mensuels nets en énergie pour le chauffage d'un secteur énergétique  $i$ , en MJ, déterminés selon 7.2 ;
- $\Delta Q_{fl.h,sec\ i,m}$  la déperdition de chaleur supplémentaire mensuelle par les planchers dans le secteur énergétique  $i$ , en MJ.

#### D.5 Chauffage mural

- On calcule la déperdition de chaleur mensuelle supplémentaire à travers les murs du secteur énergétique  $i$  ( $\Delta Q_{wall.h,sec\ i,m}$ ) comme suit :

$$\Delta Q_{wall.h,sec\ i,m} = (\theta_{c,sec\ i,m} - 18) \cdot t_{heat\ sec\ i,m} \sum_j (U_{wall,j}^* A_{wall,j}) \quad (MJ)$$

avec :

- $\theta_{c,sec\ i,m}$  la température moyenne de l'eau dans le circuit d'émission du secteur énergétique  $i$  pendant le temps de fonctionnement conventionnel pour le mois considéré, déterminée selon D.2, en °C ;
- $t_{heat,sec\ i,m}$  le temps de fonctionnement mensuel conventionnel du système d'émission de chaleur dans le secteur énergétique  $i$ , déterminé selon D.1, en Ms ;
- $A_{wall,j}$  la surface de la paroi verticale extérieure  $j$ , derrière le plan contenant le chauffage mural, en m<sup>2</sup> ;
- $U_{wall,j}^*$  le coefficient de transmission thermique équivalente de la paroi verticale extérieure  $j$ , derrière le plan contenant le chauffage mural, donné par :

$$U_{wall,j}^* = \frac{1}{1/U_{wall,j} - 0.175} \quad (W/m^2K)$$

avec :

- $U_{wall,j}$  le coefficient de transmission thermique de la paroi verticale extérieure  $j$  située derrière l'élément.

Il faut faire une sommation sur toutes les parois verticales extérieures  $j$  du secteur énergétique  $i$ , dans lesquelles un chauffage mural est intégré.

- On suppose que le rendement d'émission mensuel du secteur énergétique  $i$  ( $\eta_{em,heat,sec\ i,m}$ ) est égal à :

$$\eta_{em,heat\ sec\ i,m} = \eta \frac{Q_{heat\ net\ sec\ i,m}}{Q_{heat\ net\ sec\ i,m} + \Delta Q_{wall.h,sec\ i,m}} \quad (-)$$

avec :

$\eta$	le multiplicateur repris au Tableau [23] ;
$Q_{\text{heat,net,sec } i,m}$	les besoins mensuels nets en énergie pour le chauffage du secteur énergétique $i$ , en MJ, déterminés selon 7.2 ;
$\Delta Q_{\text{wall.h,sec } i,m}$	les déperditions de chaleur mensuelles supplémentaires par les murs dans le secteur énergétique $i$ , en MJ.



## Annexe E : les déperditions de distribution

La présente annexe s'applique uniquement aux secteurs énergétiques alimentés par 1 seul réseau en-dehors du volume protégé. Si ce réseau fournit également de la chaleur à d'autres secteurs énergétiques, il faut en outre que chacun de ces autres secteurs énergétiques n'ait pas recours à un second réseau indépendant en-dehors du volume protégé. (Si l'ensemble du volume protégé constitue 1 seul secteur énergétique, chacune de ces conditions est remplie automatiquement.)

On calcule tout d'abord le rendement de l'ensemble du réseau. Ce rendement s'applique alors à tous les secteurs énergétiques approvisionnés en chaleur par ce réseau, même quand un secteur énergétique n'utilise qu'une partie du réseau.

### E.1 Rendement de distribution

Le rendement moyen mensuel de distribution,  $\eta_{\text{distr,heat,sec } i,m}$ , d'un secteur énergétique  $i$  est égal au rendement moyen mensuel de distribution du réseau de distribution de chaleur  $n$  qui approvisionne le secteur énergétique en chaleur :

$$\eta_{\text{distr,heat,sec } i,m} = \eta_{\text{distr,heat,netw } n,m} \quad (-)$$

avec :

$$\eta_{\text{distr,heat,netw } n,m} = \frac{Q_{\text{out,heat,netw } n,m}}{Q_{\text{in,heat,netw } n,m}} \quad (-)$$

avec :

$$Q_{\text{in,heat,netw } n,m} = Q_{\text{out,heat,netw } n,m} + Q_{\text{distr,heat,netw } n,m} \quad (\text{MJ})$$

et

$$Q_{\text{out,heat,netw } n,m} = \sum_i \frac{Q_{\text{heat,net,sec } i,m}}{\eta_{\text{em,heat,sec } i,m}} \quad (\text{MJ})$$

avec :

$Q_{\text{out,heat,netw } n,m}$  la quantité mensuelle de chaleur fournie par le réseau de distribution de chaleur  $n$  aux secteurs énergétiques que le réseau dessert, en MJ ;

$Q_{\text{in,heat,netw } n,m}$  la quantité mensuelle de chaleur fournie par l'installation de production de chaleur ou par le réservoir de stockage au réseau de distribution de chaleur  $n$ , en MJ ;

$Q_{\text{distr,heat,netw } n,m}$  la quantité mensuelle de chaleur perdue par le réseau de distribution de chaleur  $n$  en dehors du volume protégé, en MJ ;

$\eta_{\text{em,heat,sec } i,m}$  le rendement mensuel d'émission d'un secteur énergétique  $i$ , déterminé selon 9.2.2.2 ou selon l'annexe D, (-) ;

$Q_{\text{heat,net,sec } i,m}$  les besoins mensuels nets en énergie pour le chauffage d'un secteur énergétique  $i$ , en MJ, déterminés selon 7.2.

Il faut faire une sommation sur tous les secteurs énergétiques  $i$  desservis par le réseau. Si le réseau de distribution de chaleur fournit aussi de l'énergie à des parties du bâtiment pour lesquelles on n'effectue aucun calcul PE, on ne tient pas compte de l'effet de ces autres parties du bâtiment :

- on ne tient pas compte des déperditions des conduites de distribution qui desservent uniquement ces autres parties de bâtiment ;

- l'énergie fournie par le réseau à ces autres parties de bâtiment n'est pas non plus prise en compte dans le calcul de l'output du réseau.

## E.2 Les déperditions de chaleur du réseau de distribution de chaleur

On détermine la déperdition de distribution du réseau, tant dans le cas de conduites d'eau que de gaines d'air, comme suit :

$$Q_{\text{distr heat,netw n,m}} = t_{\text{heat,netw n,m}} \cdot \sum_j (\theta_{\text{c,netw n,m}} - \theta_{\text{amb,m,j}}) \cdot \left( \frac{l_j}{R_{1,j}} \right) \quad (\text{MJ})$$

avec :

$t_{\text{heat,netw n,m}}$  le temps de fonctionnement mensuel conventionnel du réseau de distribution de chaleur n, en Ms. On suppose leur valeur égale au maximum des temps de fonctionnement conventionnels  $t_{\text{heat,sec i,m}}$  (déterminés selon l'annexe D.1, tant pour les systèmes de chauffage par eau que pour les systèmes de chauffage par air) des secteurs énergétiques i desservis par le réseau;

$\theta_{\text{c,netw n,m}}$  la température moyenne mensuelle du fluide caloporteur dans le réseau de distribution n, en °C. On suppose sa valeur égale au maximum des températures moyennes mensuelles du fluide caloporteur dans les circuits d'émission de chacun des secteurs énergétiques desservis par le réseau. Ces températures sont déterminées comme suit par secteur énergétique :

- dans le cas de l'eau comme fluide caloporteur :  
il s'agit de la température  $\theta_{\text{c,sec i,m}}$ , déterminée selon l'annexe D.2 (même lorsqu'il s'agit d'un autre système de chauffage que des radiateurs, ou qu'un chauffage par le sol ou par le mur; par exemple des convecteurs)
- dans le cas de l'air comme fluide caloporteur :  
on utilise, pour chaque mois, la valeur moyenne pendant la saison de chauffe, donnée par:  
 $\theta_{\text{c,sec i}} = 8 + 0.6 \theta_{\text{design,supply,sec i}}$   
avec  $\theta_{\text{design,supply,sec i}}$  la température de départ de conception de l'air pour la température extérieure de base. On peut prendre 50°C comme valeur par défaut. Si l'on utilise une autre température de conception, des calculs détaillés de la conception du système d'émission (pour chaque local chauffé du secteur énergétique i) doivent faire partie de la déclaration PEB.

$\theta_{\text{amb,m,j}}$  la température ambiante moyenne mensuelle du segment j du réseau de distribution de chaleur, en °C:

- si le segment se trouve dans un espace adjacent non chauffé, on a:

$$\theta_{\text{amb,m,j}} = 11 + 0.4 \theta_{\text{e,m}}$$

- si le segment de conduite se trouve à l'extérieur, on a:

$$\theta_{\text{amb,m,j}} = \theta_{\text{e,m}}$$

avec:

$\theta_{\text{e,m}}$  la température extérieure moyenne mensuelle, en °C, selon le Tableau [1] ;

$l_j$  la longueur du segment j, en m ;

$R_{1,j}$  la résistance thermique linéaire du segment  $j$ , en mK/W, déterminée selon l'annexe E.3.

Il faut faire une sommation sur tous les segments  $j$  du réseau de distribution de chaleur  $n$  en dehors du volume protégé.

### **E.3 Détermination de la résistance thermique linéaire**

La résistance thermique linéaire donne le flux de chaleur d'un segment du réseau de distribution de chaleur par unité de longueur et par degré de différence de température.

On peut la calculer de manière détaillée comme donnée d'entrée pour les calculs ci-dessus. On prendra comme base l'équation E.3.1 en remplaçant le facteur 0.6 par 1 ; il faut en plus tenir compte de l'effet des ponts thermiques dus aux suspensions, écarteurs, flasques, etc. Dans ce cas, il faut aussi intégrer dans les calculs tous les segments spéciaux et/ou non isolés comme des segments séparés: robinets d'arrêt, régulateurs, coudes éventuellement non isolés, etc.

Si l'on n'effectue pas de calcul de détail, il faut utiliser les équations ci-dessous. Elles sont basées sur la norme NBN EN ISO 12241.

Le multiplicateur 0.6 utilisé ci-dessous tient compte du fait que, à la suite de ponts thermiques et de la non-isolation des robinets, coudes éventuels, etc., les déperditions réelles sont plus élevées que dans le cas d'une isolation parfaite. La résistance de transmission thermique interne et la résistance propre de la conduite ou de la gaine sont supposées négligeables dans la formule.

En ce qui concerne les manteaux isolants multi-coques, on fait directement référence à cette norme; il faut tenir compte de ce même facteur de réduction 0.6.

### E.3.1 Conduites et gaines rondes

On calcule la résistance thermique linéaire  $R_{1,j}$  du segment  $j$  comme suit :

$$R_{1,j} = \frac{0.6}{2\pi\lambda_{\text{insul},j}} \ln\left(\frac{D_{e,j}}{D_{i,j}}\right) + \frac{1}{h_{\text{se},j}\pi D_{e,j}} \quad (\text{mK/W})$$

avec :

$\lambda_{\text{insul},j}$  la conductivité thermique de l'isolation thermique autour du segment  $j$ , en W/(.K) ;

$D_{e,j}$  le diamètre extérieur de l'isolation, en m ;

$D_{i,j}$  le diamètre extérieur de la conduite non isolée, en m ;

$h_{\text{se},j}$  le total des coefficients de transmission thermique externe (par convection + par rayonnement) du segment  $j$ , en W/m<sup>2</sup>K, supposé égal à :

- à l'intérieur du volume protégé:  $h_{\text{se},j} = 8$  ;
- dans un espace adjacent non chauffé:  $h_{\text{se},j} = 10$  ;
- à l'extérieur:  $h_{\text{se},j} = 25$ .

Le multiplicateur 0.6 tient compte du fait que, à la suite de ponts thermiques et de la non-isolation des robinets, coudes éventuels, etc., les déperditions réelles sont plus élevées que dans le cas d'une isolation parfaite. La résistance de transmission thermique interne et la résistance propre de la conduite ou de la gaine sont supposées négligeables dans la formule.

### E.3.2 Gaines rectangulaires

On calcule la résistance thermique linéaire  $R_{1,j}$  du segment  $j$  comme suit:

$$R_{1,j} = \frac{0.6 \times d_{\text{insul},j}}{2\lambda_{\text{insul},j}(H_j + B_j - 2d_{\text{insul},j})} + \frac{1}{2h_{\text{se},j}(H_j + B_j)} \quad (\text{mK/W})$$

avec :

$\lambda_{\text{insul},j}$  la conductivité thermique de l'isolation thermique autour du segment  $j$ , en W/(.K) ;

$d_{\text{insul},j}$  l'épaisseur de l'isolation thermique autour de la gaine, en m ;

$H_j$  la hauteur de la gaine isolée (dimension extérieure), en m ;

$B_j$  la largeur de la gaine isolée (dimension extérieure), en m ;

$h_{\text{se},j}$  le coefficient de transmission thermique externe (par convection + par rayonnement) total du segment  $j$ , en W/m<sup>2</sup>K, tel qu'établi en E.3.1.

Le multiplicateur 0.6 tient compte du fait que, à la suite de négligences lors de l'exécution et aux ponts thermiques, les déperditions réelles sont plus élevées que dans le cas d'une isolation parfaite. La résistance de transmission thermique interne et la résistance propre de la gaine sont supposées négligeables dans la formule.

### E.3.3. Conduites souterraines

On calcule la résistance thermique linéaire  $R_{1,j}$  du segment  $j$  comme suit :

$$R_{1,j} = R'_{1,j} + R_E \quad (\text{m.K/W})$$

avec :

$$R'_{1,j} = \frac{0.6}{2\pi\lambda_{\text{insul},j}} \ln\left(\frac{D_{e,j}}{D_{i,j}}\right) \quad (\text{m.K/W})$$

et

$$R_E = \frac{1}{2\pi\lambda_E} \operatorname{arcosh}\left(\frac{2H_{E,j}}{D_{e,j}}\right) \quad (\text{m.K/W})$$

avec :

$\lambda_{\text{insul},j}$  la conductivité thermique de l'isolation thermique autour du segment j, en W/(.K) ;

$D_{e,j}$  le diamètre extérieur de l'isolation, en m ;

$D_{i,j}$  le diamètre extérieur de la conduite non isolée, en m ;

$\lambda_E$  la conductivité thermique du sol environnant. On prend comme valeur:  $\lambda_E = 2 \text{ W/(m.K)}$  ;

$H_{E,j}$  la distance entre le centre de la conduite et la surface du sol, en m.

Le multiplicateur 0.6 tient compte du fait que, à la suite de négligences lors de l'exécution aux de ponts thermiques, les déperditions réelles sont plus élevées que dans le cas d'une isolation parfaite. La résistance de transmission thermique interne et la résistance propre de la conduite sont supposées négligeables dans la formule.

## Annexe F : Facteurs fixés pour les vecteurs énergétiques

Tableau [24] - Facteur de conversion en énergie primaire, Rapport du pouvoir calorifique inférieur sur le pouvoir calorifique supérieur et Facteur d'émission de CO<sub>2</sub>, par vecteur énergétique

Vecteur énergétique	$f_p$	$f_{NCV/GCV}$	$f_{CO_2}$
Gaz naturel	1,0	0,90	0,056
Mazout	1,0	0,94	0,073
Propane/Butane/GPL	1,0	0,92	0,062
Charbon	1,0	0,96	0,093
Bois	1,0	0,93	0
Pellets	1,0	0,91	0
Electricité	2,50	1,00	0,179
Electricité produite par une installation photovoltaïque	2,50	1,00	0,179
Electricité produite par une installation de cogénération	2,50	1,00	0,179
Autres combustibles	Equivalence		

En ce qui concerne les vecteurs énergétiques qui ne figurent pas encore explicitement dans le tableau, le Ministre peut déterminer les valeurs à appliquer.

## Annexe G: Détermination du rendement thermique d'un récupérateur de chaleur

La détermination du rendement thermique  $\eta_{\text{test}}$  d'un récupérateur de chaleur dépend de rapports de température déterminés sur base d'un test décrit dans la présente annexe. La valeur par défaut du rendement thermique valable quel que soit le débit est de zéro.

On se reportera à la norme NBN EN 308 pour les définitions des catégories d'appareils de récupération de chaleur et pour la numérotation conventionnelle des positions.

Le Ministre peut définir des spécifications complémentaires pour la détermination du rendement thermique d'un récupérateur de chaleur.

### G.1 Mesurage

Le test doit être réalisé suivant les exigences de mesurage décrites aux paragraphes § 5.5 en § 6.4 de la norme NBN EN 308, à l'exception des points suivants :

- le test doit être réalisé sur l'appareil de récupération de chaleur complet (incl. châssis, ventilateurs, etc.), non modifié. Le test ne peut par exemple pas comprendre d'isolation supplémentaire ;
- il n'y a pas d'exigence concernant l'équilibre thermique (cfr. § 6.6 de la norme NBN EN 308) ;
- il n'y a pas d'exigence concernant les fuites internes et externes ;
- il n'est pas exigé que le test soit réalisé pour différentes combinaisons de débit d'alimentation et d'extraction tel que décrit dans la norme, par contre il est exigé que le test :
  - porte sur un ou plusieurs débits, au choix. Le champ d'application du résultat final sera fonction du/ des débit(s) testés (voir texte principal de la présente annexe) ;
  - on s'appliquera autant que possible à établir un équilibre entre les débits volumiques d'alimentation et d'extraction ;
- seules les conditions d'admission d'air du test telles que reprises dans la table ci-dessous, extraite de la norme NBN EN 308 sont à considérer. Les mesurages réalisés à d'autres températures ne sont pas valables pour déterminer le rendement thermique décrit ci-après.

Catégorie du récupérateur de chaleur (voir définitions de NBN EN 308)	I II IIIa	IIIb
température de l'air extrait	25°C	25°C
température humide de l'air extrait	< 14°C	18°C
température de l'air neuf	5°C	5°C
température humide de l'air neuf		3°C

Le rapport de test doit comprendre au minimum les données de mesurage suivantes:

- les températures mesurées à toutes les entrées et sorties du récupérateur de chaleur : la température de l'air neuf ( $t_{21}$ ), de l'air fourni ( $t_{22}$ ), de l'air extrait ( $t_{11}$ ) et de l'air rejeté ( $t_{12}$ ), en °C ;
- les débits volumiques mesurés de l'air fourni ( $qv_{22}$ ) et de l'air extrait ( $qv_{11}$ ), en m<sup>3</sup>/h ;
- la puissance électrique totale absorbée par le récupérateur de chaleur pendant l'essai ( $P_{\text{elec,ahu,test}}$ ), en W. Il s'agit de la puissance électrique totale de l'appareil complet y inclus tous les ventilateurs, les réglages, etc ;
- la position des ventilateurs par rapport à l'échangeur de chaleur dans l'appareil testé.

## G.2 Calcul

Le débit volumique de test,  $q_{v, \text{test}}$ , est défini comme le plus petit des deux débits volumiques suivants, respectivement celui de l'air extrait ( $q_{v11}$ ) et de l'air fourni ( $q_{v22}$ ) pendant le test.

Le rendement thermique d'un récupérateur de chaleur est donné d'après:

$$\eta_{\text{test}} = \frac{(\eta_{t, \text{sup}} + \eta_{t, \text{eha}})}{2}$$

Les rapports de température du côté de l'air fourni ( $\eta_{t, \text{sup}}$ ) et du côté de l'air extrait ( $\eta_{t, \text{eha}}$ ) sont calculés au moyen des températures mesurées pendant l'essai et sont corrigées par convention pour tenir compte de la chaleur provenant de l'énergie électrique consommée:

$$\eta_{t, \text{sup}} = \frac{t_{22} - \Delta t_{22} - t_{21} - \Delta t_{21}}{t_{11} + \Delta t_{11} - t_{21} - \Delta t_{21}} \quad \text{et} \quad \eta_{t, \text{eha}} = \frac{t_{11} + \Delta t_{11} - t_{12} + \Delta t_{12}}{t_{11} + \Delta t_{11} - t_{21} - \Delta t_{21}}$$

Les différences de température correspondant à la position des ventilateurs doivent être calculées par convention selon une des 4 configurations décrites dans le tableau ci-dessous:

		Ventilateur d'extraction	
		Dans la position air extrait (11)	Dans la position air rejeté (12)
Ventilateur d'amenée d'air	En position air neuf (21)	$\Delta t_{11} = \frac{0.5 \cdot P_{\text{elec,ahu,test}}}{0.34 \cdot q_{v11}}$ $\Delta t_{21} = \frac{0.5 \cdot P_{\text{elec,ahu,test}}}{0.34 \cdot q_{v22}}$ $\Delta t_{22} = \Delta t_{12} = 0$	$\Delta t_{12} = \frac{0.5 \cdot P_{\text{elec,ahu,test}}}{0.34 \cdot q_{v11}}$ $\Delta t_{21} = \frac{0.5 \cdot P_{\text{elec,ahu,test}}}{0.34 \cdot q_{v22}}$ $\Delta t_{22} = \Delta t_{11} = 0$
	En position air fourni (22)	$\Delta t_{11} = \frac{0.5 \cdot P_{\text{elec,ahu,test}}}{0.34 \cdot q_{v11}}$ $\Delta t_{22} = \frac{0.5 \cdot P_{\text{elec,ahu,test}}}{0.34 \cdot q_{v22}}$ $\Delta t_{21} = \Delta t_{12} = 0$	$\Delta t_{12} = \frac{0.5 \cdot P_{\text{elec,ahu,test}}}{0.34 \cdot q_{v11}}$ $\Delta t_{22} = \frac{0.5 \cdot P_{\text{elec,ahu,test}}}{0.34 \cdot q_{v22}}$ $\Delta t_{21} = \Delta t_{11} = 0$

Pour un récupérateur de chaleur donné, il est possible d'effectuer des tests portant sur plusieurs débits. A chaque rendement thermique correspond un débit d'essai, qui détermine la portée du champ d'application du texte (voir texte principal de la présente annexe).



Vu pour être annexé à l'Arrêté du Gouvernement wallon du 15 mai 2014 portant  
exécution du Décret du 28 novembre 2013 relatif à la performance énergétique des  
bâtiments

Le Ministre-Président,

R. DEMOTTE

Le Ministre du Développement durable,

J.-M. NOLLET